

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des Sciences de L'Ingénieur
Département Génie Mécanique



Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique

Option : Mécatronique

THEME

**Mise en Place d'un Plan de Maintenance Préventive Basé
sur la Classification des Modes de Défaillance**

***Etude de cas « POMPE ALIMENTAIRE DE LA CENTRALE
DE CAP DJINET »***

Présenté par :

- **LEMOU Mourad**
- **ZIANI Ahmed**

Promoteur : **Dr. S. ALEM**

Co-promoteur : **Mr. A. CHABANE**

Promotion 2017- 2018

Remerciement

Il est toujours délicat de remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à cet achèvement que représente l'aboutissement d'un travail de mémoire. Nous allons pourtant essayer en demandant aux personnes qui seront oubliées ou omises de ne pas nous tenir trop rigueur.

Tout d'abord louange et éloge au bon dieu qui nous a guidés sur le droit chemin tout au long de notre travail, et qui nous a inspirés les bons pas et les bons réflexes. Sans sa miséricorde ce travail n'aura plus abouti.

*Toutes nos gratitudees à **Dr : ALEM** qui nous a été attentif et qui nous a orientés avec ses conseils précieux.*

*Nos vifs remerciements à **Mr : CHABANE Ali** qui nous a aidés et qui nous a orientés avec ses conseils précieux qui nous a permis de mener à bien ce travail.*

*Sans oublier également de remercier **Mr. CHAFAI Adel** notre encadrant au sein de La centrale électrique de cap-djinet pour leur grande serviabilité et sacrifice*

Nos vifs remerciements aussi pour l'ensemble des membres de jury qui ont accepté d'analyser et d'examiner notre travail.

*A tous ceux qui nous a aidés et encouragés, de près ou de loin, pour la réalisation de notre présent travail, nous disons tout simplement
« Merci »*

Mourad et Ahmed.

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à mes chers parents, " Ma mère" et " Mon père " qui ont éclairés mon chemin et qui m'ont encouragés et soutenus durant tous mes études.

A mes chers frères et mes chères sœurs.

A tous mes cousins et toute ma famille.

A mon binôme : ZIANI Ahmed.

A tous mes amis avec qui j'ai passé des moments inoubliables et des années jalonnées par des sentiments plus nobles.

A tous mes camarades de groupe MMTR16.

A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant mon travail et les moments difficiles.

LEMOU Mourad.

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à mes chers parents, "Ma mère" et " Mon père " qui ont éclairés mon chemin et qui m'ont encouragés et soutenus durant tous mes études.

A mon cher frère et mes chères sœurs.

A tous mes cousins et toute ma famille.

A mon binôme : LEMOU Mourad.

A tous mes amis avec qui j'ai passé des moments inoubliables et des années jalonnées par des sentiments plus nobles.

A tous mes camarades de groupe MMTR16.

A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant mon travail et les moments difficiles.

ZIANI Ahmed.



Sommaire

SOMMAIRE

I-1.INTRODUCTION GENERAL	1
I-2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	3
I-2.1 Introduction	3
I-2.2 Historique	3
I-2.3.3. Implantation	3
I-2.4.Légende du plan de masse	4
I-2.5. Principaux éléments de la centrale	5
I-2.5.1. La chaudière	5
I-2.5.2. La turbine	6
I-2.5.3 Ventilateurs	7
I-2.5.4. Alternateurs (SIEMENS)	7
I-2.5.5. Poste d'eau	8
I-2.5.6. Les pompes	10
B. Pompe d'alimentation	10
C. Deux (2) pompes de circulation	11
I-2.5.7. Réfrigérants	11
I-2.5.8. Réchauffeurs basse pression (BP) et haute pression (HP)	11
I-2.6. Les auxiliaires	12
I-2.7. Principe de fonctionnement	12
Chapitre 1 : Généralités sur la maintenance	
II-1. Introduction	14
II-2. Définition de la maintenance	14
II-4. Les différents formes de la maintenance	15
II-4.1. La maintenance préventive	15
II-4.1.1. La maintenance préventive systématique	15
II-4.1.2. La maintenance Préventive Conditionnelle :	16
II-4.2. La maintenance corrective	17
II-4.2.1. La maintenance palliative	17
II-4.2.2. La maintenance curative	17
II-5. Les opérations de la maintenance	17
II-5.1. Les inspections	17
II-5.2. Les visite	18
II-5.3. Le dépannage	18
II-5.4.La réparation	18
II-5.5. Les révisions	18
II-5.6. Le contrôle	18
II-6.Les niveaux de maintenance	20

II-6.1. 1 ^{er} niveau	20
II-6.2. 2 ^{ème} niveau	21
II-6.3. 3 ^{ème} niveau	21
II-6.4. 4 ^{ème} niveau	21
II-6.5. 5 ^{ème} niveau	22
II-7. Notion de sûreté de fonctionnement « sdf » (FMDS)	22
II-7.1. La fiabilité	22
II-7.2. La disponibilité	22
II-7.3. La maintenabilité	22
II-7.4. La sécurité	22
II-8. La défaillance	22
II-8.1. Fonction requise	23
II-8.2. Dégradation	23
II-8.3. Triptyque « faute-défaut-défaillance »	23
II-8.4. Panne	24
II-9. Conclusion	24

Chapitre 2 : Analyse fonctionnelle et dysfonctionnelle

III-1. Introduction	25
III-2. Analyse fonctionnelle	25
III-2.1. Définition:	25
III-2.2. Le but de l'analyse:	25
III-2.3. Les Fonctions:	26
III-2.3.1. Fonction de service :	26
A. Fonctions principales :	26
B. Fonctions de contraintes :	26
III-2.3.2. Fonction technique :	26
III-2.4. Les étapes de la démarche de l'analyse fonctionnelle :	26
III-2.4.1. Analyse fonctionnelle externe	26
A. Définition du besoin par le Diagramme "Bête à corne"	27
B. Expression du besoin par le Diagramme pieuvre	28
C. Méthodologie de recherche les fonctions	28
III-2.4.2. Analyse fonctionnelle interne	30
A- Méthode FAST (Functional Analysis System Technic)	31
B- Méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique)	32
III-3. ANALYSE DYSFONCTIONNELLE	35
III-3.1. Définition d'AMDEC	36
III-3.2. Objectifs de L'AMDEC	36
III-3.3. L'analyse des défaillances:	36
III-3.3.1. Le mode de défaillance	37
III-3.3.2. La cause	37
III-3.3.3. L'effet	37
III-3.4. Mécanisme de défaillance:	37

III-3.5. Taux de défaillance	37
III-3.6. Classification des défaillances	38
III-3.6.1. Classification des défaillances en fonction des causes.....	38
III-3.6.2. Classification des défaillances en fonction du degré	38
III-3.6.3. Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition	38
III-3.6.4. Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition et du degré	39
III-3.6.5. Classification des défaillances par rapport aux conséquences :	39
III-3.7. Types de l'AMDEC.....	40
III-3.7.1. L'AMDEC organisation :.....	40
III-3.7.2. L'AMDEC-Produit.....	40
III-3.7.3. L'AMDEC-Processus.....	40
III-3.7.4. L'AMDEC moyen.....	40
III-3.7.5. L'AMDEC service	40
III-3.7.6. L'AMDEC sécurité	40
III-3.8. Les étapes de la méthode AMDEC	41
III-3.8.1. Constituer l'équipe de travail	41
III-3.8.2. L'analyse fonctionnelle	42
III-3.8.3. L'étude qualitative des défaillances	42
III-3.8.4. L'étude quantitative	42
III-3.8.5. La hiérarchisation	43
III-3.8.6. La recherche des actions préventives/correctives	43
III-3.8.7. Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité	43
III-3.8.8. La présentation des résultats	44
III-3.9. Les deux (02) aspects de la méthode AMDEC (l'aspect qualitatif et l'aspect quantitatif).....	44
III-3.9.1. L'aspect qualitatif :.....	44
III-3.9.2. L'aspect quantitatif :.....	44
III-3.10. Evaluation de la criticité	44
III-3.10.1. La gravité.....	45
III-3.10.2. La fréquence	45
III-3.10.3. La non-détection	46
III-3.10.4. La criticité	46
III-3.11. Les actions de la méthode AMDEC.....	47
III-3.11.1. Actions préventives	47
III-3.11.2. Actions correctives	47
III-3.11.3. Actions amélioratives.....	47
III-4 Conclusion	48

Chapitre 3 : Description et analyse fonctionnelle de la pompe alimentaire

VI-1. DESCRIPTION DE LA POMPE ALIMENTAIRE	49
IV -1.1. Introduction.....	49
IV-1.2. Description générale de la pompe alimentaire.....	49
IV -1.2.1. Les éléments de la pompe alimentaire	50

A- Moteur (2).....	50
B- Multiplicateur de vitesse (3)	51
C- Variateur de vitesse hydraulique (4)	51
D- Pompe principale (5).....	52
E- Pompe nourricière (1).....	53
IV-1.2.2. Graissage Pompe Alimentaires	53
IV-1.2.3. Lubrification.....	54
IV-1.2.4. Refroidissement	54
IV-1.2.5.Système eau d'alimentation (circuit RL) :	54
IV-2.ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA POMPE ALIMENTAIRE	55
IV2.1.Définition du besoin de la pompe alimentaire par le diagramme "bete a corne"	55
IV-2.4.Le diagramme de pieuvre la pompe alimentaire.....	56
IV-2.5. Diagramme FAST de la pompe alimentaire	57
IV-2.4. Analyse de la structure de la pompe par la méthode SADT.....	58
IV-2.4.1.Niveau A-0 de la méthode SADT pour la pompe alimentaire	58
IV-2.4.2.Niveau A0 de la méthode SADT de la pompe alimentaire	58
IV-3.Conclusion	60

Chapitre 4 : Etude decas « pompe alimentaire

V-1.Introduction.....	61
V-2. Démarche pratique de l'AMDEC	61
V-2.1.Définition des critères	61
V-2.2. Application de la méthode AMDEC sur la Pompe Alimentaire	62
V-2.3.Interprétation des résultats de tableau AMDEC.....	66
V -3.Classification des modes de défaillances par leur criticité	66
V-4.Proposition d'un plan de maintenance préventive	68
V -4.1.Définition du plan de maintenance	68
V-4.2.Objective de plan de maintenance	69
V-4.3.Actions correctives.....	69
V-4.4.Suivi	69
V-4.5.Le plan de maintenance préventive.....	69
V-4.6. Interprétation des résultats de tableau du plan de maintenance	76
V-5.Diagramme de GANTT	76
V-5.1.Définition de diagramme de Gantt	76

V-5.2.Objectif de diagramme de GANTT	76
V-5.3.Logiciels informatiques pour les diagrammes de Gantt	76
V-5.3.A.Définition de logiciel Microsoft Project	77
V-5.4.Mise en place d'un plan de maintenance préventive par le logiciel Microsoft Project	77
V-6.Conclusion	81
Conclusion Générale	82
Référence Bibliographique	83



***Liste des
Figures***

Liste des figures

Fig.I.1. Plan de masse de la centrale Thermique de Cap Djinet.....	4
Fig.I.2. Description du Générateur de vapeur.....	6
Fig.I.3. Turbine à vapeur sans tablier.	6
Fig.I.4. Ventilateur.....	7
Fig.I.5. Alternateur.....	8
Fig.I.6. Condenseur par surface.....	9
Fig.I.7. Bâche alimentaire.....	10
Fig.I.8. Organigramme des principales transformations d'énergie.....	13

Chapitre 1

Fig.II.1. Les types et les opérations de maintenance	19
Fig.II.2. Les niveaux de la maintenance.....	20
Fig.II.3. Dégradation du bien et durée de vie.....	23
Fig.II.4. Triptyque « faute - défaut – défaillance ».....	24

Chapitre 2

Fig.III.1. Le diagramme bête à corne.	27
Fig.III.2. Le diagramme de pieuvre	29
Fig.III.3. Principe du diagramme F.A.S.T.....	31
Fig.III.4. Diagramme FAST.....	32
Fig.III.5. Niveau A-0 de la méthode SADT.....	33
Fig.III.6: la démarche AMDEC	41

Chapitre 3

Fig.VI .1. Schéma globale de système.....	49
Fig. VI.2. Schéma explicatif de moteur.....	50
Fig.VI.3. Engrenage pour augmente la vitesse de rotation.....	52
Fig.VI.4. Schéma cinématique de la pompe principale.....	53
Fig.VI.1.5. Pompe centrifuge à I étage	53

Fig.VI.6. Diagramme bête à corne de la pompe alimentaire.	53
Fig.VI.7. Le diagramme de pieuvre de la pompe alimentaire.	56
Fig.VI.3. Diagramme FAST de la pompe alimentaire.....	56
Fig.VI.4. Niveau A-0 de la méthode SADT de la pompe.....	58
Fig.VI.5. Niveau A0 de la méthode SADT de la pompe.	59

Chapitre 4

Fig.V.1. Résultats de la classification des MdDs..	66
Fig.V.2. Représentation de Pourcentages des modes des défaillances de chaque classe.....	67
Fig.V.3. Représentation de la criticité des modes des défaillances les plus critiques.....	68



*Liste des
Tableaux*

Liste des Tableaux

Chapitre 2

Tab III.1. Tableau explicatif de besoin.....	27
Tab III.2. Les fonctions de service.....	29
Tab III.3. Définition et cotation de la gravité des effets de la défaillance.....	45
Tab III.4. Désignation et cotation de la fréquence d'apparition des défaillances.....	45
Tab III.5. Définition et cotation probabilité de la non-perception de l'existence d'une Défaillance.....	46
Tab III.6. Grille de cotation de la criticité.....	46

Chapitre 3

Tab VI.1. Les trois questions de Diagramme "Bête à corne".....	55
Tab VI.2. La fonction de service de la pompe alimentaire.....	57

Chapitre 4

Tab V.1. Grille de cotation de La gravité.....	61
Tab V.2. Grille de cotation de la fréquence.....	61
Tab V.3. Grille de cotation de la non-détection.....	61
Tab V.4. Tableau d'AMDEC de la Pompe Alimentaire	63
Tab V.5. Pourcentages des modes des défaillances de chaque classe	67
Tab V.6. les défaillances les plus critiques.....	67
Tab V.7. Tableau du Plan de Maintenance Préventive de la Pompe Alimentaire.....	70



*Liste des
Abréviations*

Liste des Abréviations

MTBF : Temps Moyen de Bon Fonctionnement.

SDF : Sûreté De Fonctionnement.

FMDS : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité.

APTE : Application aux Techniques d'Entreprise.

FP : Fonction Principale.

FC : Fonction de Contrainte.

AFE : Analyse Fonctionnelle Externe.

CDCF: Cahier Des Charges Fonctionnel.

FAST: Functional Analysis System Technic.

SADT: Structured Analysis and Design Technique.

R : paramètres de réglage.

E : données d'exploitation, consignes de fonctionnement.

W: commande en énergie.

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

FMEA: Failure Mode and Effect Analysis.

C: Criticité

F: la Fréquence

G: la Gravité

D: la Détection

AC : Action Corrective

Cl : Classe

AP : Action Préventive

MP : Maintenance Préventive

MPS : Maintenance Préventive Systématique

MPC : Maintenance Préventive Conditionnelle



Introduction
Générale

Introduction générale

I-1. Introduction général

L'industrie de production de l'énergie électrique est l'une des industries les plus répondues et les plus utiles dans le monde ; qu'elle s'agisse de l'électricité domestique ou industrielle, dont le réseau de production d'électricité couvre pratiquement les cinq continents.

Pour cela, l'Algérie ouvre ses champs d'investissement dans le secteur d'énergie par les moyens matériels et humains afin d'élargir son exploitation à travers le territoire national pour mettre fin aux problèmes de besoin en énergie électrique.

Actuellement, la société nationale de l'électricité et du gaz (SONELGAZ) assure la production, le transport, la distribution, l'engineering et les travaux de réalisation de certains projets d'électricité et de gaz sur le territoire national tout en visant à répondre de manière régulière, sûre et permanente à la demande de l'immense clientèle. Elle dispose de plusieurs centrales électriques qui utilisent deux types de turbines, à vapeur ou à gaz.

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradations dus aux conditions de fonctionnement et/ou d'environnement : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses.

Face aux défaillances qui en résultent, on se contente d'y pratiquer une maintenance corrective, hélas, on n'évite pas ainsi les conséquences des pannes que l'on subit. Une attitude plus offensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive destinée à limiter, voire à empêcher ces défaillances, mais en court alors le risque de dépenses excessives et d'indisponibilités inutiles, et c'est sur ce problème que porte notre réflexion.

La majorité des entreprises n'ont actuellement accès à aucun outil d'évaluation de la meilleure stratégie de maintenance qui permet de réduire les coûts des défaillances en gardant le niveau de disponibilité estimé par le service production.

Pour bien circonscrire ce problème et l'analyser de manière systématique pour une résolution efficace, il est indispensable de connaître ses causes et ses effets.

C'est pourquoi, on a vu la nécessité d'améliorer le travail de la maintenance et la sûreté de fonctionnement de ses équipements afin de maîtriser les risques et organiser tout type d'intervention préventive (conditionnelle, systématique). Conscients de l'efficacité de la

Introduction générale

méthode AMDEC machine, on a choisi de l'appliquer sur l'équipement ayant le grand temps d'arrêt. Parmi ces équipements, on a opté sur la pompe alimentaire qui est notre cas d'étude.

Le présent travail, qu'on propose dans quatre chapitres, vis à mise en place d'un plan de maintenance préventive basé sur la classification des modes des défaillances de pompe alimentaire de centrale électrique de Cap Djinet.

Ce travail se déroule comme suit, le premier chapitre de cette étude s'intéresse à un rappel sur les généralités de la maintenance. Le deuxième chapitre se décompose en deux parties : la première partie est l'analyse fonctionnelle qui consiste à définir précisément les besoins et toutes les fonctions d'un produit, la deuxième partie est l'analyse dysfonctionnelle qui consiste à rappeler la méthode AMDEC : sa définition, quelque vocabulaire et sa démarche. Le troisième chapitre, consiste à une description de la pompe et les organes essentiels qui la constituent et l'application de la démarche d'analyse fonctionnelle sur cette dernière. On termine par le quatrième chapitre qui contient une application de la méthode AMDEC sur notre système, ce qui nous a permis d'élaboré un plan de maintenance préventive qui doit impérativement réduire le nombre des défaillances.

A decorative graphic of a scroll with a blue outline and grey shading at the corners, containing the title text.

Présentation du Lieu de Stage

I-2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

I-2.1 Introduction

La centrale de Ras Djanet est une centrale thermique qui produit le courant électrique avec une capacité de 704 MW repartis en 4 unités de production de type thermique à vapeur d'une puissance unitaire de 176 Mégawatts (MW) chacun. La puissance fournie au réseau national est de 672 MW bornes usine, transportée au poste d'intersection ALGER/EST par l'intermédiaire de 04 lignes de transport de 220 kV. La consommation totale des auxiliaires des quatre tranches et des auxiliaires communs est d'environ 32 MW.

La centrale Thermique de RAS DJINET est une branche de la société nationale de l'électricité et de gaz, cette centrale est classée parmi les plus grandes du pays et revêt un caractère hautement stratégique (régulation de réseau électrique). Elle a été créée pour renforcer le parc de production d'énergie électrique qui atteignait à la fin de premier plan quinquennal : 3000 MW pour la production de 10 000 (G/h).

I-2.2 Historique

La construction de la centrale a été entamée en 1981 dans le cadre du contrat n° 80/103 KDM conclu avec le consortium AUSTRO- ALLEMAND : SIEMENS-KWU-SGP pour un montant de : 133, 7 Millions de DM et 3,34 milliards ATS et 12,5 millions de DA.

La durée de réalisation du projet a été de 5 ans (juin 1981 – fin septembre 1986).

Les entreprises algériennes ayant participé à la réalisation sont : ENCC, ETTERKIB, BATIMETAL, GENISIDER, INERGA, SNLB, PROSIDER, ENATUB, SNIC, GTP, SONATRAM, SOGEP.

Les dates de mise en service des groupes :

- Groupe 1 : couplage sur réseau le 17/06/86.
- Groupe 2 : couplage sur réseau le 17/09/86.
- Groupe 3 : couplage sur réseau le 29/11/86.
- Groupe 4 : couplage sur réseau le 21/02/87.

I-2.3.3. Implantation

La centrale est située en bord de la mer près de la ville de Ras Djanet à l'est de la capitale d'Alger dans la wilaya de Boumerdes. Elle a une superficie de 35 hectares.

Présentation du lieu de stage : Centrale Electrique de Cap Djinet

Le choix du site a été réalisé à partir d'une étude qui a montré que :

- La proximité des consommateurs importants situés notamment dans la zone industrielle REGAIA-ROUIBA.
- La centrale est située sur la mer et le refroidissement est effectué avec de l'eau de mer en circuit ouvert, il n'y a pas de limite à la disponibilité de l'eau.
- Possibilité d'extension.
- Condition de sous-sol favorable, ne nécessitent pas de fondation profonde.

I-2.4.Légende du plan de masse

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Salle des machines. | 15. Atelier magazine. |
| 2. Chaudière. | 16. Station de pompage. |
| 3. Locaux des auxiliaires électriques. | 17. Canal et rejet d'eau de mer. |
| 4. locaux des auxiliaires mécaniques. | 18. Potier (poste d'entrée). |
| 5. Tour de prise d'eau de mer. | 19. Parc véhicules. |
| 6. Station de détente de gaz. | 20. Station de chloration. |
| 7. Réservoir stockage fuel. | 21. Préparation d'eau potable. |
| 8. Station pompage et dépotage fuel. | 22. Déminéralisation. |
| 9. Station de production H2 | 23. Fosse de neutralisation. |
| 10. Poste d'incendie à mousse. | 24. Dessalement d'eau de mer. |
| 11. Rack à tuyauterie. | 25. Station des pompes d'incendie. |
| 12. Air des transformateurs. | 26. Pompe d'eau déminéralisée. |
| 13. Bâtiment administratif. | 27. Logement d'exploitation |
| 14. Cantine. | |

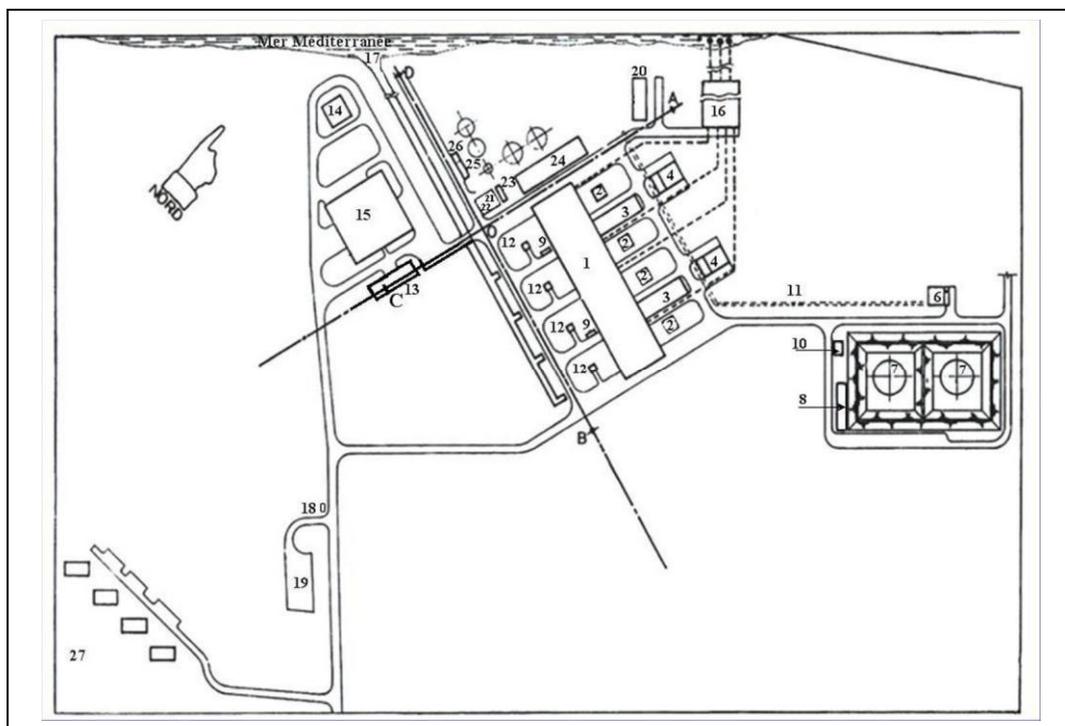


Figure I-01: Plan de masse de la centrale Thermique de Cap Djinet.

I-2.5. Principaux éléments de la centrale

I-2.5.1. La chaudière

Le générateur de vapeur ou chaudière de type pressurisé à circulation naturelle (circulation naturelle de l'eau et de vapeur, l'eau qui arrive par gravité vers les tubes-écrans, sera vaporisée sous l'effet de la combustion, et la vapeur produite, sera acheminée vers la partie supérieure de ballon chaudière par différence de densité avec l'eau); a pour rôle de transformer l'eau en vapeur à haute pression pour alimenter le GTA (Groupe Turbo Alternateur).

- **Constitution**

- Chambre de combustion formée par les tubes-écrans (faisceaux vaporisateurs).
- Ballon (Réservoir) et un Économiseur.
- Trois (3) Surchauffeurs et deux (2) Resurchauffeurs.
- Trois (3) désurchauffeurs par injection d'eau pour la régulation de température de vapeur.

Dont 2 en haute pression (HP) et 1 en moyenne pression (MP).

- Quatre (4) colonnes de descentes.
- Huit (8) brûleurs de combustion mixte gaz-fuel.
- Deux (2) ventilateurs de recyclage qui recyclent une partie des fumées issues de la combustion afin de régler la température à la sortie du réchauffeur en fonction de la charge
 - Deux (2) préchauffeurs d'air à vapeur qui servent à l'augmentation de la température de l'air de combustion avant le réchauffeur rotatif.
 - Un réchauffeur rotatif d'air de combustion qui sert à réchauffer ce dernier par récupération de la chaleur des fumées.
- une cheminée d'une hauteur de 60 mètres.

- **Caractéristiques**

- Consommation gaz naturel : 40m³ /h.
- Consommation gas-oil (fuel) : 42 m³ /h.
- Capacité de vaporisation maximale : 523 t/h.
- Pression de service : 160 bars.
- Température de la vapeur : 540°C
- Température d'eau d'alimentation : 246°C

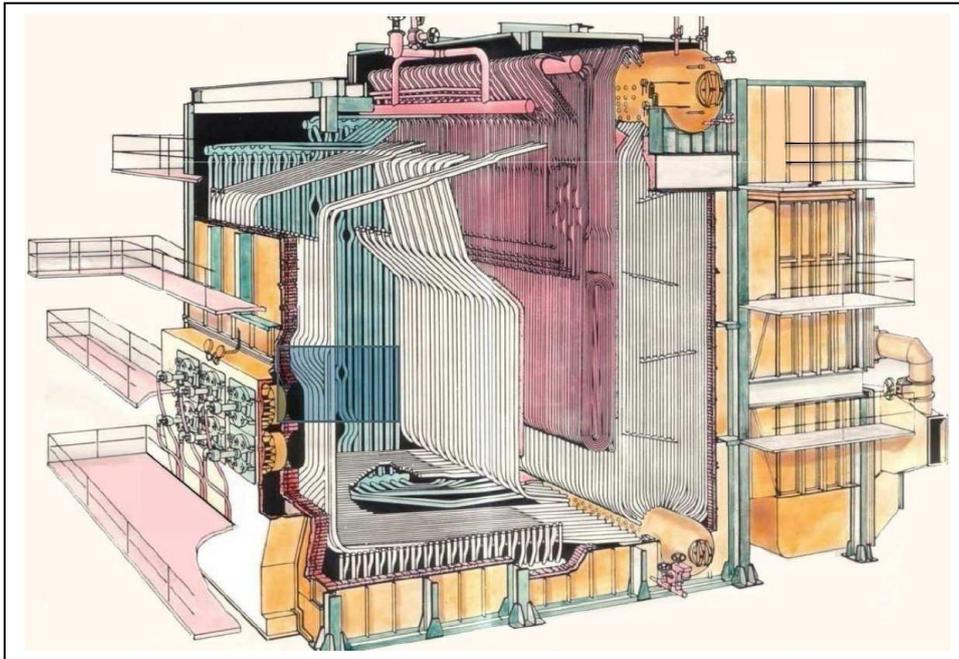


Figure I-2: Description du Générateur de vapeur.

I-2.5.2. La turbine

La turbine est une machine à une ligne d'arbre composé de corps HP (haute pression), MP (moyenne pression), BP (basse pression).

La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre. Le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.

- **Description**

- Turbine à trois corps : HP, MP et BP (haute, moyenne et basse pression).
- Nombres de soutirages de vapeur : 06 alimentant trois réchauffeurs BP, la bache alimentaire et deux réchauffeurs HP.



Fig I-3: *Turbine à vapeur sans tablier.*

- **Caractéristiques**

- Longueur : 16,125 m.
- Largeur : 13 m
- Poids : 500 t.
- Puissance : 176 MW.
- Pression : 138,3 bars.
- Température vapeur : 535°C.
- Vitesse de rotation : 3000 tr/min.

I-2.5.3 Ventilateurs

- 02 ventilateurs de recyclage : ont pour rôle en recycler en fonction de la charge, une partie des fumées issues de la combustion afin de régler la température à la sortie du resurchauffeur.
- 02 ventilateurs de soufflage : ont pour rôle de fournir l'air de combustion nécessaire au générateur vapeur.



Fig I-4 : *Ventilateur.*

I-2.5.4. Alternateurs (SIEMENS)

Est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine, Il transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique. C'est un alternateur à pôles lisses. Parmi ces avantages la faible densité et une grande conductibilité thermique ce qui permet de réduire les pertes de chaleur lors de la ventilation, ainsi que la chaleur dégagée par courant électrique crée est un courant alternatif triphasé.



Fig I-5 : Alternateur.

Les alternateurs sont à refroidissement à l'hydrogène sous pression de 03 bars en circuit fermé, l'hydrogène étant lui-même refroidi à l'eau d'extraction.

- **Caractéristique**

- Puissance active : 176 MW.
- Puissance nominale : 220 MVA
- Tension nominale : 15,5 KV.
- La fréquence : 50 HZ

I-2.5.5. Poste d'eau

Le poste d'eau est l'ensemble des équipements qui préchauffe l'eau et le transfère du condenseur jusqu'à la chaudière en passant par la bache alimentaire (dégazeur).

A. Condenseur

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur à échange par surface. Il est placé sous la Turbine BP.

La vapeur d'échappement de la turbine se condense au contact extérieur des tubes du faisceau tubulaire parcourus intérieurement par l'eau de circulation, qui est pris à la mer, grâce à une pompe de circulation qui aspire cette eau et la refoule à l'intérieur du faisceau tubulaire et de là elle retourne à la mer.

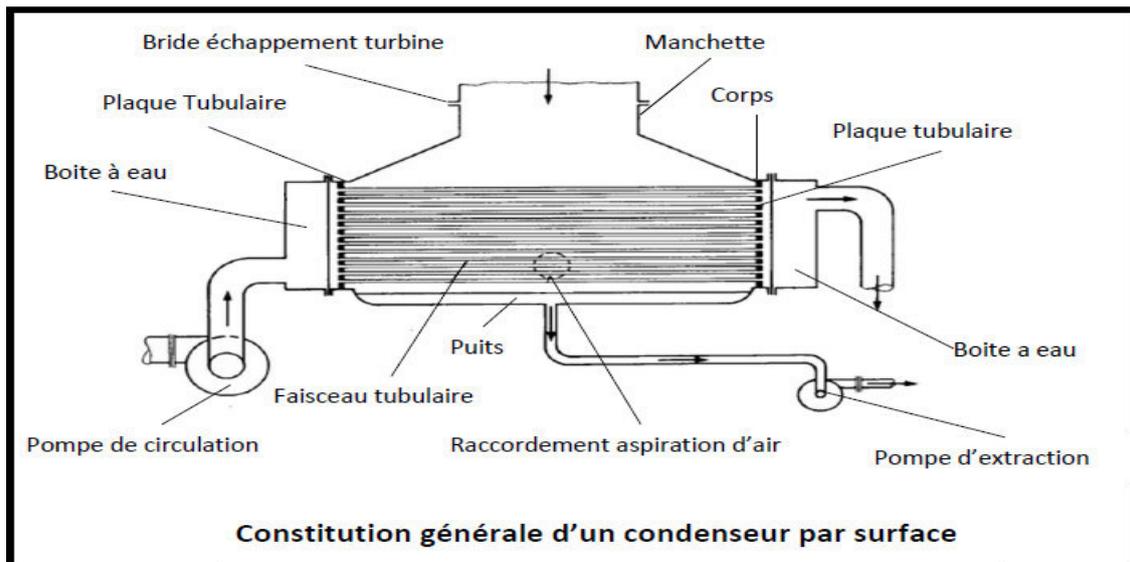


Fig I-6: Condenseur par surface.

Les principales fonctions de condenseur sont :

- Assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuer du corps BP de la turbine par la circulation de l'eau de mer de refroidissement (débit de $2 \times 12000 \text{ m}^3/\text{h}$), dans les 14850 tubes en titane contenu dans le condensateur.
- Augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendit en établissement une dépression atmosphérique afin d'améliorer le rendement.
- Dégazer le condensat et d'évacuer les incondensables en majorité l'air.
- Recevoir également le condensat des réchauffeurs BP.

B. Bâche alimentaire

C'est un réservoir qui réserve l'eau en charge au cours de l'aspiration des pompes et assure le dégazage du condensat. Cette dernière joue le rôle d'un échangeur à mélange (Réchauffeur), l'eau est chauffée alors par le soutirage S4 du corps MP de la turbine. En condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

Elle se caractérise comme ceci :

- La pression = 5bars
- La température = 150°C
- La longueur = 16,5m
- Le diamètre de l'enveloppe = 3,6m
- Le volume = 163m



Fig I-7 : Bâche alimentaire.

I-2.5.6. Les pompes

A. Pompe d'extraction

Assure le transfert de l'eau du puits du condenseur jusqu'à la bâche alimentaire en passant par les (03) réchauffeurs (BP). (Débit nominal d'une pompe $414\text{m}^3/\text{h}$). On trouve 2 pompes par groupe l'une en marche et l'autre en réserve en cas de panne, avec une tension de 6,3 kV et une puissance de 300KW.

B. Pompe d'alimentation

Servent à alimenter la chaudière à partir de la bâche alimentaire (débit de $3 \times 261,6\text{ m}^3/\text{h}$). On distingue deux types de pompes :

B.1. Pompes nourricières

Ce sont des pompes auxiliaires de type centrifuge à un étage, elles servent à augmenter la pression de l'eau d'alimentation de 4,9 bars à 11 bars avec un débit de $261,6\text{ m}^3/\text{h}$.

B.2. Pompes principales

Ce sont des pompes centrifuges radiales à 6 étages. Elles sont placées en aval des pompes nourricières, elles augmentent la pression de l'eau de 11 bars jusqu'à 177 bars. Pour chaque groupe, on trouve trois pompes nourricières et trois pompes principales. Et chaque groupe de pompes d'eau d'alimentation est commandé par un moteur commun d'une tension de 6,3 kV et une puissance de 300 KW.

C. Deux (2) pompes de circulation

Leur débit est $12000\text{ m}^3/\text{h}$ chacune, et leur rôle sert à refouler l'eau de mer jusqu'au condenseur. Après traversée du condenseur, l'eau de réfrigération est rejetée vers le canal de rejet qui aboutit à la mer.

I-2.5.7. Réfrigérants

A. Réfrigérants d'eau d'extraction (réfrigérant d'été)

Les deux réfrigérants d'été utilisent l'eau de mer comme source froide. Ce sont des échangeurs par surface en tubes mandrinés dans des plaques tubulaires en métal résistant à la corrosion. Le débit d'eau de mer est $2 \times 215 \text{ m}^3/\text{h}$.

B. Réfrigérants d'hydrogène

Les réfrigérants d'hydrogène, au nombre de quatre, sont des échangeurs par surface qui refroidissent l'hydrogène par la méthode des courants croisés. Ils utilisent l'eau d'extraction comme eau de refroidissement. L'échange de chaleur entre l'hydrogène et l'eau de refroidissement s'effectue par l'intermédiaire des tubes à ailettes parcourus par l'eau.

C. Condenseur des buées

Le condensat principal du circuit d'eau d'extraction est utilisé comme fluide réfrigérant pour refroidir les buées issues de la vapeur de fuite de circuit vapeur de barrage.

Les buées se condensent à la surface des tubes du condenseur, la chaleur d'évaporation qui se dégage lors de la condensation est transmise au fluide réfrigérant qui circule dans les tubes du condenseur. Le condensat qui se forme ainsi est évacué au condenseur de la turbine.

I-2.5.8. Réchauffeurs basse pression (BP) et haute pression (HP)

Les réchauffeurs sont des échangeurs de chaleur, leur rôle est de chauffer l'eau d'alimentation.

A. Réchauffeurs à Basse Pression (BP)

Le rôle de ces trois réchauffeurs de BP est de réchauffer le condensat lors de son transfert dans la bache alimentaire. Ils sont alimentés par les soutirages qui viennent du corps BP de la turbine. Le débit dans les réchauffeurs est de: $114,415 \text{ kg/s}$.

B. Réchauffeurs à Haute Pression (HP)

Le rôle de ces deux réchauffeurs est de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par des soutirages provenant: l'un du corps MP et l'autre du corps HP.

Présentation du lieu de stage : Centrale Electrique de Cap Djinet

I-2.6. Les auxiliaires

L'exploitation d'une thermique à grande puissance demande pour produire de la vapeur et pour la chaleur résiduelle d'importante quantité d'eau de refroidissement .les besoins de la centrale de Ras-Djinet s'élèvent à 30 m³/s environ.

Station de pompage et de filtrage

- L'installation de chloration
- Dessalement d'eau de mer
- Station de déminéralisation
 - ◆ Une station de production d'hydrogène
 - ◆ Un poste de détente gaz
 - ◆ Un poste de dépotage et transfert fuel
 - ◆ Salle de commande centralisée
 - ◆ Transformateur principal d'évacuation d'énergie

I-2.7. Principe de fonctionnement

Il est basé sur la transformation d'énergie chimique contenue dans un combustible, en énergie électrique en passant par l'intermédiaire de l'énergie thermique et mécanique. Cette transformation s'opère dans divers appareils en utilisant les propriétés physiques de l'eau sous ses diverses formes liquides et vapeurs.

En gros, on a trois transformations principales:

- Transformation de l'énergie chimique issue du combustible en énergie calorifique (dans un générateur de vapeur), qui est la chaleur nécessaire à la vaporisation et à l'augmentation de la température de l'eau.
- L'énergie calorifique obtenue est transmise principalement à l'eau sous formes Liquide et vapeurs (saturée et surchauffée). La transformation de cette énergie en énergie mécanique s'opère dans une turbine à vapeur.
- L'énergie mécanique résultant de la deuxième transformation est transmise directement à l'alternateur à travers un accouplement pour la transformer en énergie électrique.

Présentation du lieu de stage : Centrale Electrique de Cap Djinet

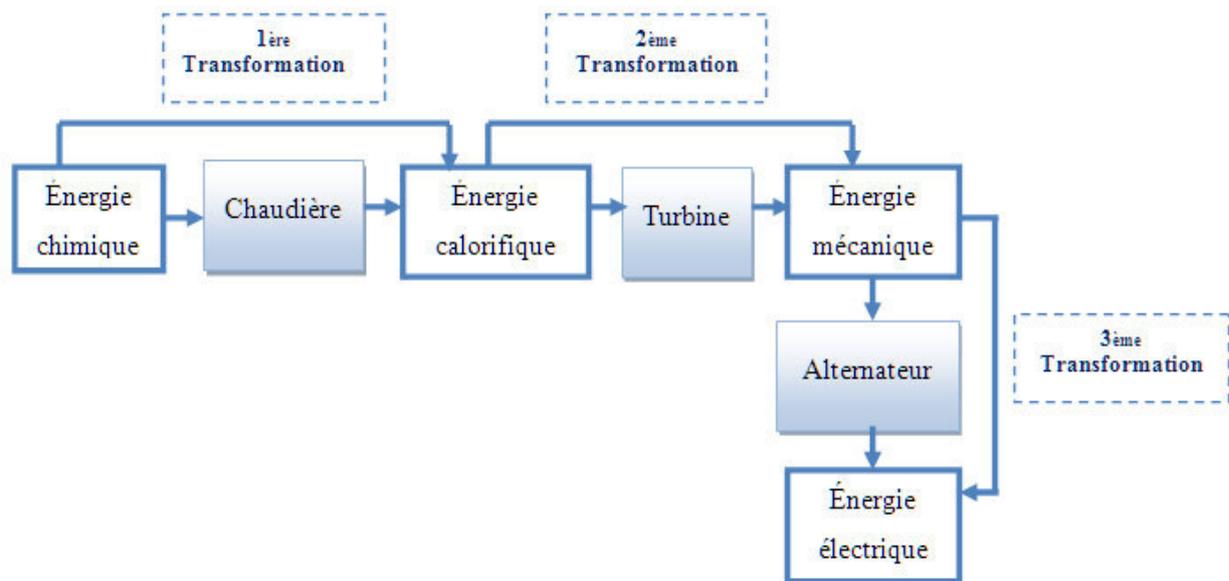
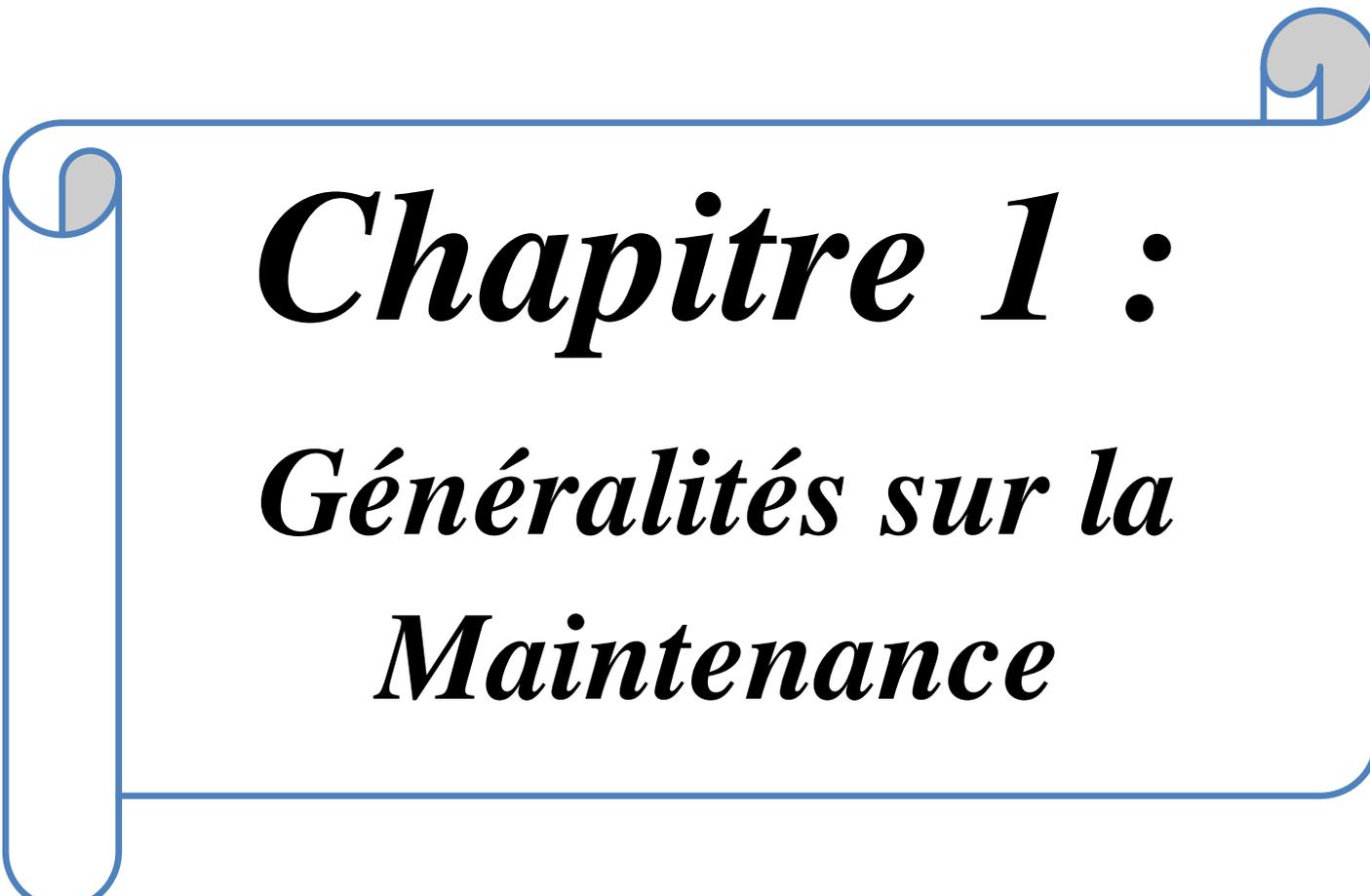


Fig I-8 : Organigramme des principales transformations d'énergie.

A decorative border resembling a scroll, with a blue outline and grey circular accents at the corners, framing the text.

Chapitre 1 :
Généralités sur la
Maintenance

II-1. Introduction

La maintenance commence bien avant le jour de la première panne d'une machine. En fait, elle commence dès la conception, c'est à la phase de conception que la fiabilité et la durabilité d'un système vont être déterminées. Le rôle de la maintenance dans l'entreprise commence par un conseil à l'achat (exemple : les consignes d'entretien). Il est souhaitable que la maintenance participe ensuite à l'installation et à la mise en marche de la machine, aussi au premier jour de la production.

II-2. Définition de la maintenance

D'après AFNOR X60-010 la maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé [1].

Maintenir : contient la notion de prévention.

Rétablir : contient la notion de correction.

D'après Larousse la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné .

II-3. Les objectifs de la maintenance

L'expérience a montré que toute usine, entreprise ou unité de production n'est jamais bénéficiaire si elle applique une mauvaise maintenance ou elle la néglige, ceci s'explique par la mauvaise connaissance de la vie de matériel, par la négligence des opérations d'entretien et par la manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état. Ces facteurs sont les causes et prolonges les unités entraînant des pertes considérables et des déficits remarquables. Pour éviter des situations pareilles et dégager des bénéfices, les responsables de l'entreprise ont compris le rôle important de la maintenance [1].

Parmi les nombreux objectifs de maintenance nous citons :

- ❖ De maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement
- ❖ D'assurer une organisation correcte des travaux de réparation selon un planning déterminé pour réduire le temps de réparation et avoir une bonne qualité
- ❖ D'assurer en permanence la production avec des coûts de fonctionnement et d'entretien minimum
- ❖ D'assurer une meilleure gestion de stock des pièces de rechange.

II-4. Les différents formes de la maintenance

On distingue deux types [1] :

- La maintenance préventive ;
- La maintenance corrective.

II.4.1. La maintenance préventive

C'est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu [1].

Les Objectifs de la maintenance préventive sont :

- ❖ Augmenter la durée de vie de matériels et de la sécurité ;
- ❖ Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- ❖ Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective ;
- ❖ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions (gestion de la maintenance) ;
- ❖ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants, etc. ;
- ❖ Supprimer les causes d'accidents graves ;
- ❖ Diminuer les travaux urgents.

Il y a deux types de maintenance préventive, qui sont les suivants :

II-4.1.1. La maintenance préventive systématique

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage [1].

A. Les conditions d'application

Ce type de maintenance nécessite de connaître [1]:

- Le comportement de matériel ;
- Les usures ;

- Les modes de dégradation ;
- Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) entre deux avaries.

B. Applications

- Equipement à la législation en vigueur (sécurité réglementée) ;
- Equipement dont la panne risque de provoquer des accidents graves (sécurité des biens et des personnes) ;
- Equipement ayant un cout de défaillance élevée [1].

II-4.1.2. La maintenance Préventive Conditionnelle :

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure...), elle consiste à surveiller et de façon continue l'état de fonctionnement d'un équipement et son comportement avec le temps. On l'appelle aussi la maintenance prédictive [1].

Les Objectifs de la maintenance préventive conditionnelle sont :

- ❖ Eviter les démontages inutiles liés au systématique qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances ;
- ❖ Accroître la sécurité des biens et des personnes ;
- ❖ Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

A. Les conditions d'application

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles suivant le cas. Il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles reste systématique et font partie des moyens de contrôle non destructif [1].

B. Applications

Tous les matériels sont concernés. Ce type de maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement [1].

II-4.2. La maintenance corrective

C'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. Elle est effectuée dont le but de maintenir le matériel dans l'état de ses performances initiales [1].

Il existe deux types de la maintenance corrective, qui sont :

II-4.2.1. La maintenance palliative

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction ou partie d'une fonction. Elle est appelée couramment dépannage [1].

II-4.2.2. La maintenance curative

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent [1].

Les activités pouvant être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances [1].

II-5. Les opérations de la maintenance

II-5.1. Les inspections

Ces sont des activités de surveillance (ronde à fréquence courte), consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements [1].

Elle assure une surveillance quotidienne de l'ensemble des équipements, évitant ainsi, l'apparition d'un grand nombre de défaillances mineures, qui pourraient à long terme avoir des conséquences majeures [1].

Les rondes, sur matériel en service, comprennent :

- La lubrification (contrôles, pleins, vidanges,);
- Des contrôles de pressions de températures, de vibrations ;
- Des examens sensoriels : Détection visuelle de fuites, détection d'odeur, des bruits anormaux, etc....
- Des travaux mineurs : dépannages simples, réglages ;
- Ecoute des cognements de pompage ou des chocs hydrauliques à l'aide d'un casque et avec l'ouïe.

II-5.2. Les visite

Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée. Ces interventions correspondant à une liste d'opérations définies au préalable et qui peuvent entraîner des montages d'organes et une immobilisation du matériel [1].

II-5.3. Le dépannage

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement compte tenu de l'objectif [1].

Ainsi le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en contenu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt [1].

II-5.4. La réparation

Intervention définitive et limitée à la 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 [1].

II-5.5. Les révisions

Ensembles des actions d'examen, de contrôle, et des interventions effectués en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unité d'usage donné [1].

II-5.6. Le contrôle

Il correspondre à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivie d'un jugement [1].

Le contrôle peut être une activité d'information, inclure une décision, déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective [1].

La figure II-1 représente les types et les opérations de la maintenance

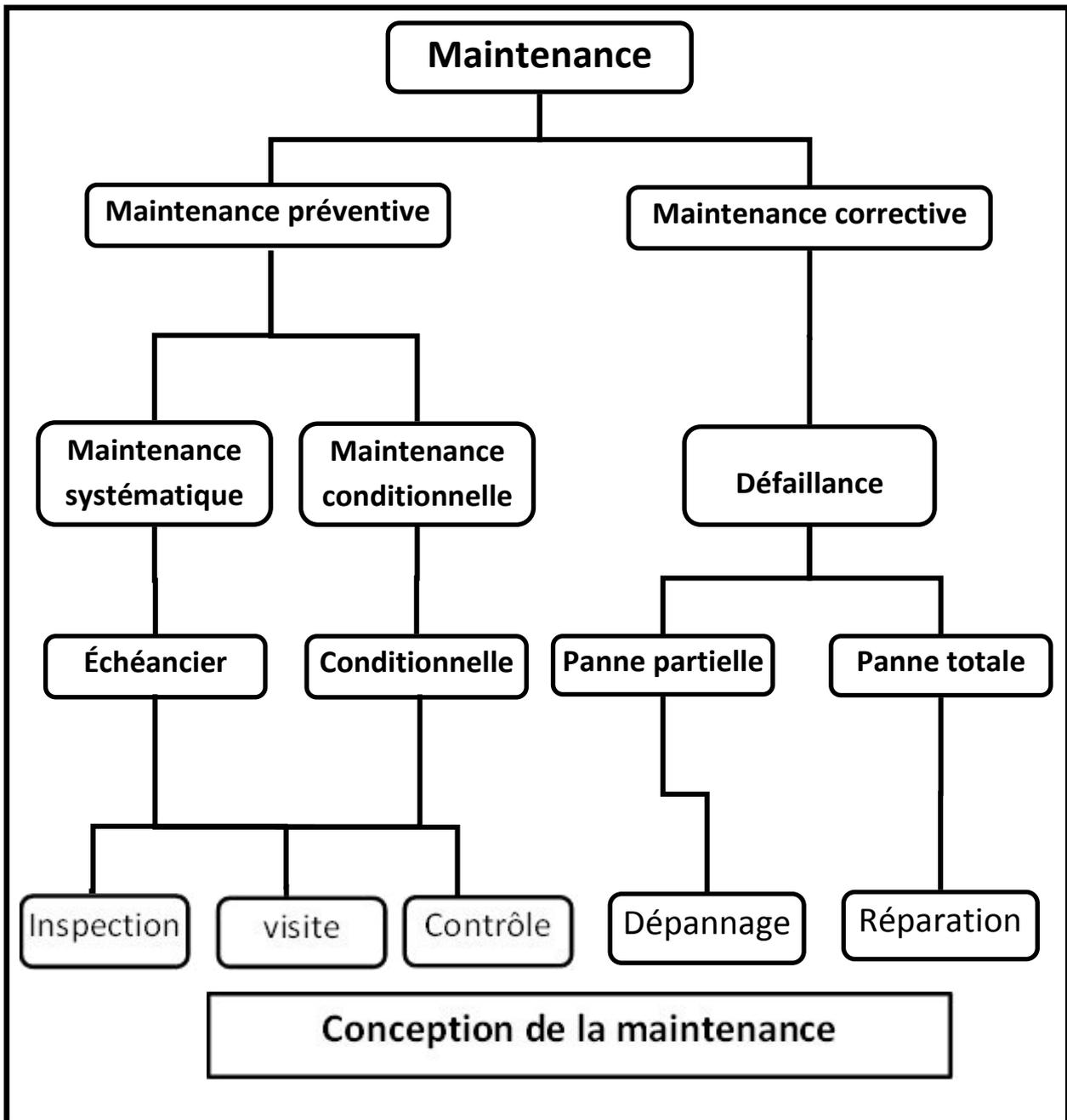


fig II .1. Les types et les opérations de maintenance

II-6. Les niveaux de maintenance

Il existe cinq niveaux dans la maintenance [2] :

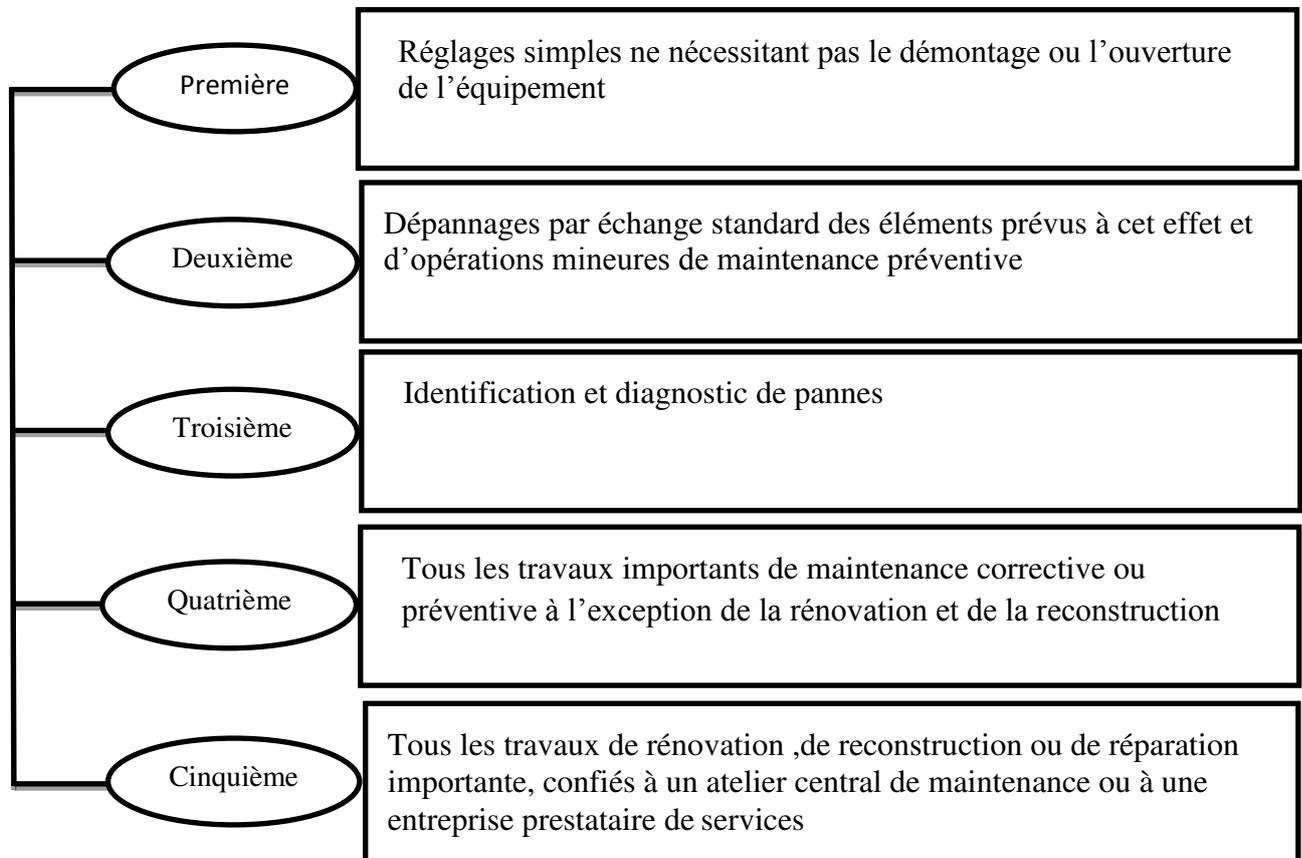


Fig II.2. Les niveaux de la maintenance

II-6.1. 1^{er} niveau

Il s'agit de réglages simples prévus par le constructeur ou le service de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement [2].

Exemples:

Echanges en toute sécurité d'éléments consommables tels que :

- fusible
- voyants

Dégagement d'un produit défectueux sur une machine automatisée après la mise en sécurité de la machine. Graissage

Ces interventions de premier niveau peuvent être réalisées par l'exploitant du bien, sans outillage particulier à partir des instructions d'utilisation.

II-6.2. 2ème niveau

Il s'agit de dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opérations mineures de maintenance préventive [2].

Exemples :

- Contrôle du bon fonctionnement d'un four de traitements thermiques
- Remplacement d'une électrovanne sur un système de serrage de pièce

Ces interventions de deuxième niveau peuvent être réalisées par un technicien ou l'exploitant du bien dans la mesure où ils ont reçus une formation pour les exécuter en toute sécurité.

II-6.3. 3ème niveau

Il s'agit d'identification et de diagnostic de pannes suivis éventuellement [2]:

- d'échanges de constituants
- de réparations mécaniques mineures
- de réglage et d'étalonnage général des mesureurs.

Exemples :

- Remplacement d'une bobine de contacteur défectueuse à la suite d'une surtension
- Démontage d'un manomètre donnant des indications erronées, ré étalonnage sur un banc de contrôle, remontage sur la machine
- Remplacement d'une clavette cisailée nécessitant l'ajustage de la nouvelle clavette

Les interventions de troisième niveau peuvent être réalisées par un technicien spécialisé directement sur le site ou dans un atelier de maintenance.

II-6.4. 4ème niveau

Il s'agit de tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction [2].

Exemples :

Révision générale d'un compresseur

- Démontage, réparation, remontage, réglage d'un treuil de levage
- Remplacement du coffret d'équipement électrique de démarrage d'une machine-outil

Ces interventions de quatrième niveau peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et de moyens importants bien adaptés à la nature de l'intervention.

II-6.5. 5ème niveau

Il s'agit de tous les travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés à un atelier central de maintenance ou à une entreprise extérieure prestataire de services [2].

Exemples :

- Conception d'une machine neuve à partir d'une ancienne
- Remplacement d'un matériel ancien par un matériel nouveau du commerce

Le personnel de maintenance en charge de ces travaux doit posséder des compétences technologiques multiples (électricité, mécanique, pneumatique, automatique, ...) et doit connaître les règles de gestion d'un projet technique.

II-7. Notion de sûreté de fonctionnement « sdf » (FMDS)

Pour y parvenir, il est nécessaire que leurs équipements de production présentent la meilleure sûreté de fonctionnement possible, ce qui implique la maîtrise de [3] :

II-7.1. La fiabilité : « aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisations données à un instant donné. » [3].

II-7.2. La disponibilité : « aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisations données pendant une période donnée. » [3].

II-7.3. La maintenabilité: « aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il puisse accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions d'utilisation données avec des moyens et procédures prescrits. » [3].

II-7.4. La sécurité: « aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques. » [3].

II-8. La défaillance

Définition de la défaillance selon la norme NF X 60 – 011 : « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise » [4].

Synonymes usuels non normalisés : « failure » (anglais), dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations [4].

Une défaillance peut être:

- Partielle : s'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- Complète : s'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- Intermittente : si le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité sans avoir subi d'action corrective externe.

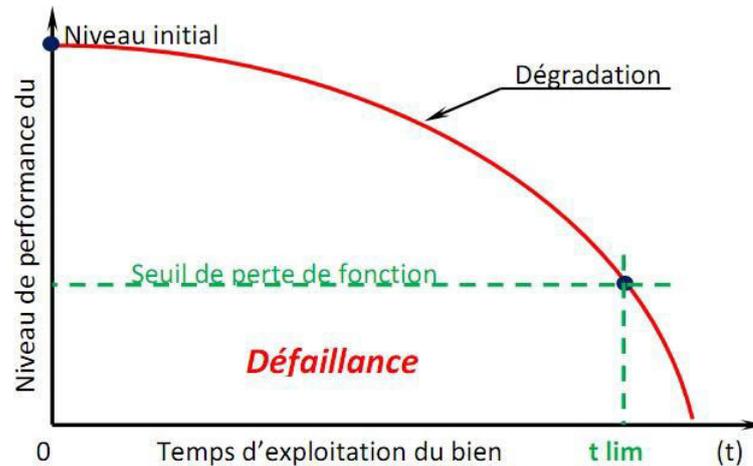


Fig II .3. Dégradation du bien et durée de vie.

NB : t_{lim} indique le moment d'apparition de la défaillance.

II-8.1. Fonction requise

Fonction d'un produit dont l'accomplissement est nécessaire pour la fourniture d'un service donné. Une fonction requise pourra être une fonction seule ou un ensemble de fonctions. La notion du service pourra recouvrir une mission, c'est à dire une succession de phases par lesquelles doit passer le produit sur un intervalle du temps donné [4].

II-8.2. Dégradation

État d'une entité présentant une perte de performances d'une des fonctions assurées par celle-ci ou alors un sous-ensemble lui-même dégradé, voire défaillant, sans conséquence fonctionnelle sur l'ensemble. On peut aussi parler de dérive [4].

II-8.3. Triptyque « faute-défaut-défaillance »

La défaillance est la conséquence d'un défaut, dont la cause est une faute [4].

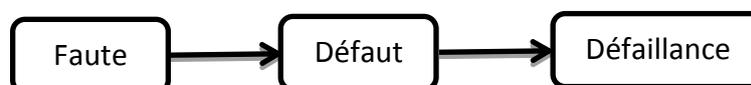


Fig II. 4. Triptyque « faute - défaut – défaillance »

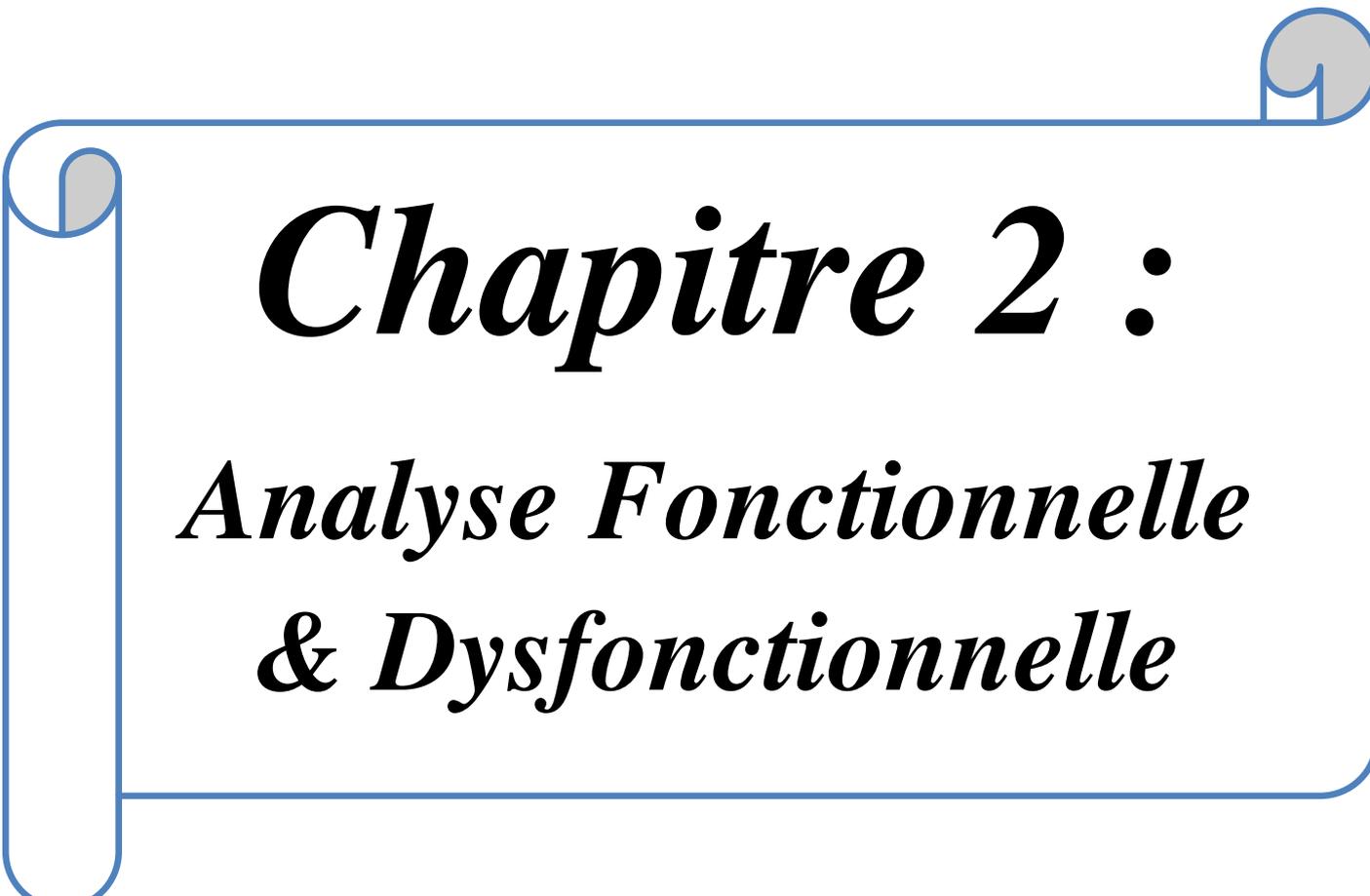
- **Faute** : elle peut être physique (interne ou externe) ou due à l'utilisateur. C'est la notion de 5M: Matières, Matériel, Milieu, Moyens et Main d'œuvre. Elle entraîne une erreur [4].
- **Défaut**: au départ, il est latent, car on ne s'en aperçoit pas tout de suite. Il devient ensuite effectif. Le défaut peut être [4]:
 - Soudain: s'il était imprévisible.
 - Catalectique : s'il est soudain et irréversible.
 - Progressif : s'il était prévisible et éventuellement réversible (exemples : organe qui rouille, fuite sur une soupape).
 - Précoce : s'il se manifeste en début de vie de l'équipement.
 - D'usure : s'il se manifeste en fin de vie de l'équipement.

II-8.4. Panne

La panne est l'inaptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. Après apparition d'une défaillance, on considère donc l'entité est en panne ; une panne résulte toujours d'une défaillance [4].

II-9. Conclusion

La maintenance est une fonction essentielle dans l'entreprise qui on ne peut pas la négligée pour assurer la production et le bon fonctionnement des biens.



Chapitre 2 :
Analyse Fonctionnelle
& Dysfonctionnelle

III-1. Introduction

Ce chapitre se décompose en deux parties : la première partie est l'analyse fonctionnelle qui consiste à définir précisément les besoins et toutes les fonctions d'un produit, la deuxième partie est l'analyse dysfonctionnelle qui consiste à rappeler la méthode AMDEC : sa définition, quelque vocabulaire et sa démarche.

III-2. Analyse fonctionnelle

Dans les premières d'un projet, les responsables utilisent des méthodes pour étudier, analyser et décortiquer le produit envisagé dans le but de rendre aussi compétitif que possible et lui donner le maximum de caractéristiques.

Pour s'assurer qu'un produit puisse satisfaire les besoins d'un client, il faut s'occuper en priorité des services qu'il rend. Pour ce faire, il faut définir le produit comme un ensemble fonctionnel, assurant un certain nombre de fonctions et non pas comme un assemblage de pièces ou de composants.

III-2.1. Définition:

La norme AFNOR NF X 50-101 définit la démarche Analyse fonctionnelle qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un produit [3]. L'Analyse fonctionnelle c'est une démarche utilisée pour définir précisément les besoins et toutes les fonctions d'un produit (système). Il existe plusieurs outils, souvent graphiques, pour décrire ce que doit faire un produit [5].

III-2.2. Le but de l'analyse:

L'analyse fonctionnelle s'utilise pour concevoir des produits nouveaux et reconcevoir des produits dans le but de [5]:

- Augmenter la qualité des produits et la satisfaction du destinataire (client-utilisateurs) ;
- Améliorer l'efficacité et réaliser des économies ;
- Laisser ouvert le choix des solutions (indépendant de la technologie) ;
- Faciliter la gestion des évolutions et la maintenance ;
- Encourager la créativité (ne se limite pas aux solutions existantes) est un préalable à l'analyse de la valeur et à l'analyse des risques ;
- Mettre en place une communication efficace à tous les niveaux (interne, externe) ;
- Fournir un contexte contractuel.

III.2.3. Les Fonctions:

Une fonction est l'action d'un élément constitutif d'un système exprimée exclusivement en termes de finalité (par ce qu'il « fait »). Chaque fonction doit être exprimée formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments [5].

III.2.3.1. Fonction de service : fonction attendues d'un produit pour répondre à un besoin ou un élément du besoin de l'utilisateur. On distingue deux types de fonction de service : les fonctions principales (fonctions d'usage ou d'estime) et les fonctions de contraintes [5].

A. Fonctions principales : Ce sont ces fonctions qui font qu'un produit va être acquis par un client. Un même produit peut avoir plusieurs fonctions principales [5].

B. Fonctions de contraintes : ce sont les fonctions d'adaptation, de résistance ou de réaction à des éléments du milieu extérieur. Ces fonctions sont nécessaires à la bonne intégration du produit dans son environnement [5].

III.2.3.2. Fonction technique : fonction interne au produit nécessaire aux solutions retenues pour assurer les fonctions de service [5].

Fonction technique principale ou élémentaire: permet de remplir une fonction d'usage, de rendre un service attendu [5].

Fonction technique complémentaire ou secondaire : permet de remplir une fonction d'estime (sécurité, confort, environnement, législation ...) [5].

III.2.4. Les étapes de la démarche de l'analyse fonctionnelle :

La réalisation d'une analyse fonctionnelle se déroule en deux principales étapes qui sont l'analyse fonctionnelle externe et l'analyse fonctionnelle interne [5].

III-2.4.1. Analyse fonctionnelle externe

L'analyse fonctionnelle externe, décrit le point de vue de l'utilisateur et ne s'intéresse au produit qu'en tant que "boite noire" capable de fournir des services dans son environnement durant son cycle d'utilisation. Elle permet de définir et d'exprimer le besoin, pour cela des outils sont utilisés tel que le diagramme bête à corne et le diagramme des interactions (diagramme de Pieuvre) [5].

A. Définition du besoin par le Diagramme "Bête à corne"

Pour définir le besoin éprouvé par l'utilisateur pour un produit, il faut répondre à trois questions :

- A qui (à quoi) le système rend-il service ?
- Sur qui (sur quoi) le Système agit-il ?
- Dans quel but ?

Celles-ci étant généralement regroupées dans un graphique appelé familièrement « bête à corne» [5].

La figure suivante illustre ces trois questions sur le diagramme bête à corne.

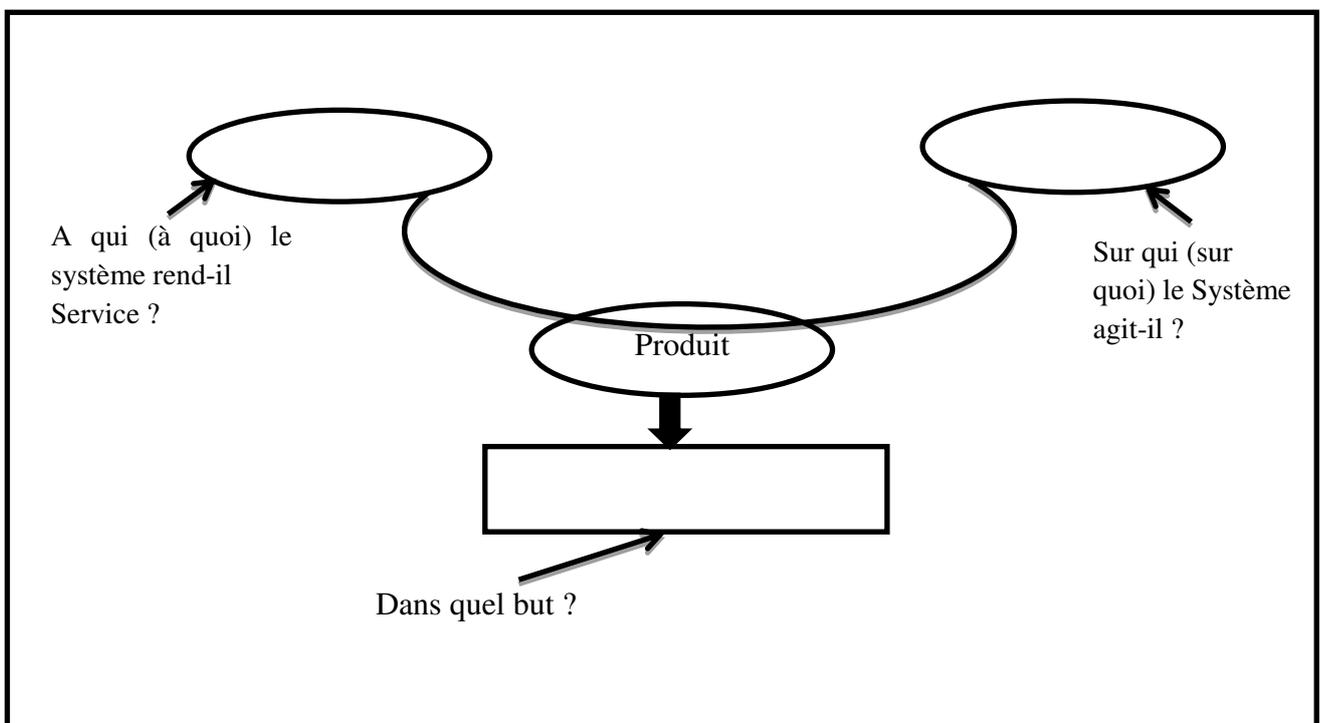


Fig III.1. Le diagramme bête à corne

Tab III.1. Tableau explicatif de besoin

Questions	Réponses (à détailler)
« A qui le produit rend-il service ? »	Au client (préciser)
« Sur quoi le produit agit-il ? »	Sur la matière d'œuvre (préciser)
« Dans quel but ? » (pourquoi faire ?)	Pour satisfaire le besoin (préciser)

B. Expression du besoin par le Diagramme pieuvre

Pour définir parfaitement le besoin d'un produit (système) il est nécessaire de d'établir toutes ses fonctions de services et quels éléments interagissent avec lui [5].

L'outil "diagramme pieuvre", issue de la méthode APTE (**A**pplication aux **T**echniques d'**E**ntreprise) est utilisé pour analyser les besoins et identifier les fonctions de service (FP : fonction principale et FC : fonction de contrainte) de produit [5].

En analysant le produit, on peut en déduire le diagramme "pieuvre", graphique circulaire qui met en évidence les relations entre les différents éléments de l'environnement du produit. Ces différentes relations sont appelées les fonctions de services qui conduisent à la satisfaction du besoin. La structure de l'expression de la fonction de service est normalisée. Elle se compose d'un verbe ou d'un groupe verbal qui caractérise l'action et de compléments représentant les éléments du milieu extérieur concernés par la fonction [5].

C. Méthodologie de recherche les fonctions

La méthode de recherche des fonctions proposée est simple et repose sur les principes suivants [5]:

- Dans chaque situation de sa vie, le futur produit ou système va se trouver en contact direct avec un élément extérieur. Déterminons donc d'abord tous les éléments extérieurs au produit qui seront en contact avec lui.
- Chaque fois que le produit ou le système permet de mettre en relation deux éléments du milieu extérieur, il y a un service rendu. Donc, en prenant tous les éléments du milieu extérieur deux par deux, chaque fois qu'il sera possible d'exprimer un service rendu "ça sert à X en agissant sur Y", il y aura une fonction principale.
- Chaque fois qu'un élément du milieu extérieur exerce une action sur le système, il y a une fonction de contrainte.

L'ensemble des relations entre les fonctions et l'objet vont être représentées dans "la pieuvre" tel qu'elle indique la figure III.2.

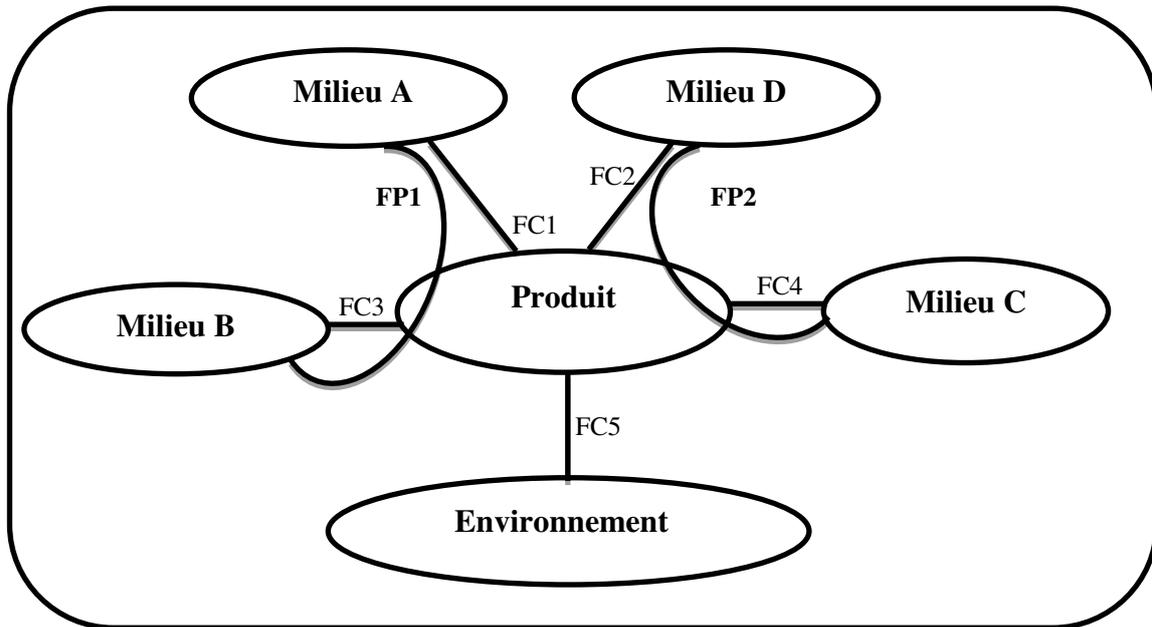


Fig III .2. *Le diagramme de pieuvre.*

L'ensemble de toutes les fonctions de services sont résumées dans le tableau suivant :

Tab III.2. *Les fonctions de service*

Fonctions	Désignations
FP1	Verbe + compléments
FP2	Verbe + compléments
FC1	Verbe + compléments
FC2	Verbe + compléments
FC3	Verbe + compléments
FCn	Verbe + compléments

Le résultat de l'analyse fonctionnelle externe est présenté sur un document intitulé Cahier des Charges Fonctionnel (**CdCF**), où chacune des fonctions est assortie de caractéristiques permettant de comprendre exactement ce qu'elle offre. Il porte donc essentiellement sur les Fonctions de Service. « Le CdCF fait office de contrat (entre le client et le concepteur) à respecter par les concepteurs. Sa rédaction mérite donc une grande attention » [5].

La rédaction du **CdCF** : On doit retrouver dans le CdCF toutes les étapes de la démarche décrite dans la partie d'AFE :

Cahier des Charges Fonctionnel(CdCF) [5].

1. Identification des phases de vie du produit
2. Pour chaque phase de vie :
 - a. Identification des EME
 - b. caractérisation des EME / sous forme de tableau
 - c. Identification des FS / diagramme des interacteurs
 - d. Caractérisation des FS / sous forme de tableau

L'Analyse Fonctionnelle Externe effectuée précédemment, qui consiste en formalisation du besoin et le schéma de la Pieuvre qui illustre les relations entre le système et son milieu extérieur, reste insuffisante pour connaître le système. Pour cela, nous effectuons une Analyse Fonctionnelle Interne [5].

III-2.4.2. Analyse fonctionnelle interne

Pour réaliser les fonctions de service énoncées précédemment, un produit est constitué de composants, de pièces mécaniques, ... Ces ensembles de pièces réalisent des fonctions techniques permettant de satisfaire les fonctions de service [5].

Pour réaliser cette phase d'analyse fonctionnelle du produit, on dispose de plusieurs outils, que nous allons décrire ci-dessous.

A- Méthode FAST (Functional Analysis System Technic)

La méthode **F.A.S.T.** est un outil graphique qui permet de détailler les fonctions techniques et les solutions associées. Organisé de la gauche vers la droite, partant d'une fonction de service, le diagramme **F.A.S.T.** recense toutes les fonctions techniques et pour finir il présente les solutions technologiques définies [5].

Il est basé sur une méthode interrogative : pour chaque fonction technique indiquée dans un rectangle on doit pouvoir trouver autour les réponses aux questions définies ci-dessous [5].

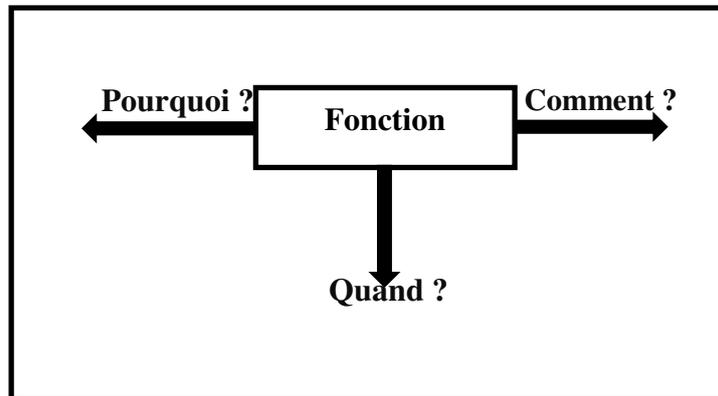


Fig III .3. *Principe du diagramme F.A.S.T.*

- ✓ **Pourquoi :** une fonction doit-elle être assurée ? Accès à une fonction technique d'ordre supérieur, on y répond en lisant le diagramme de droite à gauche.
- ✓ **Comment :** cette fonction doit-elle être assurée ? On décompose alors la fonction, et on peut lire la réponse à la question en parcourant le diagramme de gauche à droite.
- ✓ **Quand :** cette fonction doit-elle être assurée ? Recherche des simultanés, qui sont alors représentés verticalement.

La réponse à chacune de ces questions n'est ni exclusive, ni unique. Aussi il existe deux types d'embranchements entre les différentes colonnes, les embranchements de type "et", et les embranchements de types "ou". On représente les liaisons ou par deux flèches (ou plus) partant de la même origine, alors qu'une liaison "et" se sépare après la case représentant la fonction origine.

La figure suivante représente un modèle de diagramme de FAST

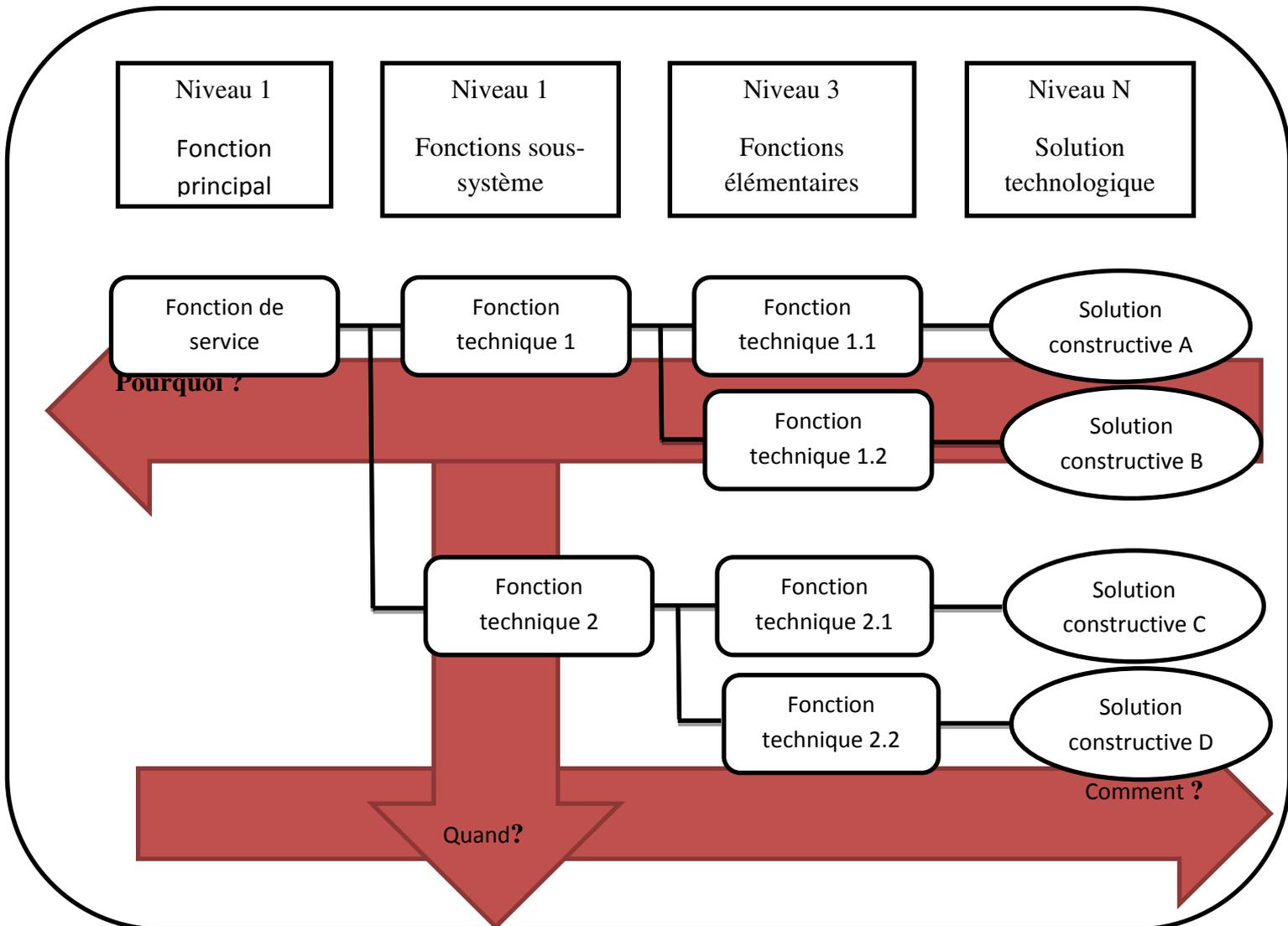


Fig III.4. Diagramme FAST

B- Méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique)

Le but de la SADT (Technique structurée d'analyse et de modélisation des systèmes) est d'offrir une vision globale et synthétique du système automatisé en ne retenant qu'un petit nombre d'informations jugé essentiel à la compréhension sous forme de modèle graphique appelé actigramme [5].

Dans le domaine industriel, la SADT s'utilise fréquemment pour décrire fonctionnellement les systèmes automatisés, ce qui facilite la communication entre spécialistes de différentes disciplines [5].

La SADT se place donc du point de vue du concepteur et non pas du point de vue de l'utilisateur et fait partie de l'analyse fonctionnelle technique [5].

Elle s'appuie sur un modèle graphique et procède par analyse descendante en ce sens que l'on va du plus général au plus détaillé en s'intéressant aux activités du système. L'accent est mis sur la spécification [5]:

- Des fonctions que celui-ci remplit;
- Des informations qu'il échange, notamment avec son environnement.

B.1.Modélisation A-0

Le modèle d'analyse est constitué d'une suite cohérente de diagrammes (actigramme). Le diagramme le plus haut représente la fonction globale assurée par le système et répond aux questions suivantes [5]:

- Ça sert à quoi / pourquoi (fonction du système) ?
- Sur quoi agit le système (Matière d'œuvre) ?
- Quelle valeur est ajoutée par ce système?
- Quelles sont les informations qui pilotent le fonctionnement du système (données de contrôle) ?

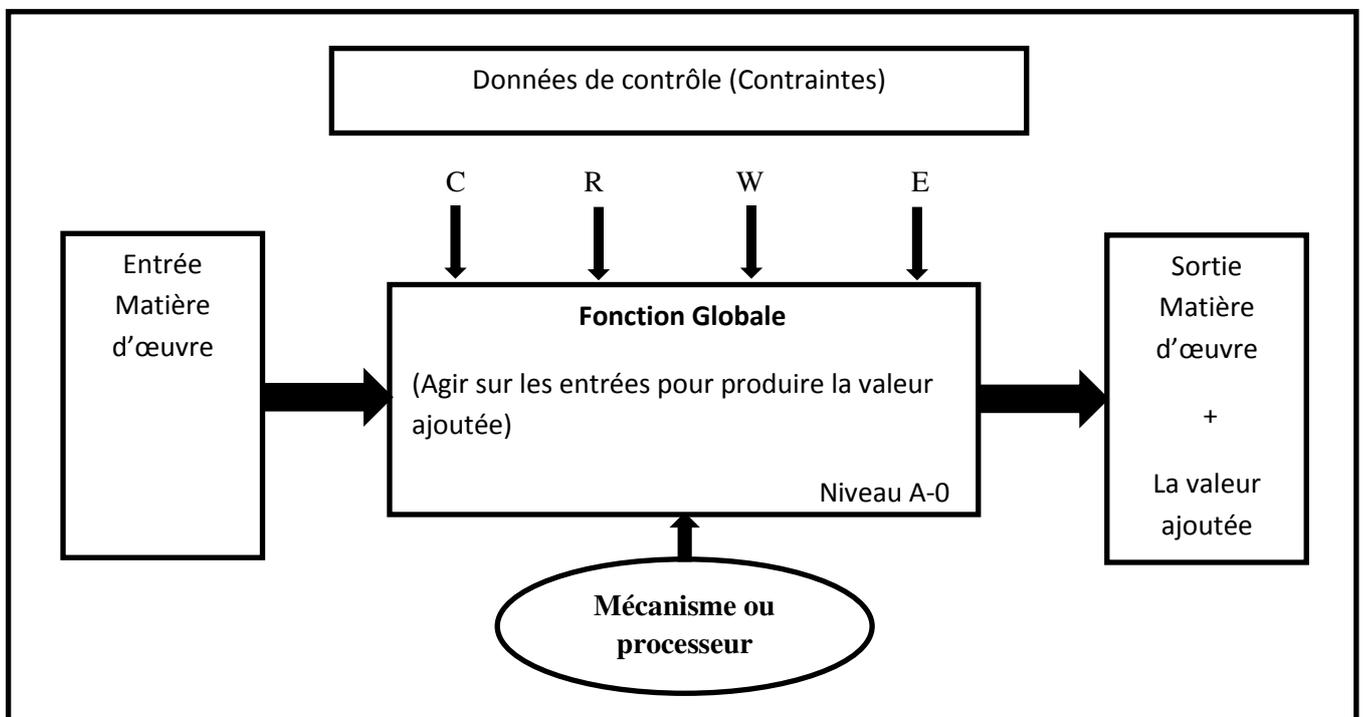


Fig III.5. Niveau A-0 de la méthode SADT.

On retrouve sur ce diagramme les éléments suivants :

- **Fonction globale** : c'est la finalité du système et se définit par un verbe à l'infinitif.
- **Données d'entrée** : c'est en fait la matière d'œuvre sur lequel agit le système. Il existe trois types d'entrées : produit, énergie ou information.
- **La valeur ajoutée** est la modification apportée à la matière d'œuvre.
- **Données de sortie** : on retrouve principalement la matière d'œuvre munie de la valeur ajoutée. On a secondairement des comptes rendus (retour d'information), des pertes énergétiques et des rebuts.
- **Contraintes de pilotage ou de commande** : ce sont les paramètres qui déclenchent ou modifient la réalisation d'une fonction. On retrouve ainsi :
 - **C** : paramètres de configuration.
 - **R** : paramètres de réglage.
 - **E** : données d'exploitation, consignes de fonctionnement.
 - **W** : commande en énergie.
- **Processeurs ou mécanismes** : ce sont les éléments physiques ou technologiques qui réalisent la fonction ou qui supportent l'activité.

B-2. Modélisation A0

La modélisation A0 est un développé du modèle A-0 selon une démarche descendante [5]. La technique graphique de modélisation est basée sur un formalisme qu'il convient de respecter :

- Les boîtes représentent la décomposition du problème en parties ; elles modélisent les activités ou fonctions du système
- Les flèches relient les boîtes et codifient les interfaces et/ou les contraintes entre les boîtes
- Chaque diagramme de niveau inférieur ne montre qu'une quantité déterminée de détails et s'intègre exactement dans le diagramme de niveau supérieur, en préservant les relations de chaque élément avec son environnement
- Dans les fonctions de niveau inférieur, il est interdit de reprendre le nom d'une fonction déjà utilisée au niveau supérieur
- La MOE doit être de même type que la MOS principale et être cohérente avec le nom de la fonction qui traite cette MO

- La numérotation des boîtes se fait de façon hiérarchique. Ainsi A0 contient A1, A2, A3, puis A1 contient A11, A12, A13, ...etc.

L'analyse fonctionnelle est un outil performant pour recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un produit. Elle permet d'avoir une vision claire des exigences attendues du produit. Ceci permet :

- ❖ De mieux définir le besoin,
- ❖ De mieux adapter le produit au besoin,
- ❖ De ne rien oublier au moment de la conception,
- ❖ D'innover,
- ❖ De diminuer les modifications de mise au point,
- ❖ La synergie du travail de groupe,
- ❖ La combinaison de la rigueur et de la créativité.

L'Analyse Fonctionnelle n'est pas une fin en soi, mais une étape dans le processus de conception d'un produit ou d'un système.

III.3. ANALYSE DYSFONCTIONNELLE

Parmi les outils et techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode **AMDEC** « Analyse des Modes de défaillance, de leurs effets et leur criticité » (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA). Cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillance d'un système, d'un processus, d'un produit. L'association Française de normalisation (Afnor) définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système ». La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

III-3.1. Définition d'AMDEC

C'est un outil d'analyse qui permet d'améliorer la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global. (Est régie par la norme AFNOR X 60-510) [6].

Cette méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960: est devenue aujourd'hui, soit réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie), soit contractuelle (pour les fournisseurs automobile par exemple) [6].

Etablie en équipe, menée à différents niveaux d'avancement, elle permet de définir les priorités d'action par la confrontation des opinions.

Elle est applicable à :

- Un produit : AMDEC produit,
- Un processus : AMDEC processus,
- Un système de production : AMDEC Moyen de production.

III-3.2. Objectifs de L'AMDEC

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires [6].

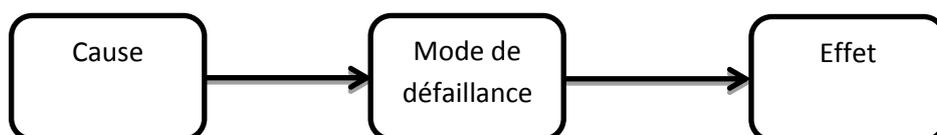
L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.

Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- ✓ Analyser les conséquences des défaillances,
- ✓ Identifier les modes de défaillances,
- ✓ Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection,
- ✓ Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance,
- ✓ Classer les modes de défaillance,
- ✓ Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

III-3.3. L'analyse des défaillances:

Il s'agit d'identifier les schémas du type :



III-3.3.1. Le mode de défaillance

Le mode de défaillance est la forme observable du dysfonctionnement d'un produit, d'un outil de fabrication ou d'un processus étudié. Un mode de défaillance doit répondre aux caractéristiques suivantes [4] :

- il est relatif à la fonction que l'on étudie.
- il décrit la manière dont le processus, le produit ou le moyen de production ne remplit pas ou plus sa fonction.
- il s'exprime en termes techniques précis (les termes « mauvais », « bon » sont à proscrire dans ce type d'étude car trop subjectifs et ne permettent pas de réaliser une analyse fine

III-3.3.2. La cause

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance. Plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance. Une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance [4].

III-3.3.3. L'effet

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance. Il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte [4] :

- effets sur la qualité du produit (AMDEC procédé),
- effets sur la productivité (AMDEC machine),
- effets sur la sécurité (AMDEC sécurité).

Un effet peut lui-même devenir la cause d'un autre mode de défaillance.

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode-cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

III-3.4. Mécanisme de défaillance:

Processus physique, chimique ou autre qui entraîne une défaillance [4].

III-3.5. Taux de défaillance

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est une probabilité conditionnelle de défaillance très utilisée en électronique. Il donne une mesure des risques pour qu'un dispositif tombe en panne pendant l'intervalle de temps $[t, t+\Delta t]$ lorsque Δt tend vers zéro sachant que ce dispositif a survécu jusqu'au temps t [4].

$$\lambda(t) = \frac{\text{Nombre de matériels défaillants pendant un intervalle de temps } \Delta t}{\text{Nombre de matériels en service au début de } \Delta t \times t}$$

III-3.6. Classification des défaillances

Les défaillances sont classées en fonction de plusieurs paramètres qui sont les suivants :

III-3.6.1. Classification des défaillances en fonction des causes

- **Défaillance due à un mauvais employé:** Défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du dispositif [4].
- **Défaillance due à une faiblesse inhérente:** Défaillance attribuable à une faiblesse inhérente au dispositif lui-même lorsque les contraintes ne sont pas au-delà des possibilités données du dispositif [4]. Défaillance première Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte n'est pas la défaillance d'un autre dispositif [4]. Défaillance seconde Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte est la défaillance d'un autre dispositif [4].

III-3.6.2. Classification des défaillances en fonction du degré

- **Défaillance partielle:** Défaillance résultant de déviation d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise. « Les limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées à cette fin » [4].
- **Défaillance complète :** Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise. « Les limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées à cette fin » [4]. Défaillance intermittente Défaillance d'un dispositif subsistant pendant une durée limitée, à la fin de laquelle le dispositif retrouve son aptitude à accomplir sa fonction requise, sans avoir été soumis à une action corrective externe quelconque [4].

III-3.6.3. Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition

- **Défaillance soudaine:** Défaillance qui n'aurait pas pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieure. « Le type de défaillance ne peut pas se détecter par un examen de l'évolution des caractéristiques du dispositif » [4].
- **Défaillance progressive:** Défaillance qui aurait pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieure. « Ce type de défaillance peut se détecter par un examen de l'évolution des caractéristiques du dispositif » [4].

III-3.6.4. Classification des défaillances en fonction de la vitesse d'apparition et du degré

- **Défaillance catalectique:** Défaillance qui est à la fois soudaine et complète. « En pratique le diagnostic d'une telle défaillance est souvent impossible » [4].
- **Défaillance par dégradation:** Défaillance qui est à la fois progressive et partielle. « À la longue, une telle défaillance peut devenir une défaillance complète » [4].

III-3.6.5. Classification des défaillances par rapport aux conséquences :

Les défaillances qui surviennent sur des dispositifs, systèmes et composants ont des conséquences et des effets qui peuvent avoir des degrés de gravité très divers. On peut distinguer :

- **Défaillance mineure:** « Défaillance, autre que critique, qui ne réduit pas l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction requise ». Elle nuit au bon fonctionnement du dispositif en causant des dommages négligeables soit au système soit à l'environnement [4].
- **Défaillance majeur:** « Défaillance, autre que critique, qui risque de réduire l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction requise ». Elle est appelée également défaillance significative. Elle ne cause pas de dommage notable au système, à l'environnement ou à l'homme [4].
- **Défaillance critique:** « Défaillance qui risque de causer des blessures à des personnes ou des dégâts importants aux matériels ». Cette défaillance entraîne la perte d'une(ou des) fonction(s) essentielle(s) du dispositif avec un impact sur l'environnement, les systèmes et les personnes [4].
- **Défaillance catastrophique:** « Défaillance qui entraîne la perte d'une(ou des) fonction(s) essentielle(s) d'un dispositif en causant des dommages importants au dit système, à l'environnement et peut entraîner la mort d'homme » [4]

III-3.7. Types de l'AMDEC

Il existe plusieurs types de la méthode d'analyse :

III-3.7.1. L'AMDEC organisation :

L'AMDEC s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires, du première niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail [8].

III-3.7.2. 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 préventives sur l'industrialisation [8].

III-3.7.3. L'AMDEC-Processus

Elle est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. S'il s'agit d'un nouveau procédé, 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, elle permettra l'amélioration [8].

III-3.7.4. L'AMDEC moyen

Permet d'anticiper les risques liés au non-fonctionnement ou fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine [8].

III-3.7.5. L'AMDEC service

S'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance

III-3.7.6. L'AMDEC sécurité

S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci [8].

III-3.8. Les étapes de la méthode AMDEC

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes (figure III .6).

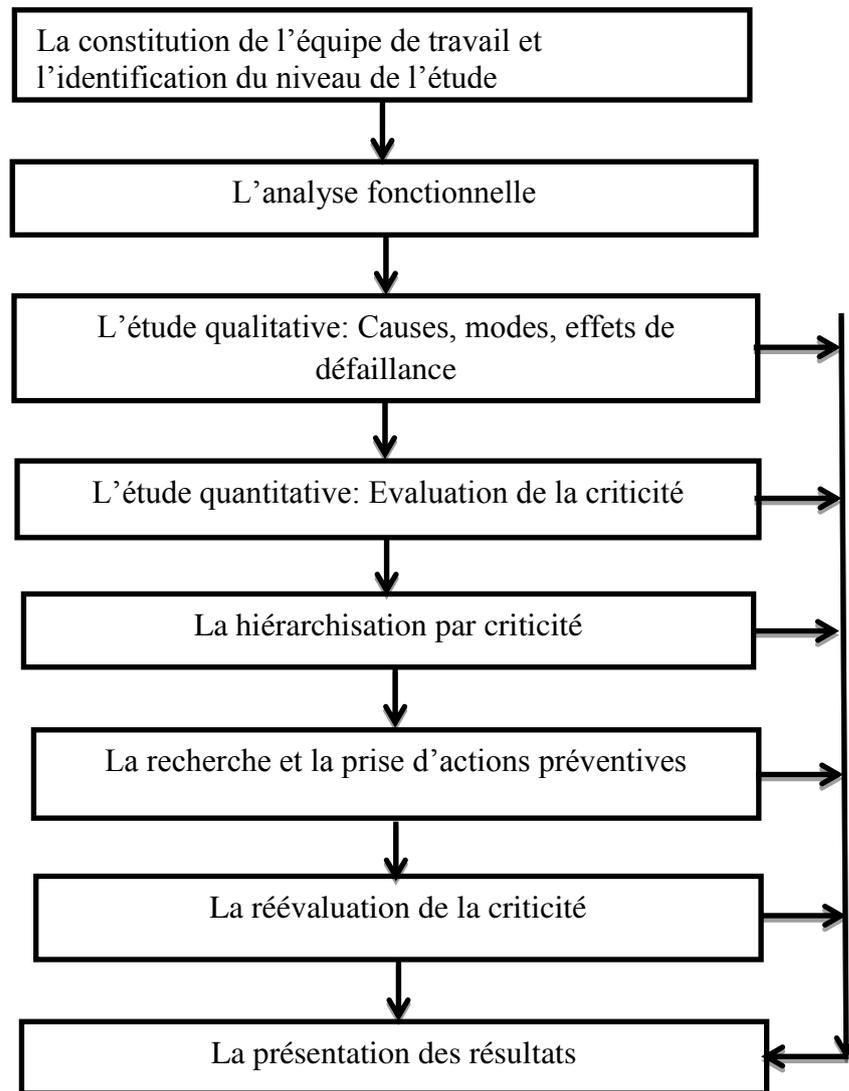


Fig III .6: la démarche AMDEC [7]

III-3.8.1. Constituer l'équipe de travail

L'AMDEC s'appuie sur le travail de groupe, la réflexion collective et l'expérience des participants. Il faut donc constituer un groupe de travail dont le choix des participants dépend de leur :

- expérience
- connaissance de la problématique
- niveau de technicité

- faculté à travailler en équipe Le groupe de travail doit être piloté par un modérateur chargé du suivi des résultats. Une fois le groupe de travail constitué, présenter la méthodologie qui suivie pour l'analyse [7].

III-3.8.2.L'analyse fonctionnelle

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires :

- ❖ Les fonctions principales : sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.
- ❖ Les fonctions contraintes : répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.
- ❖ Les fonctions élémentaires : assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système. Pour réaliser correctement l'analyse fonctionnelle il faut effectuer trois étapes principales :

- Définir le besoin à satisfaire. Le principe consiste à décrire le besoin et la façon dont il est satisfait et comment il risque de ne pas être satisfait.
- Définir les fonctions qui correspondent au besoin.
- Etablir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle. Très souvent les fonctions principales comportent des sous-fonctions ou résultent d'un ensemble des fonctions élémentaires. D'où le besoin de l'arbre fonctionnel [7].

III.3.8.3.L'étude qualitative des défaillances

Elle consiste à faire une identification des modes de défaillances, de leurs effets et des causes conduisant au dysfonctionnement d'un élément du système. Ces trois notions sont liées par la relation suivante :

Cause → Mode → Effet

III.3.8.4.L'étude quantitative

❖ Acceptabilité, criticité, critères de jugement

Une défaillance de « critique » si jugée à travers un ou plusieurs critères, elle nous apparait inacceptable. La notion d'acceptabilité est une notion relative, elle n'a de sens que dans un contexte donné [7]. Le jugement que nous pouvons porter sur une défaillance peut être :

- Mono-critère : dans ce cas, le critère est généralement la gravité des effets de la défaillance
- bi-critère : dans ce cas, les deux critères sont généralement la gravité des effets de la défaillance et la probabilité de survenue de cette défaillance

- multi-critère : dans ce cas, les critères sont, par exemple, la gravité des effets de la défaillance, la probabilité de survenue de la défaillance, la possibilité de détection de la défaillance, etc. [7].

❖ Les échelles de jugement

La criticité ou taux de criticité, est la combinaison de la sévérité d'un effet et de la fréquence de son apparition, ou d'autres attributs d'une défaillance, comme une mesure de la nécessité d'un traitement ou d'une atténuation [7]. L'analyse de la criticité des défaillances a été effectuée à l'aide des grilles proposées par l'outil AMDEC [7]. La criticité C, déduit par le produit des trois indices nominaux F, G et D.

$$C = F * G * D$$

- C: Criticité (produit de l'occurrence, la gravité et la détection permettant la prise de décision quant à des actions correctives à mettre en œuvre).
- F : la Fréquence (probabilité qu'un défaut se réalise pour une cause donnée)
- G : la Gravité
- D : la Détection

III.3.8.5. La hiérarchisation

La hiérarchisation suivant l'échelle de criticité permet de décider des actions prioritaires. Elle permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance [7].

III-3.8.6. La recherche des actions préventives/correctives

Après le classement des différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne les responsables de la recherche des actions préventives ou correctives [7].

III-3.8.7. Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité

Un nouvel indice de criticité est calculé de la même façon que lors de la première évaluation, en prenant en compte les actions prises. Cette valeur du nouvel indice de criticité est parfois appelée risque résiduel et peut être illustrée sous forme du diagramme Pareto. L'objectif de cette réévaluation est de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises. Le nouvel indice de criticité doit donc être inférieur au seuil de criticité [7]

III-3.8.8. La présentation des résultats

Pour pouvoir effectuer et appliquer l'AMDEC, des tableaux conçus spécialement pour le système étudié et préparés en fonction des objectifs recherchés. Ces tableaux sont habituellement disposés en forme de colonnes et contiennent, en général, les informations nécessaires pour réaliser l'étude [7]

III-3.9. Les deux (02) aspects de la méthode AMDEC (l'aspect qualitatif et l'aspect quantitatif)

III-3.9.1. L'aspect qualitatif : de l'étude consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe [7].

III-3.9.2. L'aspect quantitatif : consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels [7].

III-3.10. Evaluation de la criticité

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux :

- la gravité,
- la fréquence,
- la non-détection.

Ces critères ne sont pas limitatifs, le groupe de travail peut en définir d'autres plus judicieux par rapport au problème traité.

Chaque critère est évalué dans une plage de notes. Cette plage est déterminée par le groupe de travail [9].

III-3.10.1. La gravité

Elle exprime l'importance de l'effet sur la qualité du produit (AMDEC procédé) ou sur la productivité (AMDEC machine) ou sur la sécurité (AMDEC sécurité).

Le groupe doit décider de la manière de mesurer l'effet [9].

Tab. III .3. : *Définition et cotation de la gravité des effets de la défaillance*

Cotation	Définition
« 1 » : Gravité mineur	Aucune dégradation de matériel.
« 2 » : Gravité moyenne	Nécessite une intervention de courte durée (exemple : Arrêt de production de 2h à 6h)
« 3 » : Gravité majeur	Très critique nécessitant une intervention de longue durée (exemple : Arrêt de 6h à 24h)
« 4 » : Gravité catastrophique	Très critique nécessitant une grande intervention (exemple : Arrêt de plus d'un jour).

III.3.10.2. La fréquence

On estime la période à laquelle la défaillance est susceptible de se reproduire [9].

Tab .III .4. : *Désignation et cotation de la fréquence d'apparition des défaillances*

Cotation	Désignation
« 1 » : Fréquence très faible	Défaillance pratiquement inexistante Au plus un défaut sur la durée de vie d'une installation.
« 2 » : Fréquence faible	Défaillance moins d'une fois par an.
« 3 » : Fréquence moyenne	Défaillance moins d'une fois par trois mois.
« 4 » : Fréquence forte	Défaillance d'une fois par un mois.

III.3.10.3. La non-détection

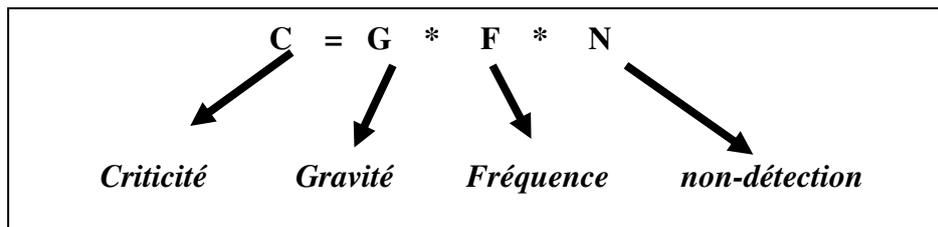
Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème [9].

Tab III .5. : Définition et cotation probabilité de la non-perception de l'existence d'une Défaillance.

Cotation	Définition
« 1 » : Evidente	Signe évidente de défaillance.
« 2 » : Possible	Nécessite une action, requise que le signe de défaillance ne soit pas perçu par l'opérateur.
« 3 » : Improbable	Défaillance difficile à détecter.
« 4 » : Impossible	Défaillance impossible à détecter.

III-3.10.4. La criticité

Lorsque les 3 critères ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité [9].



Le groupe de travail doit alors décider d'un seuil de criticité.

Au-delà de ce seuil, l'effet de la défaillance n'est pas supportable. Une action est nécessaire.

Tab III .6. : Grille de cotation de la criticité

Niveau de criticité	Définition
$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception
$10 \leq C < 16$ Criticité moyenne	Amélioration des performances du système Maintenance préventive systématique
$16 \leq C < 25$ Criticité élevée	Surveillance particulière et révision Maintenance préventive conditionnelle.
$25 \leq C < 64$	Remise en cause complète de l'équipement

III-3.11. Les actions de la méthode AMDEC

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié [6].

Les actions sont de 3 types :

III-3.11.1. Actions préventives : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence [6].

III-3.11.2. Actions correctives : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide [6].

III-3.11.3. Actions amélioratives : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications Technologiques du moyen de production destinées faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement [6].

Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

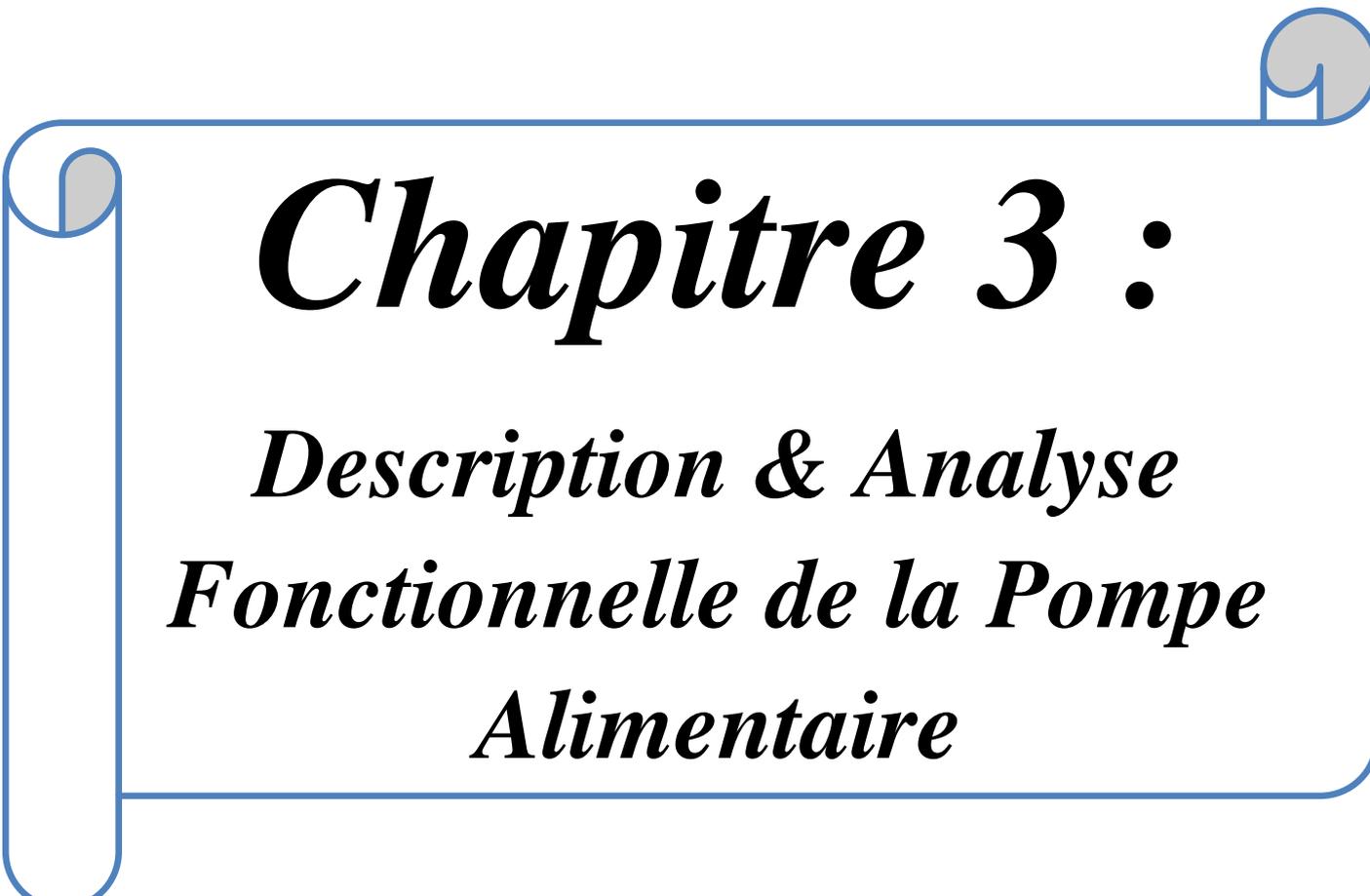
- plan d'action,
- désignation d'un responsable de l'action,
- détermination d'un délai,
- détermination d'un budget,
- révision de l'évaluation après mise en place de l'action et retour des résultats.

L'AMDEC peut s'appliquer à tout système ou processus présentant un nombre significatif de défaillances potentielles et dont l'amélioration du fonctionnement procure un gain significatif. Elle est totalement appropriée au secteur industriel, mais peut également être transposée aux entreprises de services.

Cette méthode exige un travail souvent important et fastidieux au stade de sa réalisation. Une des difficultés réside dans son efficacité, le respect d'un équilibre entre le coût de l'analyse AMDEC et les gains attendus.

III-4. Conclusion

Dans ce chapitre nous arrivons à comprendre le principe de la démarche d'analyse fonctionnelle et dysfonctionnelle sur le plan théorique, ce que nous permettons de passer au plan de la pratique dans le chapitre suivant.

A decorative blue border with rounded corners and scroll-like details at the top and bottom edges, framing the text.

Chapitre 3 :

*Description & Analyse
Fonctionnelle de la Pompe
Alimentaire*

VI-1.DISCRPTION DE LA POMPE ALIMENTAIRE

IV -1.1. Introduction

Ce chapitre consiste à définir notre système qui est la pompe alimentaire et qui sert à refouler l'eau d'alimentation de la bache alimentaire vers la chaudière ; puis faire une description des organes, et étudier le fonctionnement de cette dernière en appliquant la démarche de l'analyse fonctionnelle.

IV-1.2. Description générale de la pompe alimentaire

Il existe trois pompes alimentaires par tranche de production sont utilisées. Chacune de ces pompes assure 50 % du débit maximal nécessaire.

L'eau alimentaire est prise de la bache alimentaire et afflue par déclivité à la pompe nourricière. La pompe nourricière augmente la pression de l'eau.

Chaque pompe est équipée deux filtres : l'un à l'aspiration de la pompe nourricière et l'autre installé entre la pompe nourricière et la pompe principale.

Pour atteindre une vitesse plus élevée de la pompe d'alimentation, On ajoute un multiplicateur qui est installé sur l'arbre de la pompe .Ce dernier est monté à coté de moteur.

Le coupleur hydraulique assure la transmission du couple à la pompe d'alimentation en introduisant une variation de vitesse en fonction du débit à obtenir au refoulement de la pompe. Le coupleur est à grande vitesse.

Le système de la pompe alimentaire se compose de plusieurs éléments pour son fonctionnement [10].

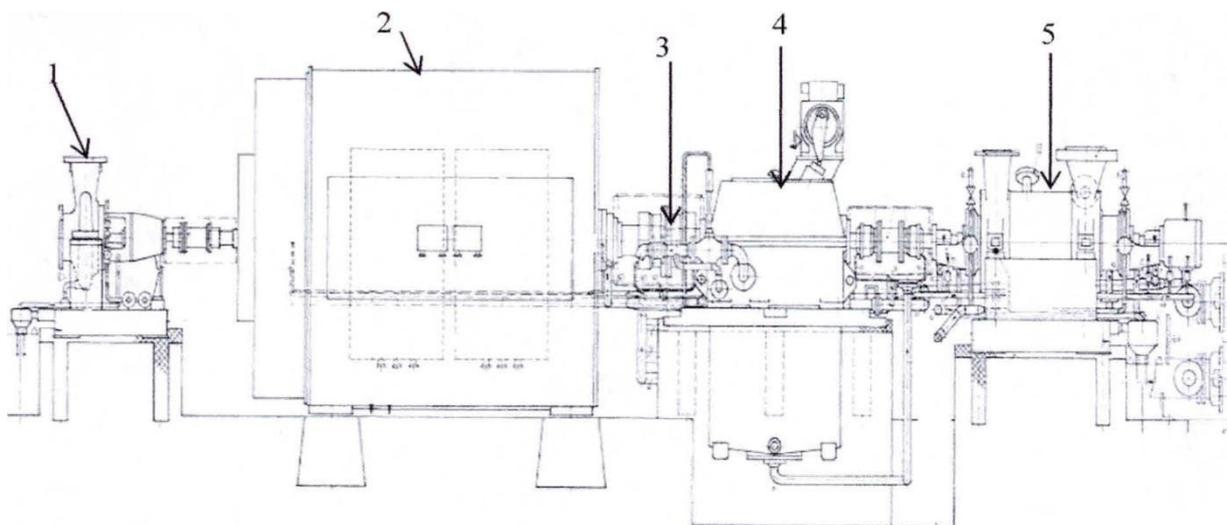


Fig IV -1 : Schéma globale de système.

IV -1.2.1. Les éléments de la pompe alimentaire

- ✓ (1) Pompe nourricière
- ✓ (2) Un moteur
- ✓ (3) Un multiplicateur de vitesse
- ✓ (4) Un variateur de vitesse hydraulique
- ✓ (5) Pompe principale

A- Moteur (2)

Description :

Le moteur qui entraîne la pompe principale et la pompe nourricière et un moteur asynchrone à rotor en court-circuit à refroidissement air-air (refroidissement tubulaire) est de type à flasque protection [10].

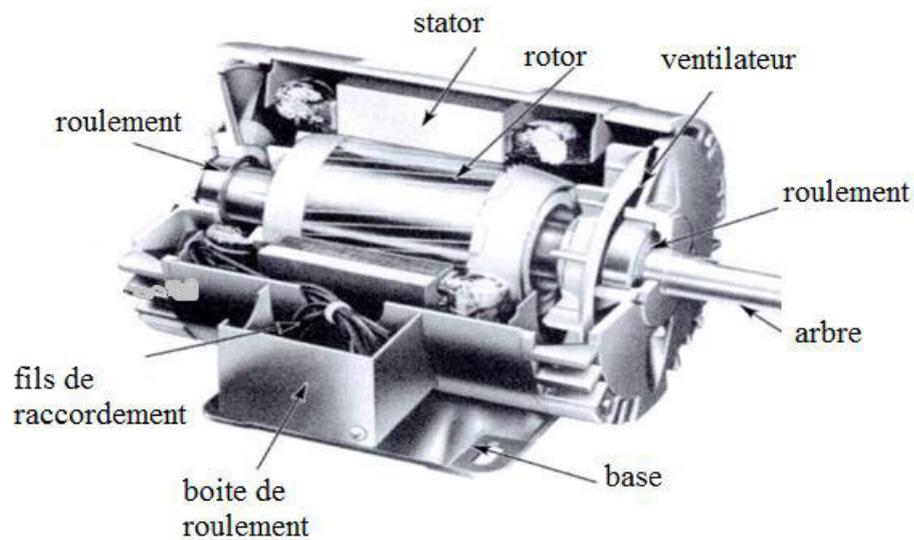


Fig : IV.2. Schéma explicatif de moteur

B- Multiplicateur de vitesse (3)

Son rôle est d'augmenter la vitesse de rotation de moteur asynchrone. C'est un variateur de vitesse mécanique on utilise des engrenages [10].

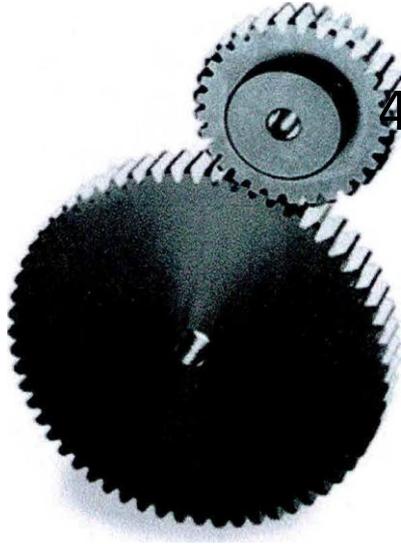


Fig IV.3 : *Engrenage pour augmenter la vitesse de rotation.*

C- Variateur de vitesse hydraulique (4)

Le variateur de vitesse hydraulique permet d'obtenir un réglage continu de la vitesse de la pompe alimentaire.

Le moteur à vitesse constante qui peut être aussi la turbine principale entraîne par l'intermédiaire d'un multiplicateur l'arbre primaire du variateur de vitesse. L'arbre secondaire du variateur de vitesse entraîne la pompe principale [10].

Une roue à aubes latérales et radiales qui joue le rôle de pompe est calée sur l'arbre primaire du variateur. Vis-à-vis d'elle est placée une roue réceptrice analogue, dite "roue turbine" calée sur l'arbre secondaire [10].

On injecte de l'huile entre les roues ; l'huile qui a pénétré entre les aubes de la roue pompe est projetée vers la périphérie sous l'effet de la force centrifuge, sa pression augmente, elle pénètre dans la roue turbine ou elle exerce un effort sur les aubes suffisant pour entraîner l'arbre secondaire [10].

D- Pompe principale (5)

Description :

C'est une pompe centrifuge à 6 étages. Après le 2^{ème} étage une tubulure de prélèvement est prévue sur la pompe pour Injection de désurchauffe des resurchauffeurs [10]:

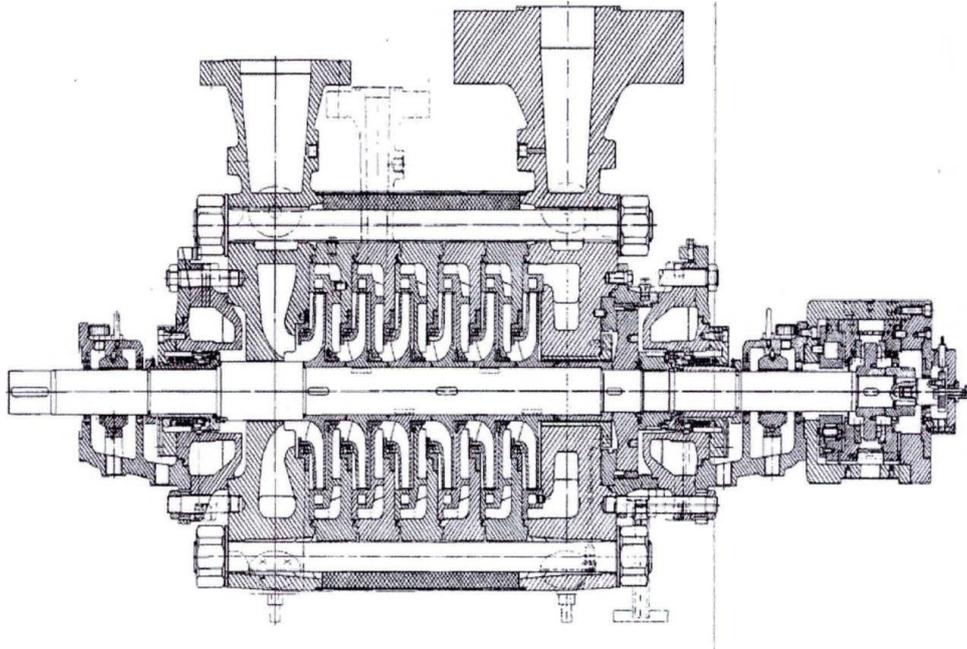


Fig IV.4 : Schéma cinématique de la pompe principale

Caractéristique :

- T⁰ de l'eau 151.40C.
- Débit 261.6 T/h
- Pression refoulement 177 bars
- Pression aspiration: 10.5 bars

E- Pompe nourricière (1)

Description :

C'est une pompe centrifuge a un étage elle a pour rôle d'augmente la pression de l'eau, en aspirant de l'eau de la bêche alimentaire, après elle le refoule dans la pompe principale [10].

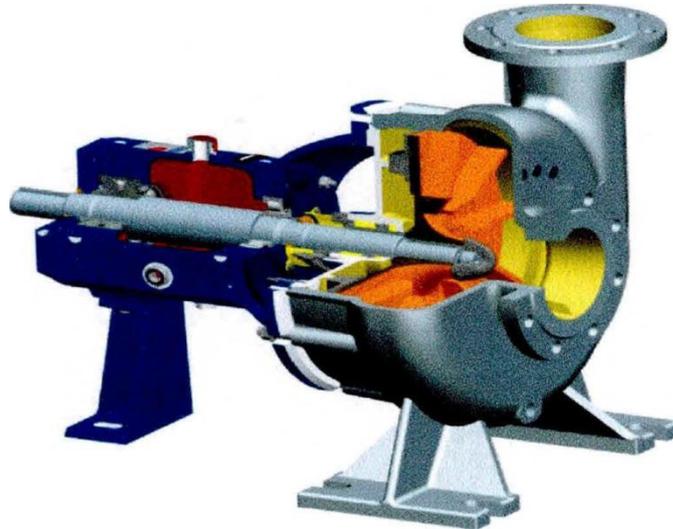


Fig IV.1.5. *Pompe centrifuge à 1 étage.*

Caractéristique :

- Fluide refoulé : Eau d'alimentation.
- T^0 de l'eau : 151,4 °c.
- Débit : 26 J T/h.
- Pression aspiration : 5,6 bars.
- Pression refoulement : 10, 5 bars.

IV-1.2.2. Graissage Pompe Alimentaires

Le système de graissage comprend deux pompes d'huile. L'une est motorisée et l'autre est attelée à l'arbre du variateur de vitesse [10].

Avant la mise en service de la pompe alimentaire, la pompe d'huile de graissage est mise en service pour le graissage des paliers de la pompe principale et de la pompe nourricière [10].

Cette huile doit passer par les réfrigérants d'huile et le filtre avant d'arriver aux paliers. A une vitesse supérieure à 2800 Tr/mm, la pompe attelée s'amorce et assure le graissage tandis que celle qui est motorisée s'arrête automatiquement [10].

IV-1.2.3. Lubrification

Le système de lubrification des garnitures mécaniques est assuré par deux circuits : l'un en amont, l'autre en aval de la pompe principale, c'est un circuit fermé (eau déminéralisée) [10].

IV-1.2.4. Refroidissement

Le système de refroidissement (Noria) sert à refroidir à travers des réfrigérants (04). L'huile de graissage (02), ainsi que l'eau de lubrification (02) [10].

- RL 11/21/31 5001 : Vanne d'isolement aspiration pompe alimentaire.
- RL 13/23/33 5001 : Vanne d'isolement motorisée refoulement pompe.
- RL 15/25/35 5001 : Vanne d'isolement refoulement pompe vers désurchauffe des resurchauffeurs.

IV-1.2.5. Système eau d'alimentation (circuit RL)

L'aspiration de l'eau d'alimentation commence de la bache alimentaire jusqu'à l'entrée de la chaudière. Elle passe à travers des pompes alimentaires et les réchauffeurs à haut pression.

L'eau d'alimentation est collectée de la bache alimentaire (RH40 B001) par les conduites (RL11/21/31) est afflué par gravitation des pompes nourricières en passant par des vannes d'isolement (RL11/21/31 S001) équipée à l'aval de tamis (RL11/21/31 B001).

Les pompes nourricières augmentent la pression de l'eau d'alimentation (de 5 bars à 11 bars). Les conduites (RL12/22/32) forment la fonction avec les pompes principales (pompe centrifuge radiale à 06 étages) le second étage des pompes principales alimenté par le biais des conduites (RL15/25/35 et RL80) les postes d'injection basse pression du resurchauffeur, ainsi que les systèmes d'injections pour le poste de transformation de la vapeur auxiliaire (RQ) et de la bache alimentaire (RH).

Dans les conduites (RL 12/22/32) située entre la pompe nourricière et la pompe principale est placé un débitmètre (RL 12/22/32 F00) un tamis avec une tireuse magnétique, et une purge d'air au point le plus haut (RL 12/22/32 S004).

Dans les conduites de refoulement (RL 13/23/33) sont installés des clapés de retenue (RL 13/23/33 S002) et des vannes motorisées (RL 13/23/33 S001).

Une conduite (RL 14/24/34) assure le retour d'une partie de l'eau alimentaire vers la bache alimentaire (débit nul) si le débit est inférieure au débit minimum nécessaire (80T/H) le refoulement des trois pompes alimentaires passent dans une tuyauterie commune (RL 40)

L'eau alimentaire travers cette conduite jusqu'à le réchauffeur haut pression (RF50/60 W001).

Deux vannes d'isolements motorisés (RL 40/50 S001) et la vanne by-pass (RL41 S001) nous permettent de contourner les réchauffeurs H.P (haut pression) de la conduite (RL 71) alimente le poste d'injection by-pass H.P [10].

L'eau alimentaire est admise à la chaudière en passant la soupape de réglage (RL50 S003).la conduite (RL 60) alimente les systèmes d'injection pour les désurchauffeurs à travers les conduites (RL 61/62/63et64) [10].

IV-2.ANALYSE FONCTIONNELLE DE LA POMPE ALIMENTAIRE

Dans cette partie on appliquant la démarche de l'analyse fonctionnelle sur notre système « la pompe alimentaire »

IV2.1.Définition du besoin de la pompe alimentaire par le diagramme "bete a corne"

Ce diagramme nous permettons de déterminer les exigences fondamentales qui justifier la conception de la pompe alimentaire, et cela a l'aide des trois questions fondamentaux.

Ces trois questions et leurs réponses sont illustrées dans le tableau et la figure suivants :

Tab IV.1. Les trois questions de Diagramme "Bête à corne"

Questions	Réponses
A qui la pompe rend-elle service ?	Bâche alimentaire
Sur quoi la pompe agit-elle ?	Ballon chaudière
Dans quel but ?	Augmenter la pression d'eau

La définition de besoin (diagramme bête à corne) :

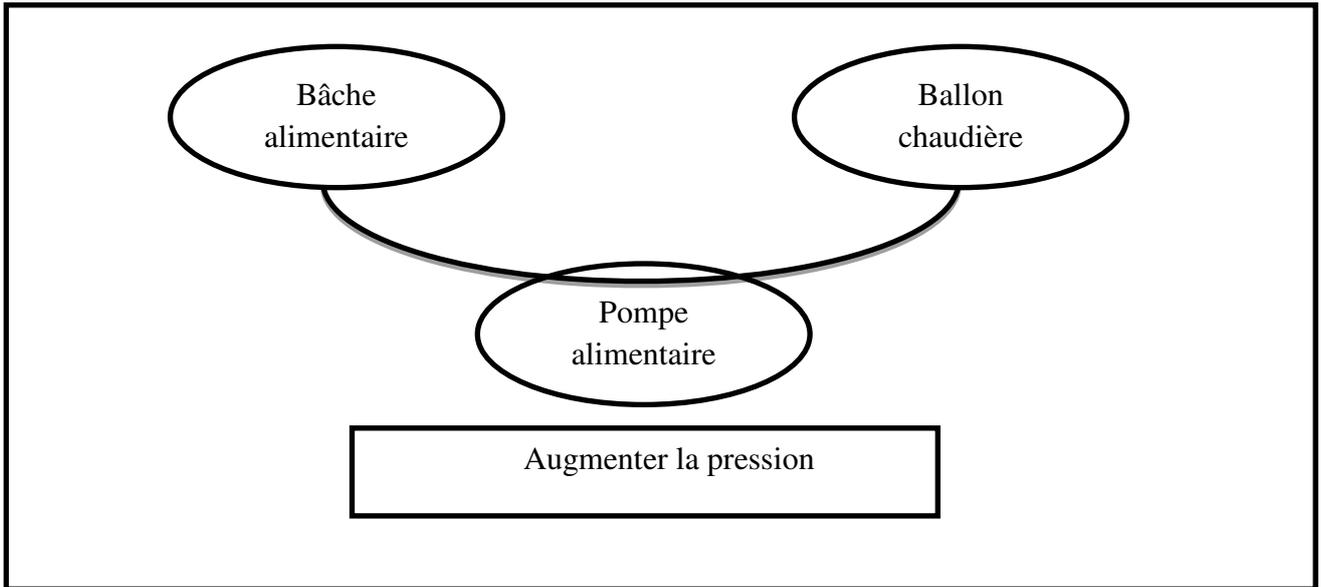


Fig IV.6. Diagramme bête à corne de la pompe alimentaire

IV-2.4. Le diagramme de pieuvre la pompe alimentaire

La Figure IV.7. représente le diagramme de pieuvre qui nous a permis d'identifier les fonctions de service de la pompe alimentaire.

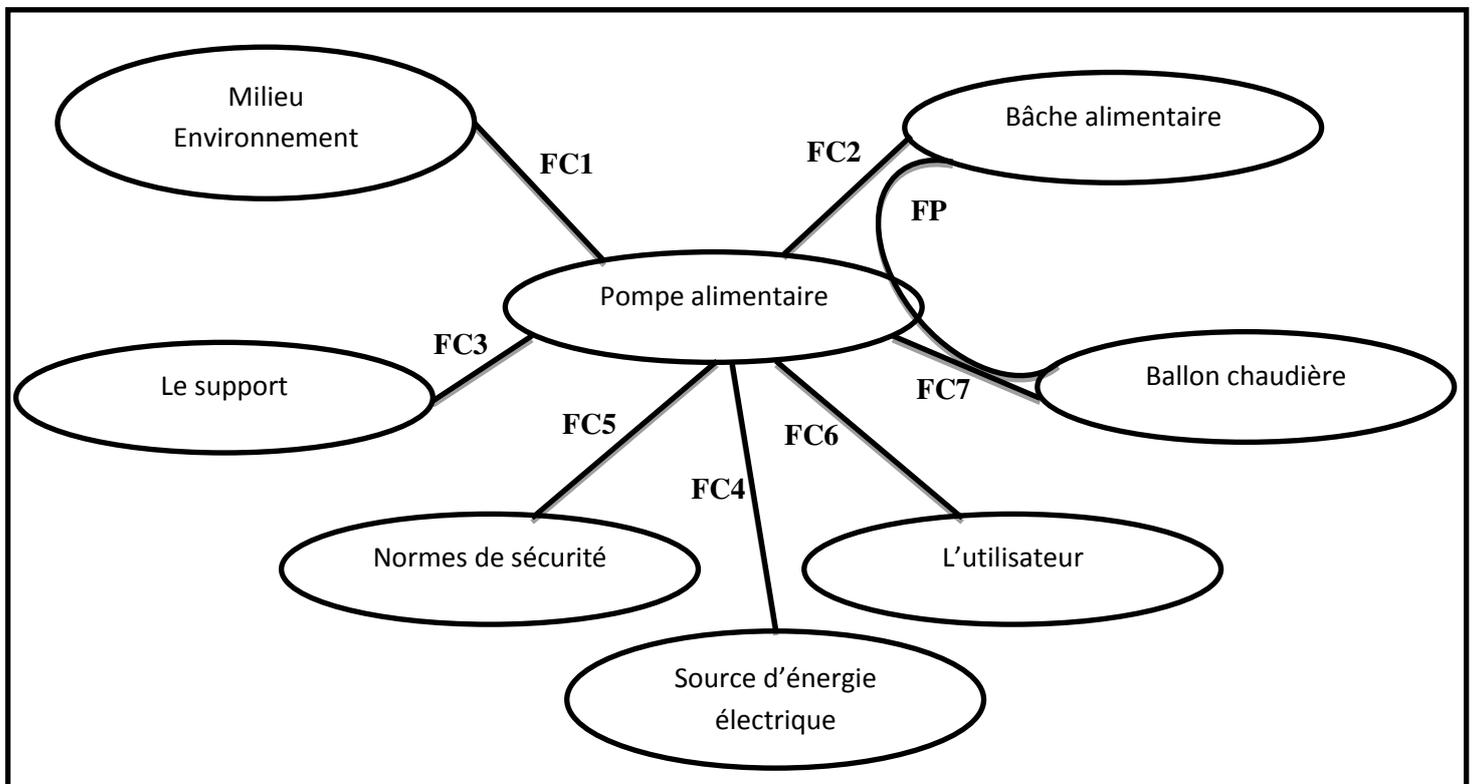


Fig IV.7. Le diagramme de pieuvre de la pompe alimentaire.

Tab IV.2. La fonction de service de la pompe alimentaire

Fonctions	Désignations
FP	Augmenter la pression d'eau
FC1	Agir sur la pompe alimentaire
FC2	Aspirer l'eau à bas pression
FC3	Porter le système (la pompe alimentaire)
FC4	Transmettre (Injecter) l'eau à haut pression
FC5	Sécuriser le système
FC6	Faire marcher et arrêter la pompe alimentaire
FC7	Alimenter la pompe alimentaire

IV-2.5. Diagramme FAST de la pompe alimentaire

La figure IV.3 représente le diagramme FAST qui permet de détailler les fonctions techniques de la pompe alimentaire.

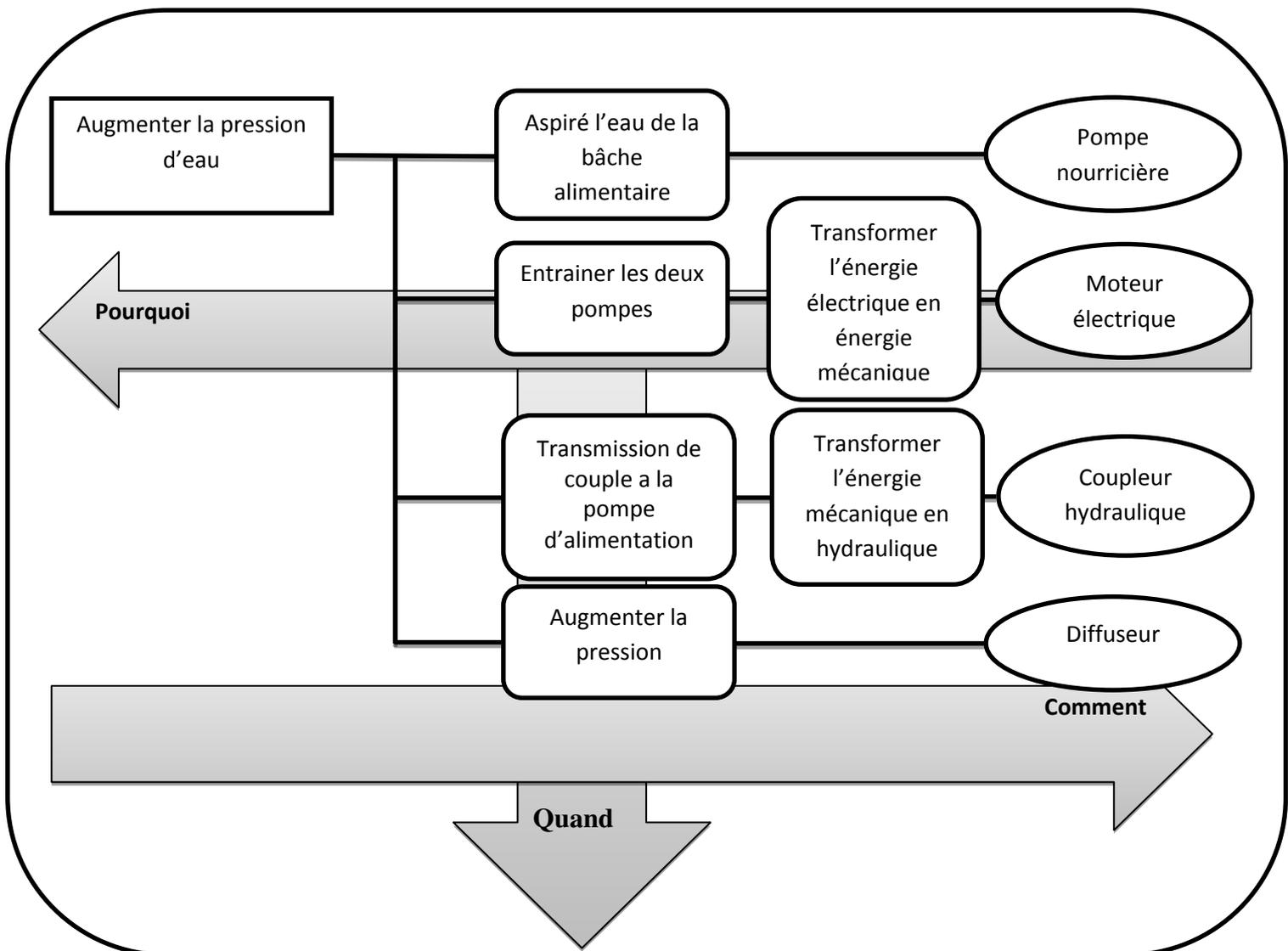


Fig IV.3. Diagramme FAST de la pompe alimentaire

IV-2.4. Analyse de la structure de la pompe par la méthode SADT

IV-2.4.1. Niveau A-0 de la méthode SADT pour la pompe alimentaire

Le niveau A-0 de la méthode SADT représente le flux d'entrée (eau à base pression) qui est transformé en flux de sortie (eau à haute pression) par la pompe alimentaire comme illustre la figure IV.4.

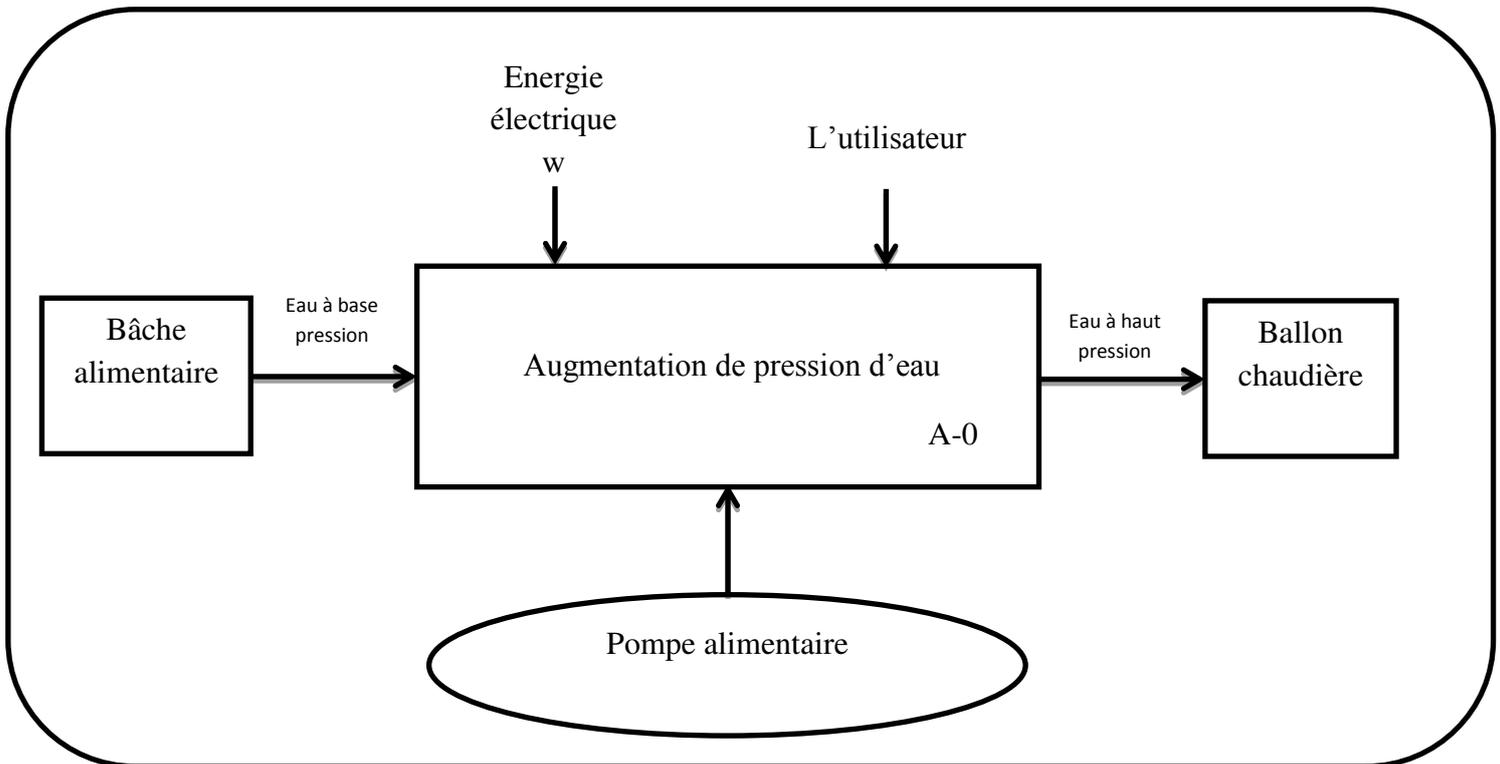


Fig IV.4. Niveau A-0 de la méthode SADT de la pompe alimentaire

IV-2.4.2. Niveau A0 de la méthode SADT de la pompe alimentaire

Le niveau A0 de la méthode SADT nous a donné une représentation plus détaillée de la pompe alimentaire comme montre la figure IV-5.

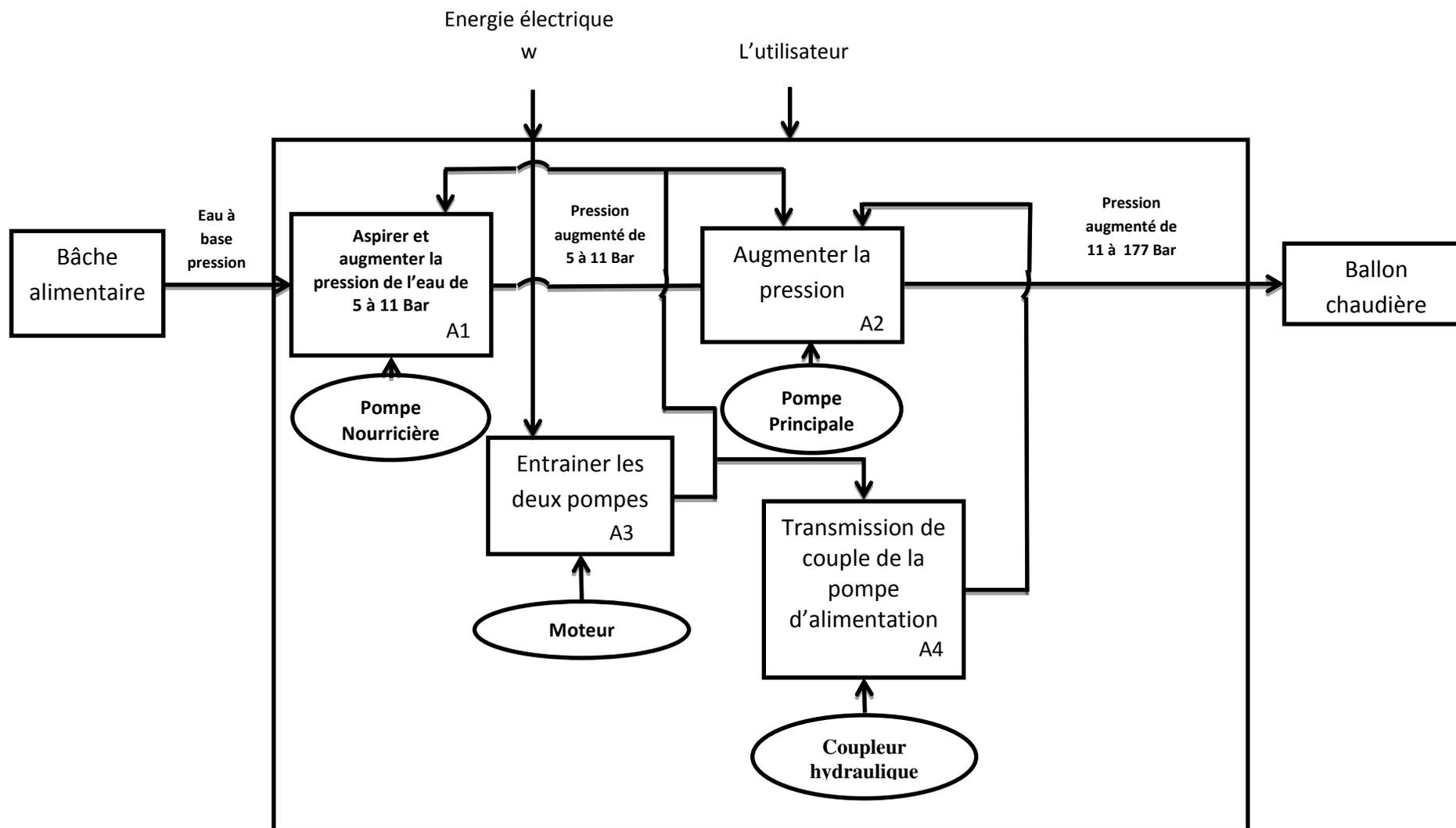
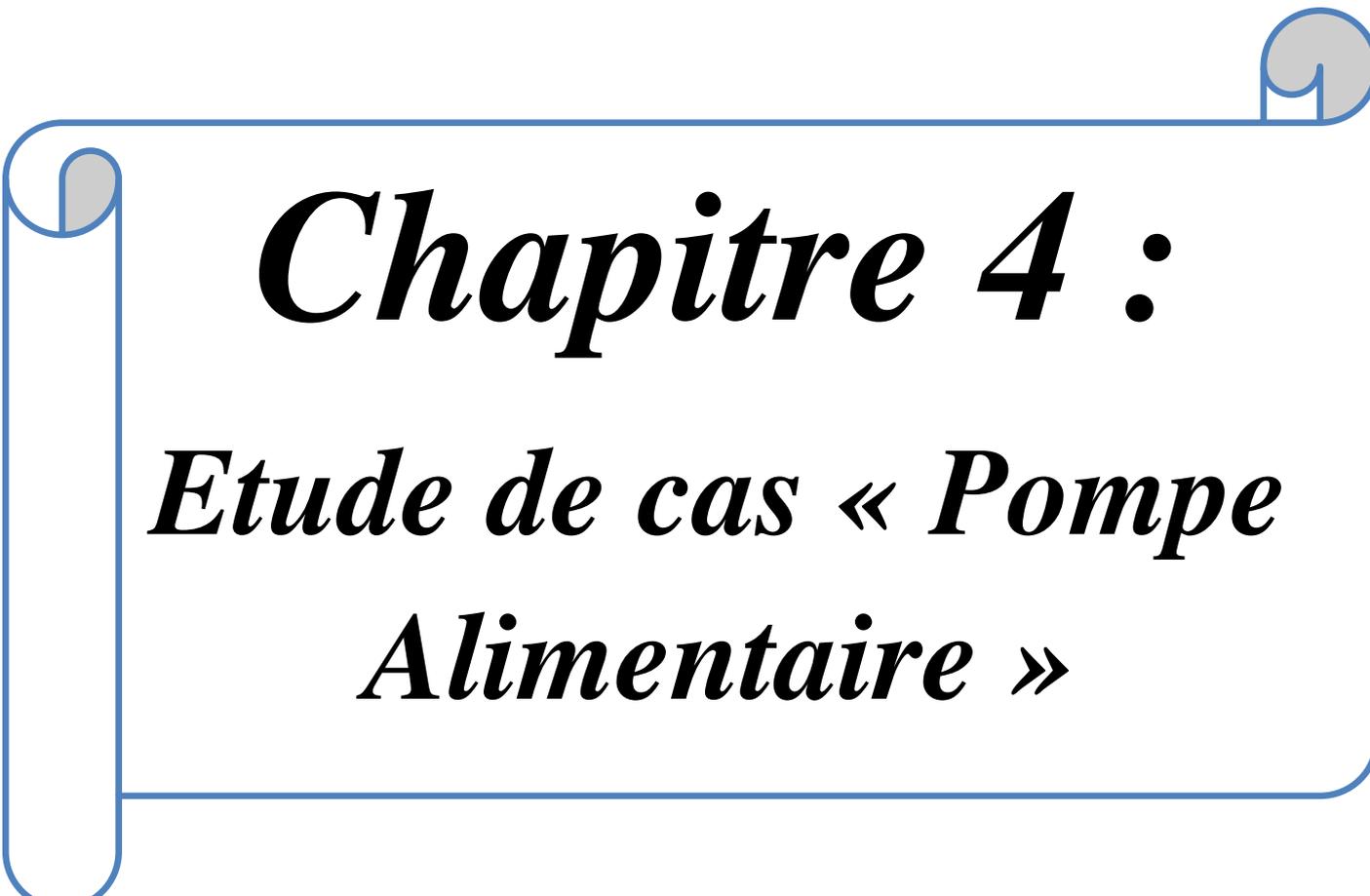


Fig IV.5. Niveau A0 de la méthode SADT de la pompe

IV-3.Conclusion

Dans ce chapitre on a décrit la pompe alimentaire ainsi que les organes essentiels qui la constitue et son fonctionnement par la démarche d'analyse fonctionnelle, qui nous a permis d'appliquer la démarche d'AMDEC dans le chapitre qui suit.



Chapitre 4 :

*Etude de cas « Pompe
Alimentaire »*

V-1.Introduction

Pour mener à bien une étude de l'AMDEC et atteindre les objectifs assignés, il est nécessaire de respecter l'ordre de l'ensemble des étapes présentées dans la partie théorique. Dans ce qui suit nous allons procéder à l'application de l'AMDEC sur la pompe alimentaire pour classer les modes de défaillances. Afin d'élaborer un plan de maintenance préventif convenable qui permet de maintenir notre pompe en bon fonctionnement.

V-2. Démarche pratique de l'AMDEC

V-2.1.Définition des critères

Après une réunion avec le chef de service de maintenance et les responsables de service maintenance de central thermique de cap Djinet on a choisi les critères comme suit :

✓ *La gravité :*

Tab IV .1. Grille de cotation de La gravité

Niveau de gravité « G »	Indice	Définition
gravité très faible	1	arrêt production inférieur à 1 heure
gravité faible	2	arrêt production inférieur à 4 heures
gravité moyenne	3	arrêt production inférieur à 1 jour
gravité majeur	4	arrêt production supérieur à 1 jour

✓ *B- La fréquence :*

Tab IV .2. Grille de cotation de la fréquence

Niveau de fréquence « F »	Indice	Définition
fréquence très faible	1	une défaillance par 2 ans
fréquence faible	2	une défaillance par ans
fréquence moyenne	3	une défaillance par moins
fréquence forte	4	plus d'une défaillance par moins

✓ *C- La non-détection :*

Tab IV. 3. Grille de cotation de la non-détection

Niveau de détection « D »	Indice	Définition
Détection facile	1	Défaillance facilement détectable
Détection possible	2	Défaillance détectable
Détection improbable	3	Défaillance difficilement détectable
Détection impossible	4	détection impossible

✓ *D- La criticité :*

$$C = G * F * N$$

V-2.2. Application de la méthode AMDEC sur la Pompe Alimentaire

Après une vision générale sur l'historique des défaillances de la pompe alimentaire de l'entreprise on a choisi de faire une étude sur les deux dernières années par la méthode AMDEC.

Le tableau suivant montre l'étude AMDEC qu'on a fait.

Tab IV. 4. Tableau d'AMDEC de la Pompe Alimentaire

POMPE ALIMENTAIRE												
AMDEC												
Fonction Principale	sous-système	Fonction De sous-système	N°=	Mode de défaillance	Cause	Effet	G	F	D	C	Détection	Action
Augmenter de pression d'eau	Pompe nourricière	Aspirer l'eau de la bache alimentaire	1	Fuite d'eau par corps	Usure de joint	Perte de pression	2	1	2	4	Visuel	Changement de joint
			2	Fuite d'eau par joint de bride coté aspiration	La surface de joint de la bride dégradé	Perte de pression et dérèglement de débit	3	3	2	18	Visuel	Changement de joint
			3	Fuite d'eau de la bride de refoulement de la pompe	Joint plat de bride cassé	Perte de pression	3	3	2	18	Visuel	Changement de joint
			4	Bruit anormale sur la partie pompe booster et accouplement	Les tampons d'accouplement détérioré	Fonctionnement anormal	2	2	3	12	Visuel	Changement des tampons
			5	Vibration élevé au niveau de la pompe boostée	La béquille de la pompe est desserrée	Déclenchement de la pompe et arrêt de système	4	1	3	12	Visuel	Changement des roulements, et tampons d'accouplement
					Les roulements sont défectueux							
					Les tampons d'accouplement sont cassés							
			6	Le débit d'eau presse étoupe pompe anormale	Desserrage de presse étoupe	Mauvais Fonctionnement	1	3	1	3	Visuel	Serrage de presse étoupe
Mal réglage de débit												
7	Température de palier élevée	Roulement et les bagues d'étanchéité défectueux	Fonctionnement anormal et présence des vibrations	1	3	2	6	Visuel	Réglage du débit d'eau de refroidissement de la presse étoupe			
		Absence d'eau de refroidissement de la presse étoupe										
		L'écran de la sonde dérèglée										
8	Température de la pompe	Le nanomètre est bloqué	Echauffement de la	3	3	3	27	Visuel	Déblocage de			

Chapitre 4 : Etude de cas : « Pompe Alimentaire »

				boostée élevée		pompe boostée						nanomètre
			9	Le niveau d'huile baisse à un seuil très bas	Le boulon d'huile desserré Perçement dans le réservoir	Grippage De la pompe	2	1	1	2	Visuel	Serrage de boulon
	Moteur	Entrainer les deux pompes	10	Encrassement de filtre d'huile	L'huile encrassée	Détérioration de circuit d'huile	1	3	2	6	Visuel	Changement d'huile et nettoyage de filtre
			11	Echauffement au niveau de moteur	Les tubes de refroidissement et les canaux de ventilateur encrassé	Arrêt de la chaîne de production	3	3	2	18	Visuel	Nettoyage des tubes de refroidissement et les canaux de ventilateur
			12	Démarrage et déclenchement de moteur	Court-circuit	Dysfonctionnement de moteur	2	1	2	4	Visuel	Contrôle de l'état général de moteur
			13	Température de moteur élevée	Usure des canaux de ventilation	Echauffement de moteur	2	2	2	8	Visuel	Changement des canaux
			14	Echauffement de disjoncteur		Déclenchement de disjoncteur	2	1	2	4	Visuel	Changement de disjoncteur
	Pompe principale	Augmenter la pression (11bar - 175bar)	15	Fuite d'eau par la bride coté aspiration et refoulement	Déchirement de joint de bride	perte de pression	4	3	2	24	Visuel	Changement de joint
			16	Fuite d'eau par joint de bride de la vanne de vidange	Les pates au niveau de conduite de vidange sont dessoudées	perte de pression	4	2	2	16	Visuel	Remettre des nouvelles pates
			17	Fuite d'eau importante par raccord de conduite garniture mécanique	Desserrage des raccords de flexible de la garniture	perte de pression	1	2	1	2	Visuel	Serrage des raccords
			18	Fuite d'eau par la bride de débit nulle	Confection des bagues d'entretoise	Perte de pression et dérèglement de débit	3	2	2	12	Visuel	Confectionnée les bague
			19	Haut vibration	Soulèvement d'arbre Les roulements sont défectueux	Perte de pression et dysfonctionnement de la pompe	2	1	2	4	Visuel	Contrôle générale de l'état de la pompe

Chapitre 4 : Etude de cas : « Pompe Alimentaire »

	Coupleur hydraulique	Transmettre de couple	20	Blocage de coupleur	L'écope bloquée	Vitesse irrégulière	2	3	2	12	Visuel	Déblochage de l'écope
			21	Fuite d'huile par joint d'accolement	Usure de joint	Le glissement augmente et la vitesse de sortie diminue	4	2	2	16	Visuel	Changement de joint
			22	Fuite d'huile par joint de coupleur hybride coté moteur	La surface de joint dégradée	Perte de vitesse et usure des pignons	4	1	2	8	Visuel	Changement de joint
			23	Etalonnage de l'indicateur position	Les pignons défectueux	Fonctionnement anormal	4	1	3	12	Visuel	Remplacement des pignons
					Manque de la tige de l'écope							
			24	Sifflement au niveau de coupleur	-Usure des engrenages -Manque de lubrification	Dysfonctionnement de coupleur	2	2	2	8	Visuel	Changement des engrenages
			25	Fuite d'huile importante par la sonde de vanne thermostatique	Usure de la soupape thermostatique	Bruit et fonctionnement irrégulier de coupleur	2	3	2	12	Visuel	Changement de soupape
			26	Bruit anormale au niveau de coupleur	-Le bec de la tuyauterie de graissage desserré - mauvaise contacte des 2 pignons (frottement adjacent)	Dysfonctionnement de coupleur	3	2	1	6	Visuel	Serrage de bec de la tuyauterie
			27	Décalage de transmetteur de position	Le transmetteur de position défectueux	Pas de transmission	4	1	3	12	Visuel	Changement de transmetteur
28	Alarme niveau d'huile bas affiché et niveau visuel normale	Capteur de niveau d'huile défectueux	Non détection de niveau d'huile	4	1	3	12	Visuel	Changement de capteur			

V-2.3. Interprétation des résultats de tableau AMDEC

D'après l'analyse du tableau (AMDEC) précédent, on remarque que la fréquence d'apparition et la détection des défaillances sont au-dessous de l'indice « 4 », ce qui nous ramène à dire ce qui suit :

- Pour la fréquence « F » : c'est une fréquence qui varie entre le niveau le très faible et le niveau moyen, donc il n'y a pas de fréquence forte.
- Pour la détection « D » : on n'est pas face à une détection impossible des défaillances, car celle-ci est soit évidente, possible ou improbable.
- Pour la gravité « G » : elle varie entre la gravité très faible et la gravité majeur, ce qui rend la gravité majeur qui peut provoquer des accidents de sécurité inexistantes.

v -3. Classification des modes de défaillances par leur criticité

Cette classification est faite pour répartir les composants du système selon leurs criticités en déterminant les seuils de criticité mentionnés dans l'échelle de criticité, en utilisant le logiciel de programmation MATLAB.

❖ *Algorithme*

Algorithme

Données : Ensemble de N composants, notés par A ;

Début

(1) Calculer la criticité;

(2) Affecter chaque composant à la classe

convenable selon les conditions d'appartenance ;

Fin

❖ *Résultat :*

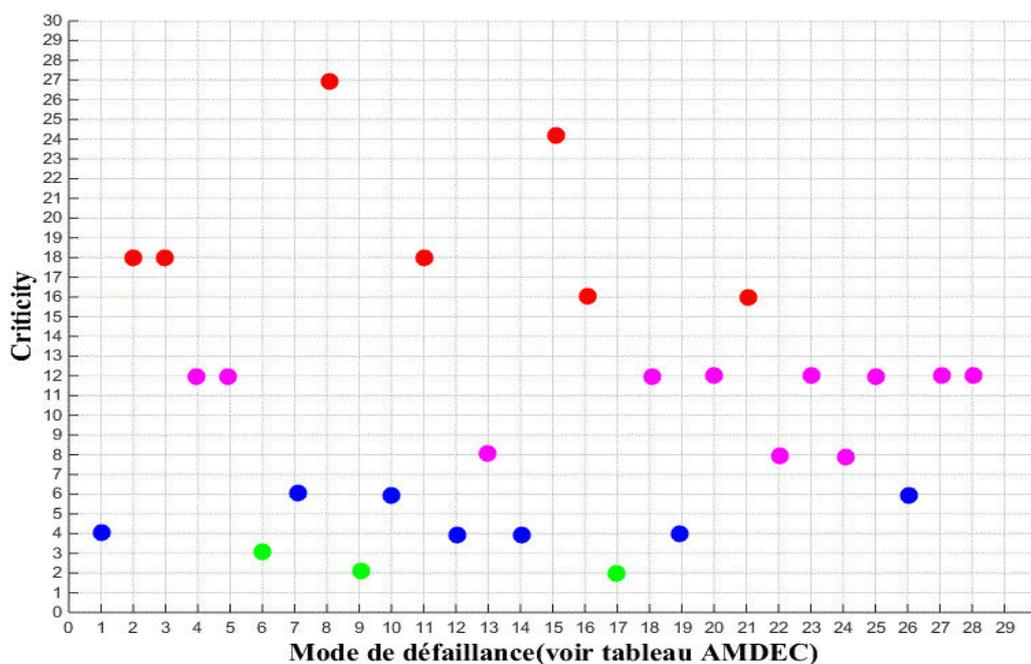


Figure VI.1. Résultats de la classification des MDDs.

❖ **Interprétation**

A partir de la classification des modes de défaillances selon leur criticité par logiciel MATLAB, on constate qu'il y a 4 classes :

- ✓ Première classe (couleur vert): représente **10.71%** des modes de défaillances qui ont une criticité $0 \leq C < 4$
- ✓ Deuxième classe (couleur bleu) : représente **25%** des modes de défaillances qui ont une criticité $4 \leq C < 8$
- ✓ Troisième classe (couleur rose): représente **39.29%** des modes de défaillances qui ont une criticité $8 \leq C < 16$
- ✓ Quatrième classe (couleur rouge) : représente **25%** des modes de défaillances qui ont une criticité $C \geq 16$

❖ **Représentation de Pourcentages des modes de défaillances de chaque classe**

Tab V.5. Pourcentages des modes des défaillances de chaque classe

Classe	1	2	3	4
Nombre des modes des défaillances	3	7	11	7
Pourcentages des modes des défaillances	10.71%	25%	39.29%	25%

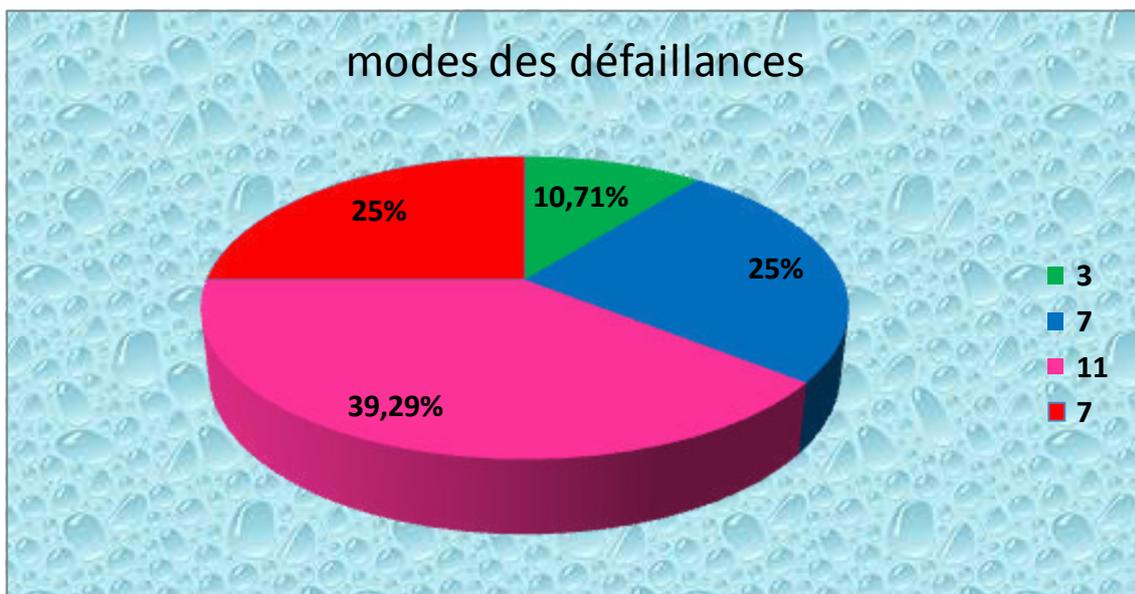


Fig V.2. Représentation de Pourcentages des modes de défaillances de chaque classe

On déduit qu'on a **25%** des modes de défaillances qui ont une criticité $C \geq 16$ donc sont les plus critiques car ils dépassent le seuil de criticité maximal $C_{max} = 16$. A partir de cette analyse on peut mettre l'accent sur les modes de défaillances les plus critique, qui vent être éventuellement présent en charge par le plan de la maintenance préventive. Ces modes de défaillances sont mentionnés dans le tableau suivant avec leur indice de criticité.

Tab V.6. Les défaillances les plus critiques.

N° de mode de défaillance (voir le tableau AMDEC)	Criticité
2	18
3	18
8	27
11	18
15	24
16	16
21	16

❖ Représentation graphique des défaillances les plus critiques

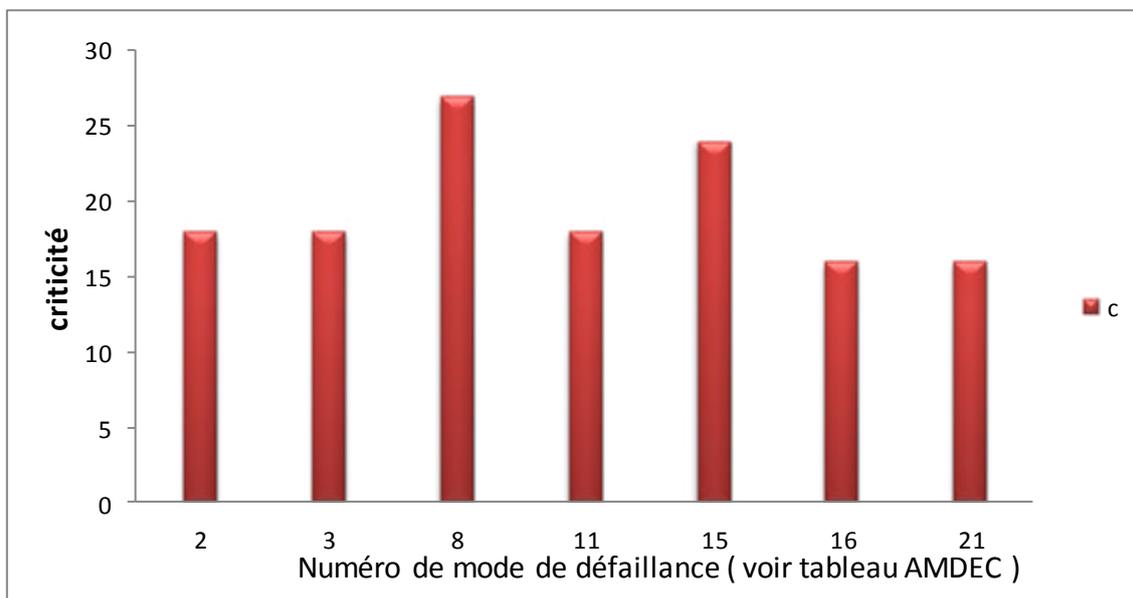


Fig V.3. Représentation de la criticité des modes des défaillances les plus critiques

V-4.Proposition d'un plan de maintenance préventive

Pour l'amélioration de la disponibilité de la machine, il faut concentrer les actions de maintenance sur les éléments critiques, pour réduire la criticité.

V -4.1.Définition du plan de maintenance

Selon la norme NF X 60-010, c'est « un document énonçant les modes opératoires, les ressources et la séquence des activités liées à la maintenance d'un bien ».

Ce document est établi dans une phase d'analyse et de conception de la maintenance à effectuer sur un matériel. Il rentre totalement dans une démarche de préparation et constitue souvent le cœur du dossier de préparation [11].

V-4.2.Objective de plan de maintenance

Les objectifs d'un plan de maintenance efficace sont les suivant [11] :

- Assurer réellement le niveau de la fiabilité de matériel.
- Rétablir les niveaux de sécurité et de fiabilité à leur valeur, lorsqu'une détérioration se produit.
- Se procurer les données permettant d'améliorer la définition des éléments dont la fiabilité intrinsèque s'avère insuffisante.
- Réaliser ses objectifs pour un coût total minimal, incluant les coûts relatifs à la maintenance ainsi que les coûts relatifs aux défaillances résiduelles.

V-4.3.Actions correctives :

Les actions correctives permettent de définir les mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques [11].

Une diminution de la criticité peut être obtenue :

- ✓ Par la mise en œuvre de modifications ou d'améliorations de la conception de l'installation.
- ✓ Par la mise en œuvre de dispositions organisationnelles concernant la maintenance ou la conduite de l'installation.

V-4.4.Suivi

Le suivi est un aspect fondamental pour le succès de la mise en œuvre de l'AMDEC. Il va permettre de vérifier que toutes les actions décidées ont été réalisées et que les nouvelles valeurs de criticité sont effectivement atteintes. Pour avoir une image de degré de confiance que l'on peut donner au moyen de production [11].

V-4.5.Le plan de maintenance préventive

Le tableau ci-dessous montre les différentes tâches de la maintenance proposer qui ont été réalisées à partir des préconisations du constructeur, du retour d'expérience et en ajustant les périodicités des interventions préventives [11].

Tab V. 7. Tableau du Plan de Maintenance Préventive de la Pompe Alimentaire

Projet de fin d'étude *** Master Mécatronique *** 2017/2018 *** FSI *** UMBB																	
Plan de Maintenance Préventive				Date d'Analyse Juin 2018		Système : La Pompe Alimentaire Entreprise : Centrale Électrique de Cap Djinet						Réaliser par : ZIANI Ahmed LEMOU Mourad Encadré par : CHABANE Ali					
N°= MdD	C	CI	AC	MP			DR	F						Exécutant	NM		
				MPS	MPC	AP		J	H	M	T	S	A			Autre	
1	4	2	Changement de joint de corps	X		Inspection de l'état du joint d'étanchéité et Amélioration de matière des joints	1h					x				T	3
2	18	4	Changement de joint de bride (coté aspiration)	X		Inspection de l'état du joint d'étanchéité	1h					x				T	3
				X	X	contrôle de serrage des raccords	30 m				x					T	2
3	18	3	Changement de joint de la bride de refoulement	X		Inspection de l'état du joint plat d'étanchéité	1h					x				T	3
				X		contrôle de serrage des raccords	30 m				x					T	2
4	12	3	Changement des tampons	X		Vérification de l'état des tampons d'accouplement	30 m					x				T	2
				X		Changement des tampons	1h						x			I+T	4
				X		Contrôle du bon fonctionnement de la pompe	25 m								x		T

5	12	3	Changement des roulements, et tampons d'accouplement	X		Vérification de serrage de béquille de la pompe	30 m					x				T	2	
				X		Vérification d'absence de bruit et de vibration	40 m	x									T	2
				X		Graissage des roulements	45 m							x			T	1
				X		Changement des roulements	2h										Chaque 2 an	T
6	3	1	Serrage de presse étoupe	X		Contrôle de serrage de presse étoupe	15 m		x							T	2	
				X		Vérification de débit	20 m	x									T	2
7	6	2	Réglage du débit d'eau de refroidissement de presse étoupe	X		Vérification d'absence de bruit, des fuites de graisse et d'échauffement anormaux	45 m	x								T	2	
				X		Vérification de l'arrivée d'huile au palier	25 m	x								T	2	
				X		Nettoyage de palier	90 m						x			T	2	
8	27	4	Déblocage de nanomètre	X		Inspection de l'état de nanomètre	25 m			x					I	2		
				X		Inspection et nettoyage des tubes de refroidissement et les canaux de ventilation	2h					x				T	2	
9	2	1	Serrage de boulon d'huile	X	X	Vérification de niveau d'huile	10 m	x								T	1	
				X		Vérification de serrage de boulon d'huile	10 m					x					T	2
10	6	2	Changement d'huile et nettoyage de filtre	X		Nettoyage du filtre	30 m					x			T	2		
				X		Changement de filtre	45 m						x			T	3	

Chapitre 4 : Etude de cas : « Pompe Alimentaire »

18	12	3	Confectionnée les bague	X		Vérification de l'étanchéité de la tuyauterie	20 m				x					T	2				
				X		Changement des bagues d'entretoise	25 m						x				I+T	3			
19	4	2	Contrôle générale de l'état de la pompe	X		Enlèvement de la veille Graisse des roulements et renouvellement par la nouvelle graisse	2h								x		T	2			
				X		Inspection de l'arbre	20 m						x				T	2			
				X		Analyse vibratoire de l'arbre	15 m					x					I	2			
20	12	3	Déblocage de l'écope	X		Inspection de l'écope	30 m										T	2			
				X		Contrôle de l'état des pignons et des roulements	1h									x		I+T	3		
21	16	4	Changement de joint d'accolement	X		Inspection de l'état du joint d'étanchéité	30 m										x	T	2		
				X		Contrôle de serrage des raccords	20 m						x					T	2		
22	8	3	Changement de joint de coupleur hybride	X		Inspection de l'état du joint d'étanchéité	30 m											x	T	2	
				X		contrôle de serrage des raccords	20 m										x		T	2	
23	12	3	Remplacement des pignons	X	X	Contrôle de degré d'usure des pignons.	40 m											x	T+I	3	
				X		Changement des pignons	90 m														Chaque 2 ans
24	8	3	Changement des engrenages	X		Changement des roulements	1h												Chaque 2 ans	T+I	3
				X		Enlèvement de la veille Graisse des roulements et renouvellement par de neveux graisse	2h														x

Chapitre 4 : Etude de cas : « Pompe Alimentaire »

25	12	3	Changement de la soupape thermostatique	X	Inspection de la soupape thermostatique	30 m				x			T	2
				X	Changement de la soupape thermostatique	1h						x		T
26	6	2	Serrage de bec de la tuyauterie	X	Vérification de serrage de bec la tuyauterie de graissage	20 m			x				T	2
				X	Graissage des pignons	40 m						x		T
27	12	3	Changement de transmetteur	X	Inspection d'alignement et de fixation d'accouplement	40 m			x				I	2
				X	Changement de bras de transmission	1h							Chaque 2 ans	T+I
28	12	3	Changement de capteur	X	Inspection et nettoyage de capteur	25 m				x			T	2
					Changement de capteur	30 m							Chaque 2 ans	T

N° Colonne	Désignation	Codification
1	Numéro du mode de défaillance (voir le tableau AMDEC)	• Numéro du mode de défaillance : N°=MdD
2	La Criticité	• Criticité: C
3	Classe de défaillance	• Classe: CI
4	Action corrective faite par l'entreprise	• Action Corrective : AC
5	Type de maintenance préventive et les Actions proposée	• Maintenance Préventive : MP • Maintenance Préventive Systématique : MPS • Maintenance Préventive Conditionnelle : MPC • Action Préventive : AP
6	La durée prévue de la réparation	• Durée de Réparation : DR
7	Intervalle de temps entre deux opérations (fréquence)	• fréquence : F • Jour : J • Semaine : H • mois : M

		<ul style="list-style-type: none">• trimestre : T• semestre : S• année : A
8	Exécutant	<ul style="list-style-type: none">• Ingénieur, Technicien ou personnel qualifié : I/T• Opérateur ou utilisateur de système : O
9	Le niveau de maintenance	<ul style="list-style-type: none">• Les cinq (5) niveaux : 1, 2, 3, 4 et 5

V-4.6. Interprétation des résultats de tableau du plan de maintenance

Le plan de maintenance préventive doit impérativement réduire le nombre des modes de défaillance et augmenter le temps de disponibilité de la pompe alimentaire. C'est dans cette optique, on espérant qu'il sera un apport pour son entretien et son bon fonctionnement.

V-5. Diagramme de GANTT

V-5.1. Définition de diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt, couramment utilisé en gestion de projet, est l'un des outils les plus efficaces pour représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (tâches) qui constituent un projet. La colonne de gauche du diagramme énumère toutes les tâches à effectuer, tandis que la ligne d'en-tête représente les unités de temps les plus adaptées au projet (jours, semaines, mois etc.). Chaque tâche est matérialisée par une barre horizontale, dont la position et la longueur représentent la date de début, la durée et la date de fin [12]. Ce diagramme permet donc de visualiser d'un seul coup d'œil :

- Les différentes tâches à envisager
- La date de début et la date de fin chaque tâche
- La durée escomptée de chaque tâche
- Le chevauchement éventuel des tâches, et la durée de ce chevauchement.
- La date de début et la date de fin du projet dans son ensemble.

V-5.2. Objectif de diagramme de GANTT

Le diagramme de GANTT permet de planifier le projet et de rendre plus simple le suivi de son avancement. Cette méthode visuelle est efficace lorsqu'il s'agit de lister une vingtaine de tâches. Au-delà, la lisibilité est compromise et il convient d'utiliser PERT [12].

V-5.3. Logiciels informatiques pour les diagrammes de Gantt

Il existe plusieurs logiciels pour réaliser un diagramme de GANTT, parmi ces logiciels on trouve [12]:

- Asta Powerproject
- Cutegantt
- GanttProject (logiciel libre)
- OpenProj (logiciel libre)
- Genius Planner inclus dans (Genius Project)
- **Microsoft Project**
- Planner Planner (logiciel libre)
- Smart Draw
- SodeaSoft Gnt Planning (logiciel propriétaire)
- VisualProjet

Parmi ces logiciels on a choisi de travailler avec Microsoft Project parce qu'il est le logiciel de gestion de projet le plus utilisé dans le monde (Utilisé par plus de 40 millions de chefs de projet), en plus il est le logiciel le plus simple et plus précis.

V-5.3.A. Définition de logiciel Microsoft Project

Microsoft Project (ou MS Project ou MSP) : est un logiciel de gestion de projets édité par Microsoft. Il permet aux chefs de projet et aux planificateurs de planifier et piloter les projets, de gérer les ressources et le budget, ainsi que d'analyser et communiquer les données des projets [12].

V-5.4. Mise en place d'un plan de maintenance préventive par le logiciel Microsoft Project

Le tableau suivant montre les différentes actions préventives et leurs représentations graphiques de notre plan de maintenance préventive durant une année.

V-6.CONCLUSION

L'application de la méthode AMDEC nous a permis de déduire les modes de défaillance les plus critiques et les classées par leurs indices de criticités.

Et à partir de cette étude on est arrivé à proposer un plan de maintenance préventive pour réduire la criticité d'un grand nombre de mode de défaillance critiques, qui passe inévitablement par une très bonne préparation des gammes de visites.



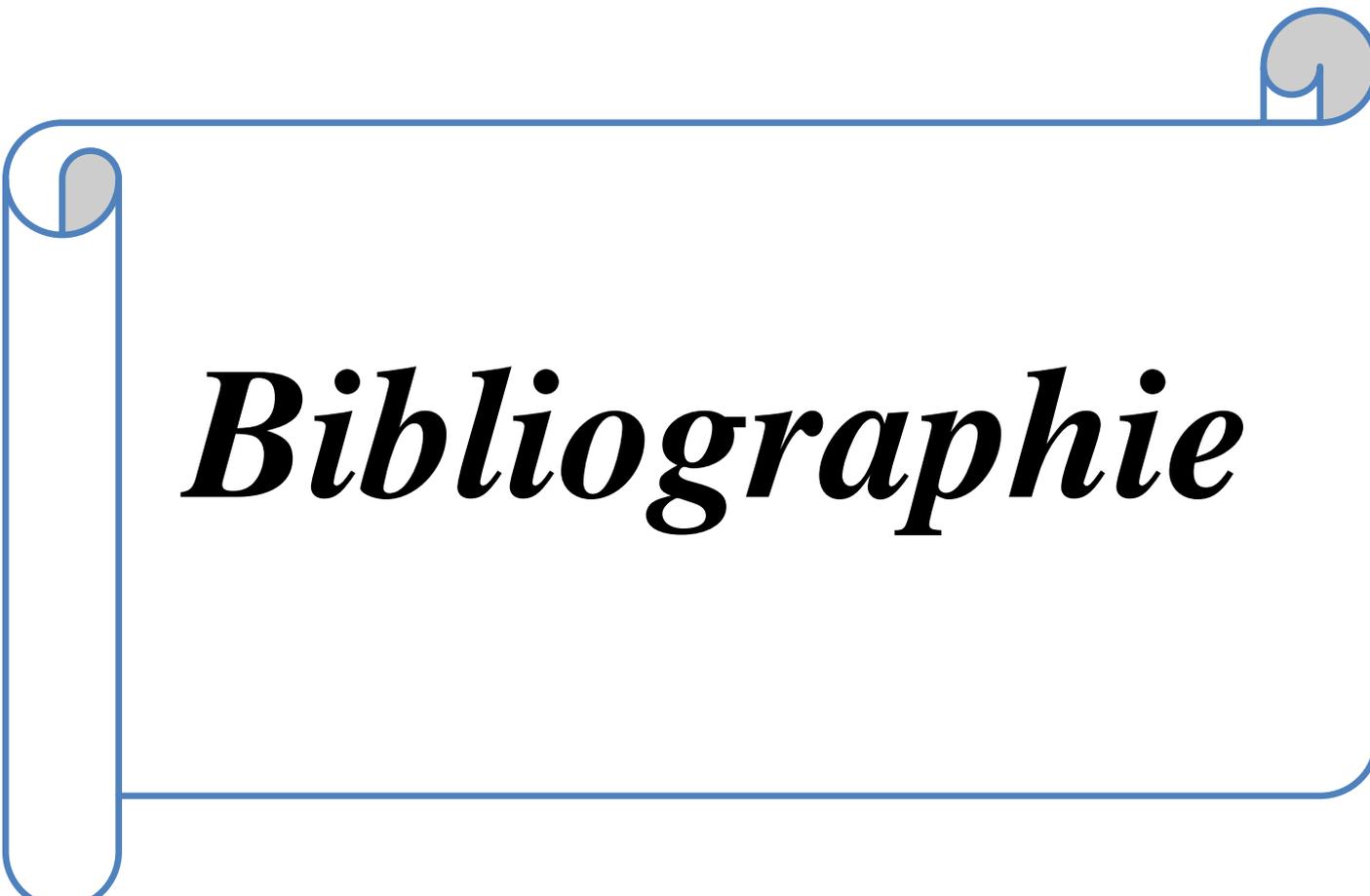
***Conclusion
Générale***

CONCLUSION GENERALE

Ce travail nous a permis de conclure que le système étudié nécessite un entretien durable et particulier vu leur grande importance dans la production de l'électricité. La méthode AMDEC suivie durant cette étude permet d'améliorer la planification et l'ordonnancement des actions de la maintenance. Cependant la consolidation et la mise en pratique des résultats de l'étude AMDEC, suivie dans ce travail, sont préconisées, sans quoi ce système sera de plus en plus critique. Cela nous laisse à recommander que le plan de la maintenance préventive proposé ici soit épaulé par d'autres études concernant les autres systèmes et organes composant la chaîne de production de cette entreprise.

Enfin, et comme dans chaque travail de mémoire, cette expérience passée dans une entreprise de production nous a permis de nous familiariser avec le milieu industriel. Cela nous a donné la chance pour valoriser et capitaliser nos connaissances théoriques acquises pendant notre cursus universitaire. Les défis et les obligations de l'industrie de nos jours font appel à un personnel qualifié, c'est pourquoi les promotions futures doivent s'armer avec un bagage scientifique et technique des plus approfondis.

Ce travail ouvre des perspectives de recherche intéressantes, en particulier au niveau de l'intégration de l'aspect économique du traitement des risques. La méthode d'Evaluation des Risques compte d'une part une analyse coût-bénéfice permettant d'identifier les solutions techniquement et économiquement optimales et d'autre part un test d'acceptabilité économique destiné à estimer les engagements financiers possibles, compte tenu de contingences matérielles et financières. Ainsi que de faire la même étude par le routeur d'expérience après une période, et aussi, l'application des autres méthodes de diagnostic comme l'Arbre de Défaillance, l'Analyse des Risque Préliminaire...etc.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] **LOUNIS Abderzzak & SECRAOI Ali** « Etude de la maintenance et de défaut d'usure de palier de la pompe d'alimentation eau de mer », mémoire de fin d'étude, I.N.S.F.P BORDJ EL BAHRI, 2010.
- [2] **JAVEL Georges**, Fonction de maintenance, FD X 60-000, mai 2002.
- [3] **DERMI. A**, Contribution à l'évaluation de la fiabilité d'un système mécatronique par modélisation fonctionnelle et dysfonctionnelle, thèse de doctorat, université d'ANGERS 2009
- [4] **ZWINGELSTEIN. G**, Diagnostique des défaillances (théorie et pratique pour les systèmes industriels), traité les nouvelles technologies – série diagnostique et maintenance, notion de risque, 30-53P.
- [5] **CHABANE. A**, Analyse fonctionnelle, cours du module Etudes industrielle et installation, ENST-Alger, 2017.
- [6] **EL MAKHFI Oussama et EL-ALLAM Toufik**, « Mise en place de la méthode AMDEC dans la chaîne de production », mémoire de fin d'étude Faculté des Sciences et Techniques de Fès, promotion 2015.
- [7] **KELADA Joseph**, L'AMDEC, école des hautes études commerciales, 2009.
- [8] **JEAN-MARC Gallaire**, « les outils de la performance industrielle », Edition d'organisation, 2006.
- [9] **GERRAD Landy**, Introduction à la maintenance, ISET Nabeul, p 79, 2012.
- [10] **Historique d'entreprise**, la centrale électrique de cap Djinet, 1983
- [11] **LIAURENS Jérémy**, « mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique », thèse de doctorat, 2001.

Résumé

La centrale électrique de cap-Djinet a reconnais de temps à autres des problèmes qui pénalisent leur fonctionnement et limitent leur production. Parfois ces problèmes sont compliqués et difficile a les détecter. Apres avoir entamé en visite avec l'équipe de maintenance a l'intérieure de l'installation, et suite à une petite enquête sur l'historiques des opérations effectuer on a constaté que la pompe alimentaire était l'équipement qui reconnait plus d'interventions et le plus grand temps d'arrêt, ce qui nous a amené à choisir cette équipement comme un sujet d'étude. Ce travail consiste essentiellement d'analysé l'ensemble des dysfonctionnements qui peuvent nuire à la continuité de fonctionnement de cet équipement.

Tout d'abord, nous avons défini cet équipement ainsi que les organes essentiels qui le constitue, en suite on a étudié son fonctionnement par la démarche d'analyse fonctionnelle. Enfin on a appliqué la méthode AMDEC sur ce dernier. Ce qui nous a permis de comprendre l'origine des modes de défaillance et les classées selon leurs criticités. Afin d'élaborer et proposer un plan de maintenance préventive qui doit impérativement réduire le nombre des défaillances et augmenter le temps de la disponibilité de cet équipement.

Mots clés : dysfonctionnement, analyse, visite, intervention, fonctionnement, AMDEC, étude, défaillance, criticités, disponibilité.

ملخص

لقد أدركت محطة توليد الكهرباء في كاب جنات من وقت لآخر عدة مشاكل التي تعرقل عملياتها وتحد من إنتاجها. في بعض الأحيان تكون هذه المشاكل معقدة ويصعب اكتشافها. بعد قيامنا بزيارة مع فريق الصيانة داخل المحطة ، و إلقاء نظرة على تاريخ عمليات الصيانة ، تبين أن مضخة الماء العنصر الذي تعرض للكثير من عمليات الصيانة . و الذي له أكبر فترة توقف ، مما أدى بنا إلى اختياره كموضوع للدراسة. حيث يعتمد هذا العمل أساسًا على تحليل جميع الأعطال التي قد تؤثر على استمرارية عمل هذا العنصر، حيث قمنا بتعريف هذا المضخة وكذلك الأجهزة الأساسية التي تشكلها، وبعد ذلك درسنا نظام عملها من خلال نهج. وأخيرا ، تم تطبيق طريقة¹AMDEC التحليل الوظيفي. الذي سمح لنا بتحديد أصل أنماط الفشل وتصنيفها وفي الأخير لتطوير واقتراح خطة الصيانة الوقائية التي تمكن من تقليل عدد حالات الفشل بشكل ملاحظ ويزيد من مردود هذه المضخة.

الكلمات المفتاحية: AMDEC، الدراسة ، الفشل ، الحرج ، التوافر ، التدخل ، التشغيل ، العطل ، التحليل ، الزيارة .

Abstract

The cap-Djinet power station has recognized from time to time problems that penalize their operation and limit their production. Sometimes these problems are complicated and difficult to detect. After initiating a visit with the maintenance team inside the facility, and following a brief investigation of the history of operations, it was found that the food pump was the equipment that recognizes more interventions. and the biggest downtime, which led us to choose this equipment as a subject of study. This work consists essentially of analyzing all the malfunctions that may affect the continuity of operation of this equipment.

First of all, we have defined this equipment as well as the essential organs that constitute it; afterwards we studied its functioning by the functional analysis approach. Finally, the AMDEC method was applied to the latter. This allowed us to understand the origin of the modes of failure and classified according to their criticalities. To develop and propose a preventive maintenance plan that must imperatively reduce the number of failures and increase the time of availability of this equipment.

Key words: malfunction, analysis, visit, intervention, operation, FMEA, study, failure, criticalities, availability.
