

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



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

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

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

THEME

**PROPOSITION D'UN PLAN DE MAINTENANCE
PREVENTIVE POUR LA POMPE ALIMENTAIRE AU
NIVEAU DE LA NOUVELLE CENTRALE DE CAP
DJINET**

Présenté par :

Promoteur : Dr. S. ALEM

➤ **HAMADOU MOHAMED ADLEN**

Promotion 2021- 2022

Résumé :

La maintenance est l'ensemble des actions qui permettent de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé, dans l'industrie nous avons toujours besoin d'un service de maintenance afin de garantir le bon fonctionnement des équipements industriels, ce qui impliquera la continuité du service offert par l'entreprise. De plus, la maintenance a évolué au fil du temps, mais elle n'est toujours pas suffisante car la technologie avance et de nouvelles défaillances sont apparues. Dans notre étude nous avons fait une analyse fonctionnelle et dysfonctionnelle (AMDEC) d'une pompe alimentaire de la centrale électrique Cap Djinat 2 afin de trouver les meilleures actions correctives et préventives tout en faisant un plan de maintenance, ceci afin d'obtenir une meilleure fiabilité du système.

ملخص:

الصيانة هي مجموعة الإجراءات التي تسمح بالحفاظ على الأصل أو استعادته في حالة معينة أو قدرة على تقديم خدمة معينة: في الصناعة، نحتاج دائماً إلى خدمة صيانة لضمان الأداء السليم للمعدات الصناعية، والتي ستشمل الاستمرارية من الخدمة التي تقدمها الشركة. بالإضافة إلى ذلك، تطورت الصيانة بمرور الوقت، لكنها لا تزال غير كافية بسبب التقدم التكنولوجي وظهور حالات فشل جديدة. في دراستنا، أجرينا تحليلاً وظيفياً واختلالاً وظيفياً (FMECA) لمضخة طعام لمحطة توليد الطاقة Cap Djinat 2 من أجل العثور على أفضل الإجراءات التصحيحية والوقائية أثناء عمل خطة الصيانة، وذلك من أجل الحصول على موثوقية أفضل للنظام.

Summary:

Maintenance is the set of actions that allow maintaining or restoring an asset in a specific state or able to provide a specific service: In the industry we always need a maintenance service to ensure the proper functioning of industrial equipment, which will involve the continuity of service offered by the company. In addition, maintenance has evolved over time, but it is still not enough because technology advances and new failures have appeared. In our study, we have made a functional and dysfunctional analysis (FMECA) of a food pump of the Cap Djinat 2 power plant in order to find the best corrective and preventive actions while making a maintenance plan, this in order to obtain a better reliability of the system.

Remerciements

Il est toujours délicat de remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à cet achèvement que représente l'aboutissement d'un travail de mémoire. Je vais 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 gratitudes à Dr : **ALEM Saïd** qui ma a été attentif et qui nous a orientés avec ses conseils précieux.*

*Sans oublier également de remercier Mr. **CHALIL Sadek** mon encadreur au sein de la Centrale Electrique de Cap-Djinet pour son 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 »

Hamadou Mohamed Adlen .

Dédicaces

*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 « paix à son âme » " 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 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 MMizo.

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

Hamadou Mohamed Adlen

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Présentation de la nouvelle centrale de Cap Djinet 2	4
I.1. Introduction	4
I.2. Présentation des différents ouvrages de la centrale RDJ2	5
I.2.1. Le système d'admission d'air	5
I.2.2. Le compresseur	5
I.2.3. La turbine à gaz	6
I.2.4. Le diffuseur	7
I.2.5. La chaudière de récupération :	7
I.2.6. L'alternateur	9
I.2.7. La turbine à vapeur	10
I.2.8. Le condenseur	11
I.2.9. Les auxiliaires de la centrale	12
I.3. Fonctionnement d'une unité de production d'électricité à RDJ2	12
I.3.1. Les différentes transformations énergétiques	15
I.4. Conclusion	15
Chapitre 2 : Description du système étudié	17
II.1. Introduction	17
II.2. Critères de conception du système	17
II.3. Description des composants	18
II.3.1. Corps intérieur	19
II.3.2. Corps extérieur	19
II.3.3. Roues	19
II.3.4. Arbre de pompe	20
II.3.5. Bague d'usure (Bague d'usure de corps et inter-douille)	20
II.3.6. Dispositif d'équilibrage	20
II.3.7. Boîte à garniture	20
II.3.8. Palier (Palier lisse du type bague et palier de butée	20
II.3.9. Accouplement	21
II.3.10. Système d'huile de lubrification	21
II.3.11. Contrôle, mesures et sécurité	22
II.3.12. Vanne de régulation automatique de recirculation (ARC)	23

II.4. Conclusion.....	23
CHAPITRE 3 : Analyse fonctionnelle de la pompe alimentaire	25
III.1. Analyse fonctionnelle	25
III.1.1. Définition	25
III.1.2. Le but de l'analyse	25
III.1.3. Les Fonctions	26
III.1.4. L'analyse fonctionnelle externe	26
III.1.5. Analyse fonctionnelle interne	30
III.2. Conclusion :	37
CHPITRE 4 : Analyse dysfonctionnelle de la pompe alimentaire	39
IV.I. Introduction	39
IV.2. L'analyse dysfonctionnelle	39
IV.2.1. L'arbre de défaillances	39
IV.2.2. L'analyse AMDEC	41
Conclusion générale.....	58
Bibliographie	60

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Ligne d'arbre.....	4
Figure I.2. Filtre d'admission d'air	5
Figure I.3. La turbine à gaz.....	6
Figure I.4. Diffuseur de la turbine.....	7
Figure I.5. Chaudière de récupération.....	9
Figure I.6. Caractéristique de l'alternateur	9
Figure I.7. L'alternateur.....	10
Figure I.8. Turbine à vapeur.....	11
Figure I.9. Condenseur	11
Figure I.10. Les différentes transformations énergétiques	15
Figure III.1. Le diagramme de Bête à cornes	27
Figure III.2. Le diagramme de Bête à cornes sur la pompe alimentaire	27
Figure III.3. Le diagramme de pieuvre.....	29
Figure III.4. L'application du diagramme de pieuvre sur la pompe alimentaire.	29
Figure III.5. Principe du diagramme F.A.S.T.....	31
Figure III.6. Diagramme FAST	32
Figure III.7. Application du diagramme FAST sur la pompe alimentaire	33
Figure III.8. Niveau A-0 de la méthode SADT	35
Figure III.9. Niveau A-0 de la pompe alimentaire	37
Figure III.10. Niveau A0 de la pompe alimentaire	37
Figure IV. 1. Application de l'arbre de défaillance sur la pompe alimentaire.....	41
Figure IV. 2. Mode de défaillance.....	43
Figure IV.3. La démarche AMDEC	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1. Spécifications détaillées des paramètres de la pompe à eau d'alimentation de la chaudière.....	17
Tableau II.2. Paramètres du système d'huile de lubrification.....	21
Tableau IV.1. Définition et cotation de la gravité des effets de la défaillance.....	51
Tableau IV.2. Désignation et cotation de la fréquence d'apparition des défaillances.....	51
Tableau IV.3. Définition et cotation probabilité de la non- perception de l'existence d'une Défaillance.....	52
Tableau IV.4. Grille de la criticité de cotation de la criticité.....	53
Tableau IV.5. AMDEC de la pompe alimentaire de la nouvelle centrale.....	54
Tableau IV.6. Plan de Maintenance Préventive de la Pompe Alimentaire.....	56

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale

La production de l'énergie électrique consiste en différentes chaînes énergétiques qui s'effectuent dans des sites industriels appelés centrales électriques :

L'industrie de production de l'énergie électrique est l'une des industries les plus répandues 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.

Faces 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 son environnement. C'est pourquoi, on a vu la nécessité d'améliorer le travail de 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 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 et corrective basé sur la classification des modes des défaillances de pompe alimentaire de centrale électrique de Cap Djinet 2 on applique la méthode AMDEC.

Le premier chapitre de cette étude s'intéresse à la présentation et fonctionnement de la centrale Cqp Djinet 2.

Le deuxième chapitre étudie s'intéresse Description du système étudié :

Le troisième chapitre, Analyse fonctionnelle de la pompe alimentaire 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.

Dans le quatrième chapitre on a appliqué la méthode AMDEC sur notre système. Ce qui nous a permis d'élaborer de proposer un plan de maintenance préventive qui doit impérativement réduire le nombre des défaillances.

CHAPITRE 1

Chapitre 1 : Présentation de la nouvelle centrale de Cap Djinet 2

I.1. Introduction

La centrale thermique a cycle combine comprend une turbine à gaz, une turbine à vapeur, un alternateur, un transformateur, et d'une chaudière de récupération sans post- combustion avec les équipements et installations auxiliaires nécessaires.

Les composants essentiels d'une unité de productions électricité :

- Group turbocompresseur ;
- Compresseur ;
- Turbine à gaz ;
- Chambre de combustion ;
- Turbine ;
- Chambre de récupération ;
- Générateur ;
- Turbine à vapeur ;
- Corps HP ;
- Corps IP ;
- Corps BP ;
- Condenseur ;
- Auxiliaires : [station (dessalement, déminé, électro-chloration, compresseur d'air, production H2, anti incendie, diesel de secoure, traitement des eaux et des fluides, poste gaz)].

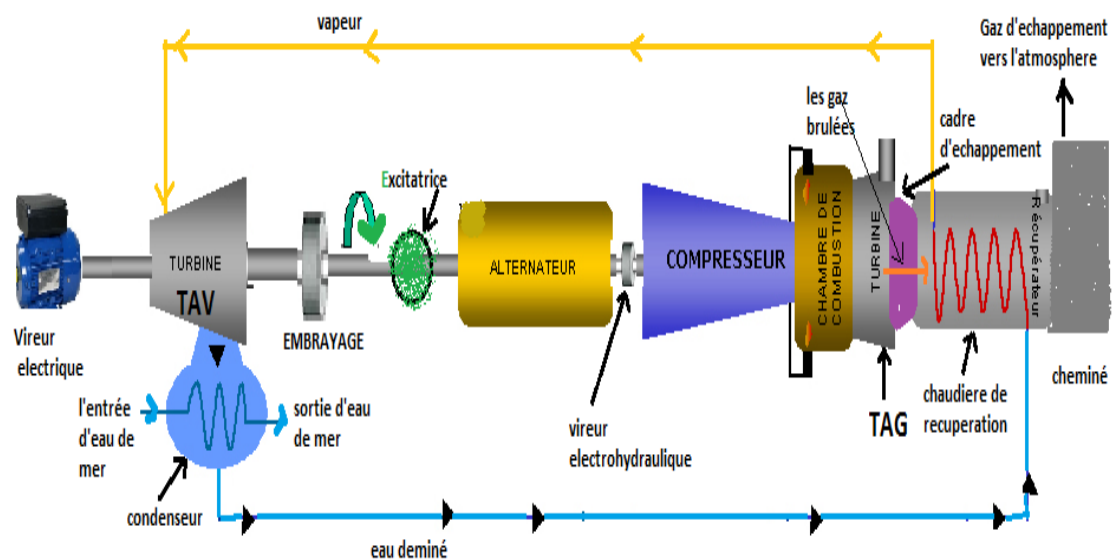


Figure I.1. Ligne d'arbre

1.2. Présentation des différents ouvrages de la centrale RDJ2

I.2.1. Le système d'admission d'air

Le système d'admission d'air 50MBL est conçu pour fournir au compresseur de la turbine à gaz 50MBA l'air comburant requis. Pendant le fonctionnement, le compresseur aspire l'air ambiant par l'intermédiaire du compartiment de filtration. (Figure I.2).

Ce dernier comprend :

- Des capots de protection contre les intempéries ;
- Des écrans aviaires ;
- Un séparateur de gouttelettes ;
- Un système antigivre ;
- Un filtre coalescer ;
- Des filtres autonettoyants ;
- Des filtres fins ;
- De portes d'implosion ;
- Et d'un clapet d'arrêt.

L'air entre dans le compartiment de filtration par trois côtés, l'air d'admission passe par un silencieux 50MBL20 BS001 destiné à supprimer le bruit.



Figure I.2. Filtre d'admission d'air

I.2.2. Le compresseur

Le compresseur sera du type axial. Il sera conçu pour fonctionner à un rendement maximum aux conditions de service normales sans incidences sur la limite de pompage (instabilité aérodynamique).

Le compresseur sera pourvu de dispositifs de décharge en nombre suffisant pour permettre un fonctionnement sûr pendant les conditions transitoires. Le compresseur sera équipé d'ailettes

de guidage de façon à transformer au maximum les turbulences à la sortie en pression statique. A la sortie du compresseur un diffuseur avec rendement optimum est prévu.

Chambre de combustion :

- Type : chambre annulaire ;
- Nombre des brûleurs : 24 ;
- Nombre de dispositif d'allumage un brûleur.

Elle est équipée de deux systèmes d'allumages :

- Diffusion ;
- Pré-mélange.

La chambre de combustion est dimensionnée de telle façon à supporter les condition extrême (critique) de température et pression. Cette combustion transforme l'énergie chimique en énergie mécanique.

I.2.3. La turbine à gaz

Les turbines à gaz à chambre de combustion annulaire de Siemens PG sont des machines sur un seul arbre et à un seul corps. Elles sont destinées à l'entraînement d'alternateurs tournant à vitesse constante dans des centrales couvrant les charges de base, les charges partielles et les charges de pointe. Elles peuvent être utilisées dans les installations à cycle combiné gaz-vapeur et leurs nombreuses variantes. Elles se prêtent au fonctionnement avec des combustibles aussi bien gazeux que liquides.

La turbine est constituée de :

- Turbin a 4 étages ;
- Les aubes fixes (stator) ;
- Les aubes mobiles (rotor) et Des soutirages.... ext.

Le flux des gaz chaud est dirigé à travers le diffuseur vers la chaudière de récupération (Figure I.3).

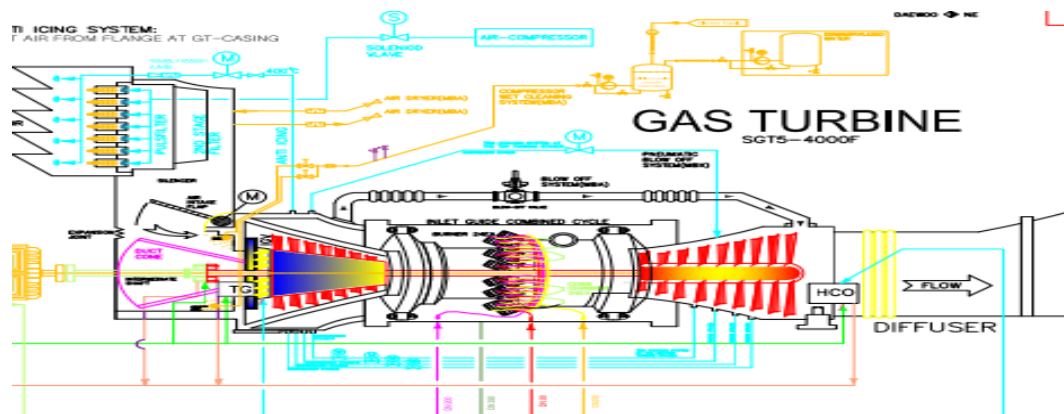


Figure I.3. La turbine à gaz

I.2.4. Le diffuseur

Le diffuseur (Circuit des fumées) (Figure I.4) :

Les gaz d'échappements seront conduits vers les chaudières de récupération.

La fonction de ce circuit est d'alimenter la chaudière de récupération en fumées de combustion afin de produire de la vapeur et de les fumées à l'atmosphère. Le système d'échappement des gaz de combustion comprend :

- Des gaines ;
- Des joints d'expansion ;
- Et les raccords nécessaires à la mesure des pertes de charge aux brides à la sortie de la turbine.



Figure I.4. Diffuseur de la turbine

I.2.5. La chaudière de récupération :

La chaudière de récupération sera sans postcombustion à trois niveaux de pression de vapeur avec resurchauffe et un préchauffage du condensat en vue de produire de la vapeur surchauffée HP, de la vapeur surchauffée IP ainsi que de la vapeur surchauffée BP pour une récupération maximale de la chaleur des gaz de combustion. La chaudière de récupération sera en état de fonctionner avec la turbine à vapeur dans n'importe quelle condition de charge/débit, conformément aux paramètres de démarrage et arrêt tout comme aux variations de charge/débit rapide (Figure I.5).

La chaudière de récupération sera mise au point pour qu'on puisse effectuer le réglage automatique et la commande à distance de la salle de commande. Les chaudières de récupération seront de type à circulation naturelle et à disposition horizontale.

Les composants de la HRSG :

- Un évaporateur MP muni du ballon MP ;
- Un surchauffeur BP ;
- Un économiseur d'eau d'alimentation HP2 ;
- Un économiseur d'eau d'alimentation HP3 ;
- Un évaporateur HP muni du ballon HP ;
- Un surchauffeur MP ;
- Un surchauffeur HP1 ;
- Un resurchauffeur RH 1 ;
- Un resurchauffeur RH 2 ;
- Un surchauffeur HP2 ;
- Un économiseur d'eau d'alimentation HP1.

En plus, la chaudière de récupération comprendra les suivants composants principaux qui constituent l'équipement : Tous les tubes et l'équipement de circulation.

Deux vannes d'arrêt de la vapeur principale HP, PI et BP et deux clapet anti retour, Soupapes principales de contrôle de l'eau d'alimentation pour le circuit de pression.

Système de purge en continu et intermittent pour le circuit de pression y compris tubes, soupapes, récipient de purge et purgeurs. Une cheminée d'échappement pour la chaudière de récupération munie de plate-forme d'accès, échelles, structures de soutien...etc.

D'amortisseurs et témoins lumineux s'il le faut.

Un ensemble d'instruments pour un constant monitoring antipollution en ligne des émissions.

Système de contrôle pour les températures finales de la vapeur HP et RH ainsi que pour les niveaux de l'eau dans les cylindres et les flux de la vapeur déchargée par l'étage HP de la turbine vers la chaudière de récupération. Instruments, locaux et à distance, dans la salle de commande centrale, Raccords, soupapes et accessoires.

Système d'échappement des gaz de la turbine à gaz avec canalisations, joints de dilatation, portes d'entrée, dispositifs de sécurité, atténuateur de bruit (si nécessaire), isolation et placage, et raccordement à la chaudière de récupération.

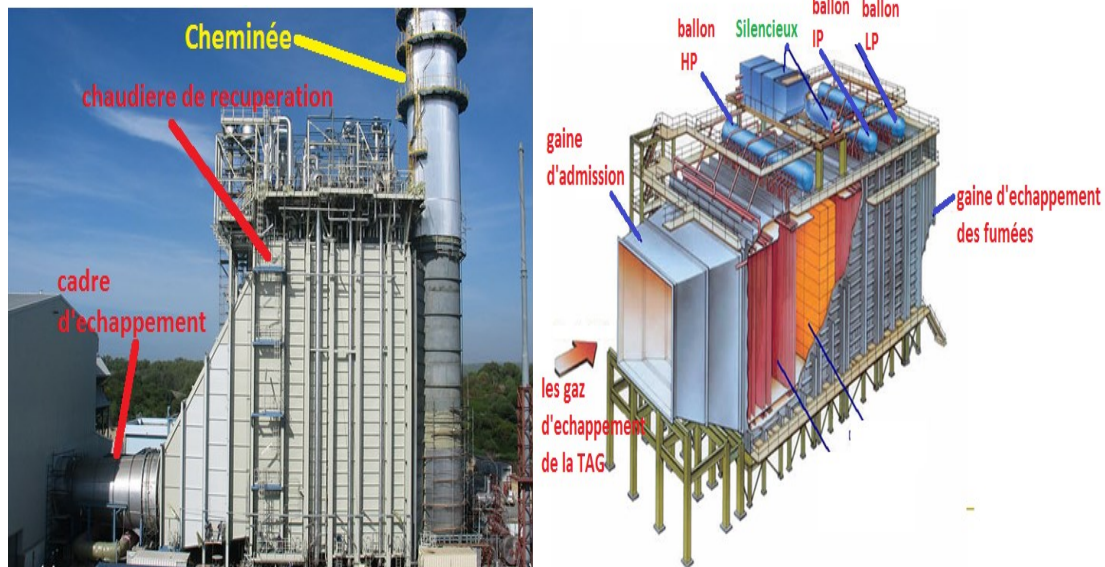


Figure I.5. Chaudière de récupération

I.2.6. L'alternateur

L'alternateur est pour but de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique est aussi agir comme un moteur de lancement pour le démarrage de la turbine à gaz (Figure I.7), (SFC) système. Pour le refroidissement en utilise de l'hydrogène.

Les caractéristiques de l'alternateur sur la figure suivante :

SIEMENS

Alternateur à c.a.

Refroidissement à l'hydrogène

DPPPG-60011471



Code	N° de série	Année de construction	Phases	Enroulement	Norme
SGEN5-2000H	12930	2014	3~	YY	IEC
Puissance assignée	Facteur de puissance	Tension statorique	Courant statorique	Tension d'excitation	Courant d'excitation
431 MVA	0,9	22kV ± 5%	11311 A	351 V	2786 A
Temp. d'admission d'eau	Temp. du gaz froid	Limite d'échauffement stator	Limite d'échauffement rotor	Classe d'isolant du stator	Classe d'isolant du rotor
34 °C	44 °C	conforme à IEC 60034-1	conforme à IEC 60034-1	F	F
Pression H2	Altitude	Temp. ambiante maxi.	Temp. ambiante mini.	Temp. maxi. de l'eau	Temp. eau stator
5 bar (g)	5 m	49 °C	5 °C	34 °C	non applicable
Service	Fréquence	Rotation	Sens de rotation coté excitatrice	Ordre des phases	Protection
S1	50 Hz	3000 min ⁻¹	antihoraire	U V W (EE End)	IP65
Manuel	Masse				
MK	394 000 kg				

Figure I.6. Caractéristique de l'alternateur

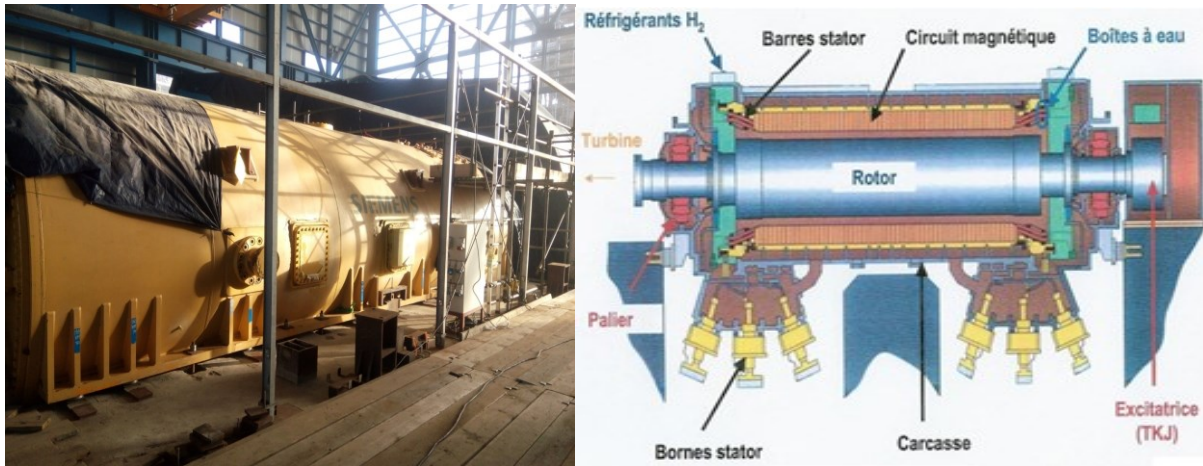


Figure I.7. L'alternateur

I.2.7. La turbine à vapeur

La turbine à vapeur sert à transformer l'énergie calorifique en énergie mécanique elle a de type à condensation a trois niveaux de vapeur. (HP, IP, BP) (Figure I.8).

La turbine à vapeur comprendra les éléments suivants de façon non limitative :

- La turbine vapeur (HP, IP, BP) ;
- Les vannes d'arrêt et de réglage ;
- Le système d'alimentation et de récupération de la vapeur des garnitures d'étanchéité avec ventilateur des buées et condenseur des buées y compris les régulations internes ;
- Les organes de réglage de la vitesse et de la charge ;
- Les organes de sécurité ;
- Le système de commande des organes précités ;
- Le système de graissage, de réglage et le système de réfrigération de l'huile ;
- Système de TV d'huile de commande et de système de refroidissement de l'huile (ST control oil system and oil cooling system) ;
- Les robinets et vannes motorisées de purge et de vidange ;
- Les tuyauteries d'huile du système d'alimentation des paliers, des organes de réglage de vitesse et de la charge, des organes de sécurité ;
- Les boulons, les écrous et les joints sur les brides limites ;
- Les capteurs et les appareils transmetteurs de mesure ;
- Les vannes d'arrêt seront munies de fins de course avec transmission en salle de commande de leurs positions respectives ;
- Le système de virage :

La turbine à vapeur sera munie d'une ou plusieurs soupapes d'échappement rapide et d'urgence pour isoler la turbine du flux de vapeur. Cette soupape sera également utilisée pour contrôler la vitesse lors du démarrage.

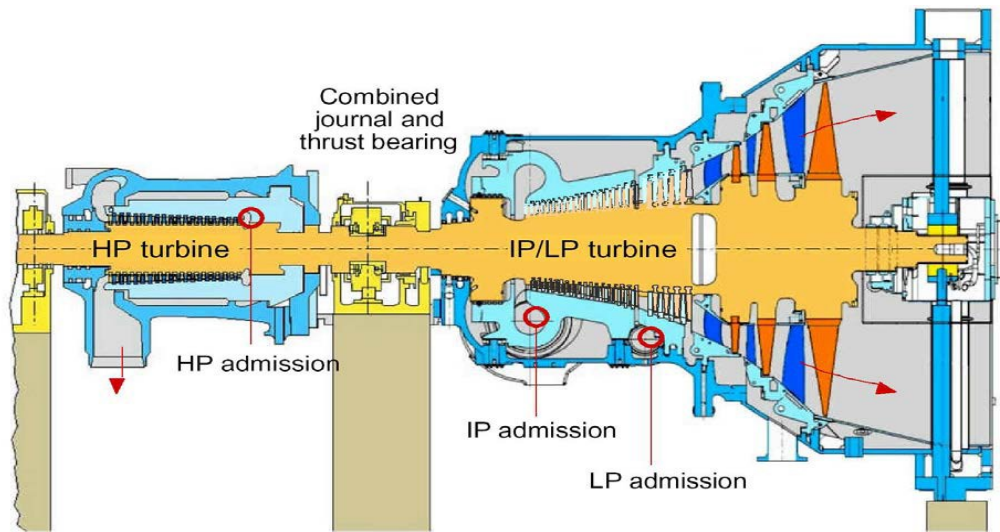


Figure I.8. Turbine à vapeur

I.2.8. Le condenseur

Le condenseur à surface se compose d'une caisse, d'une seule pression, de deux passages, d'un échappement axial, d'une boîte à eau divisée et d'une caisse rectangulaire. La boîte à eau est divisée et contient 10,602 m² de la surface de condensation (Figure I.9).

La vapeur provenant de la turbine à basse pression s'évacue dans la caisse à travers l'ouverture d'évacuation située sur le côté de la caisse du condenseur. Puis la vapeur s'écoule à travers le passage du réfrigérant aux faisceaux de tubes situés dans la caisse de la transition.

Chaque faisceau de tubes est conçu pour permettre une bonne circulation de la vapeur autour du faisceau et pour fournir une bonne pénétration dans le faisceau, où la vapeur est condensée et désaérée.



Figure I.9. Condenseur

I.2.9. Les auxiliaires de la centrale

Dont le but d'avoir un bon fonctionnement, la centrale est disposée de Plusieurs ouvrage auxiliaires telle que :

- Station de Pompage ;
- Unité de Dessalement ;
- Unité de Déminéralisation ;
- Unité d'Electro-chloration ;
- Unité anti incendie ;
- Skid Compresseurs ;
- Skid Diesel de secours ;
- Station Mousse ;
- Skid Hydrogène ;
- Dosage chimique ;
- Système de démarrage alternateur SFC et SEE.

I.3. Fonctionnement d'une unité de production d'électricité à RDJ2

Le compresseur des turbines à gaz aspire l'air ambiant à travers un filtre à air d'admission, le comprime et l'alimente au système de combustion. Le gaz combustible est introduit dans le système de combustion et est brûlé avec de l'air comprimé. Le gaz de combustion comprimé chaud qui en résulte s'écoule dans la turbine. Le gaz se dilate et entraîne la turbine à gaz. La puissance mécanique générée dans la turbine entraîne l'alternateur et le compresseur. La sortie du générateur est connectée par un transformateur élévateur de générateur et des barres omnibus au réseau.

Le gaz combustible est chauffé dans un réchauffeur de bain-marie au moyen d'un contrôleur de température local pour maintenir au-dessus de la température du point de rosée. Le gaz combustible est finalement préchauffé par le réchauffeur d'efficacité GT par l'alimentation en eau fournie par l'économiseur HRSG IP. L'eau d'alimentation quittant le préchauffeur de gaz combustible est mélangée avec le flux de condensat avant d'entrer dans le préchauffeur de condensat.

- Le gaz de combustion qui sort de la turbine à gaz est à haute température et transporte beaucoup d'énergie thermique. Cette énergie thermique d'échappement GT est utilisée pour produire de la vapeur dans un HRSG horizontal à triple pression.

- La vapeur générée est alimentée à différentes étapes de la turbine à vapeur (HP / IP / LP).

La vapeur d'échappement de turbine LP, la vapeur d'étanchéité, les drains de turbine et / ou la vapeur de dérivation HP/LP sont condensés dans un condenseur à surface de vapeur. L'eau d'appoint DM est également apportée au condenseur. Les condensats sont évacués par des pompes d'extraction de condensat vers le système de préchauffage des condensats (économiseur LP) et vers plusieurs consommables STG via les échangeurs et refroidisseurs de l'éjecteur d'air à vapeur (SJAÉ) et du condensateur de vapeur du presse-étoupes (GSC). Le dégazeur est intégré au ballon de vapeur à basse pression (LP).

Les pompes d'alimentation HRSG doivent aspirer depuis le ballon de vapeur LP et fournir l'eau d'alimentation au circuit haute pression (HP) et, par une purge intermédiaire, au circuit de pression intermédiaire (IP).

La vapeur du tambour à vapeur HP circule à travers la surchauffeur et va vers la turbine à vapeur HP (ST). La vapeur prélevée de la décharge HP ST retourne au HRSG, où elle est mélangée avec la vapeur surchauffée IP puis, en passant par le réchauffeur (RH), retournera à l'IP ST. Enfin, la vapeur prélevée de la décharge IP ST va directement à LP ST ; La vapeur de LP SH provenant du HRSG est admise dans la décharge IP ST ou dans la transition. La vapeur déchargée de LP ST est envoyée au condenseur de surface de vapeur.

L'eau de mer est amenée à l'intérieur de l'usine à travers quatre (4) tuyaux d'admission de diamètre 2 300mm. Le tuyau d'admission est relié à un puisard d'admission d'eau de mer commun. Il y a sept (7) numéros de chambres de pompe. Six (6) nos. Des chambres de pompe sont utilisées pour six (6) nos. Des pompes à eau en circulation et la septième chambre est utilisée pour installer deux (2) nos. Des pompes d'alimentation de l'usine de dessalement.

La pompe à eau de circulation permettrait de pomper l'eau de mer vers le condenseur. Après avoir extrait la chaleur du condenseur, trois (3) collecteurs indépendants sont amenés du condenseur de chaque unité et connectés à un bassin de siphon unitaire. Depuis le bassin du siphon, l'eau est envoyée à la mer par un canal unitaire.

Les pompes d'alimentation de l'usine de dessalement transfèrent l'eau brute à l'usine de dessalement. L'eau dessalée doit être stockée dans des réservoirs de stockage d'eau dessalée et doit être transférée vers divers consommateurs (eau potable, eau de service, alimentation d'usine DM, etc.) par l'intermédiaire de systèmes de pompage respectifs.

L'usine de déminéralisation produit l'eau déminéralisée à partir de l'eau dessalée en utilisant des échangeurs d'ions à lit mélangé qui seront ensuite stockés dans des réservoirs de stockage

d'eau DM et transférés vers divers consommateurs par des pompes de transfert DM. Le gaz naturel est reçu des conduites de gaz....

Le système d'alimentation et de conditionnement de gaz combustible (gaz naturel) fournit du gaz naturel à un certain niveau de propreté, de pression et de température pour répondre aux critères de fonctionnement et de conception du principal utilisateur de gaz naturel (Turbine à gaz / GT). Ce processus est nécessaire pour s'assurer que les aérosols, la condensation d'eau libre et les particules solides ne seront pas présents dans les systèmes de transmission ou de distribution de gaz aux principaux utilisateurs. Le combustible est reçu du camion-citerne par des pompes de déchargement de combustible et stocké dans le réservoir puis livré à chaque turbine à gaz au moyen de pompes d'acheminement de combustible.

Le générateur sera capable d'évacuer la puissance de la sortie turbine (turbine à gaz + turbine à vapeur) à laquelle il est raccordé sans dépasser la limite de température admissible. Un (1) modèle SGen5-2000H de Siemens est fourni pour chaque module CCPP ;

Les caractéristiques générales de l'alternateur sont les suivantes ;

- Cote MVA - 431 MVA ;
- Tension nominale en kV - 22 kV ;
- Fréquence en Hz - 50 Hz ;
- Facteur de puissance - 0.9 ;
- Type de refroidissement - Refroidi à l'hydrogène.

I.3.1. Les différentes transformations énergétiques

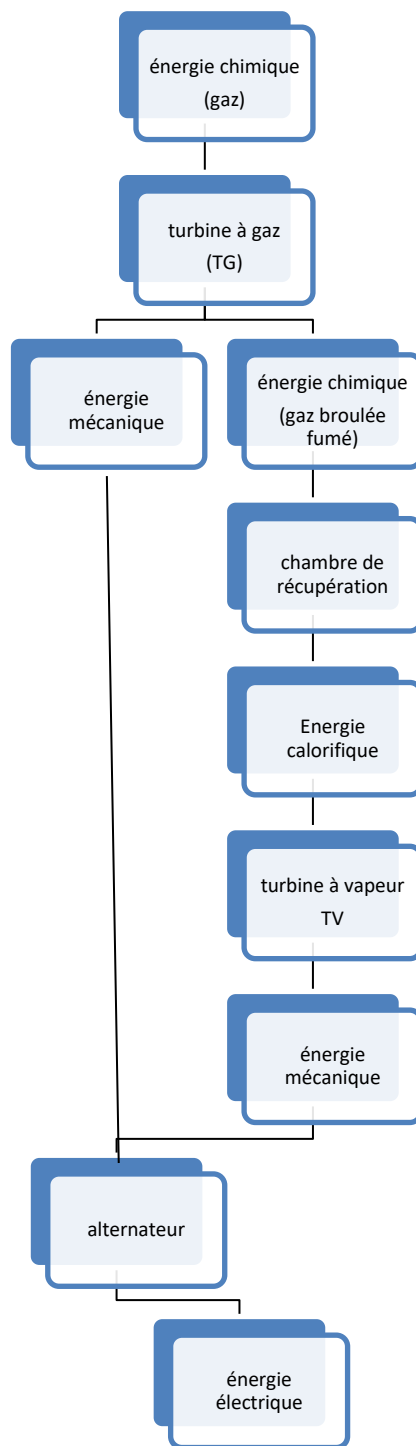


Figure I.10. Les différentes transformations énergétiques

I.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la nouvelle centrale électrique de Cap Djinet 2, et le principe de fonctionnement de ses différents équipements.

CHAPITRE 2

Chapitre 2 : Description du système étudié

II.1. Introduction

Le présent document a pour but de décrire le concept de base du design et la description technique des pompes à eau d'alimentation de la chaudière. Ces pompes à eau d'alimentation de la chaudière doivent être utilisées pour alimenter l'eau sous pression du dégazeur à la chaudière de récupération de chaleur (HRSG).

II.2. Critères de conception du système

Le débit maximum des pompes à eau d'alimentation de la chaudière sera choisi pour le maximum des deux cas suivants :

- Débit à puissance maximum + 1,5 % purge de la chaudière à la pression du timbre quand une soupape de sécurité est totalement ouverte, à une fréquence de 48 Hz.
- Débit à puissance maximale + 1,5 % purge de la chaudière et 10 % rattrapages du niveau du ballon, à la pression de service de la pompe alimentaire et à une fréquence de 48 Hz.

Les groupes d'alimentations devront résister aux variations brutales de la température de l'eau. De même ils devront résister au moins une minute à la pleine cavitation.

La spécification détaillée des pompes à Eau d'Alimentation de la Chaudière est comme suit :

Tableau II.1. Spécifications détaillées des paramètres de la pompe à eau d'alimentation de la chaudière

Spécification	Pompes à eau d'alimentation de la chaudière
Nombre de pompe	6
Type d'entraînement	Moteur
Condition de liquide, Tempé.	Eau d'alimentation, 156.7°C
Débit (m3/h) (HP / PI)	30 / 125
Hauteur manométrique (m) (HP / PI)	1,685 / 575

Hauteur manométrique à débit nul (m)	2022
Rendement pompe (%)	74
Vitesse (rpm)	2.977
Puissance de la chaudière (kW)	2.104
NPSH-requis (m)	10
Puissance de régime moteur (kW)	2.400
Fréquence (Hz)	50
Limite de bruit (dB)	85 (avec capot d'insonorisation)
Limite de vibration (um, p-p)	50

Les pompes d'alimentation devront répondre aux exigences suivantes :

- Equipement de marque connue et éprouvée, bonnes références.
- Grande robustesse.
- Absence de cavitation à tous les régimes de fonctionnement.
- Vibration conformément aux garanties.
- Construction et matériau qui assurent un fonctionnement de 6000 heures par an au minimum.
- Entretien aisé et réduit.
- Grande robustesse des garnitures mécaniques.
- Faibles pertes d'eau d'alimentation.
- Inspection, nettoyage et entretien aisés.
- Les pompes d'alimentation seront du type BARREL à étages multiples et seront pourvues d'un système de préchauffage si le fournisseur l'exige.

II.3. Description de ses composants

La pompe est de type centrifuge horizontal radialement divisé à multi-étages et à type Barrel, et adopte le disque d'équilibrage ainsi que la construction à multi-volutes pour équilibrer la poussée axiale et radiale. Le corps peut être divisé verticalement. Le corps d'aspiration, celui de purge et celui de refoulement possèdent leur propre tuyère. C'est la caractéristique de la pompe dont la hauteur manométrique totale peut

être simplement changée en augmentant ou réduisant le nombre des corps intermédiaires.

Le châssis de distributeur est prévu près de l'axe de la pompe, et a une rigidité de support importante pour diminuer le désordre du centrage dû à la force de tuyauterie et à la dilatation thermique. Les parties de raccordement de l'arbre, des chemises d'arbre et des anneaux sont accomplis avec haute précision, et les tolérances de leurs dimensions adéquates sont maintenues faibles pour l'entretien facile.

II.3.1. Corps intérieur

Les corps sont faits en acier moulé inoxydable (N° P-6 selon ASME SEC.VIII Div.1) et leurs surfaces correspondantes de la division verticale du corps sont finies avec super précision pour que l'air ou l'eau ne puissent pas fuir entre leurs surfaces correspondantes.

Les corps d'aspiration, intermédiaire et de refoulement sont serrés dans un corps de pompe en sécurité avec des boulons et des écrous.

II.3.2. Corps extérieur

Le corps extérieur et le couvercle sont en acier au carbone forgé. Le joint d'étanchéité inséré entre le corps extérieur et le couvercle de corps est serré avec des goujons et écrous lourds.

Les faces de joint d'étanchéité sont recouvertes avec l'acier inoxydable de 18% Cr-8% Ni afin de les protéger contre la corrosion et l'érosion dues à la fuite. Le corps extérieur est soutenu par les pieds à chaque côté le long de l'axe horizontale.

Pour fournir le jeu minimal pour la dilatation thermique longitudinale, le corps est goujonné aux deux pieds situés au côté découplage alors que deux pieds situés au côté du couvercle ont les trous lâches.

II.3.3. Roues

Les roues sont faites en fonte de précision de l'acier inoxydable coulé à haute résistance avec précision (A743 CA6NM), et fabriqué à haute précision dimensionnelle. Leurs surfaces intérieures sont particulièrement meulées pour obtenir la surface fine. Également leurs surfaces d'alésage sont finies à l'ajustement avec jeu de haute précision et elles sont fixées à l'arbre avec des clés et des anneaux brisés.

II.3.4. Arbre de pompe

L'arbre de pompe est fait en acier inoxydable trempé (A276 410) et devra être doté des garnitures mécaniques d'étanchéité aux positions de pénétration à travers le couvercle de corps. Il est tourné et meulé dans toutes les surfaces pour obtenir les dimensions exactes.

II.3.5. Bague d'usure (Bague d'usure de corps et inter-douille)

Les bagues d'usure sont fixées à la surface maintien de bague du corps au moyen des vis de pression.

Les inter-douilles sont fixées à la surface maintien de bague de l'aube de guidage au moyen des vis de pression.

II.3.6. Dispositif d'équilibrage

La poussée hydraulique axiale totale causée par les roues est équilibrée par le disque d'équilibrage prévu dans le corps de refoulement et par le palier de butée du type Kingsbury contenu dans le logement de roulement du bout d'arbre.

La partie du disque d'équilibrage est faite en acier inox et a une dureté différente de celle de l'assise d'équilibrage pour empêcher l'usure et le grippage avec l'assise d'équilibrage.

II.3.7. Boîte à garniture

Deux boîtes à garniture sont sous la pression d'aspiration.

Cela est accompli en purgeant en retour le débit de fuite au dispositif d'équilibrage jusqu'au côté d'aspiration. Les joints d'arbre sont les garnitures mécaniques d'étanchéité.

II.3.8. Palier (Palier lisse du type bague et palier de butée)

Les paliers radiaux sont de la conception du type à demi-coussinets, renforcés en acier carbone, garnis d'antifriction, et équipés au bout d'arbre et aux côtés d'accouplement. Ces paliers sont usinés et grattés partout à la main pour atteindre la surface de palier parfaite.

Le palier de butée est le type de patin pivot à double effet (type de Kingsbury) et a une capacité suffisante pour supporter la poussée hydraulique axiale dans les deux directions.

Le ressort à disques est localisé en avant du palier de butée en vue d'assurer le jeu entre le disque d'équilibrage et l'assise pendant le démarrage et l'arrêt.

Les logements de roulement sont usinés à partir du fer de fonte et peuvent être fendus horizontalement pour le démontage et l'inspection facile.

Tous les paliers sont lubrifiés par la force avec l'huile de lubrification alimentée par le système d'huile de lubrification sous pression.

II.3.9. Accouplement

L'accouplement est un type de disque flexible non lubrifiant pour l'entretien simple.

II.3.10. Système d'huile de lubrification

L'ensemble du groupe sera lubrifié au moyen de 2 groupes :

- Une pompe à hélice, entraînée par l'arbre primaire du coupleur (côté moteur électrique).
- Une électro-pompe (intervenant au démarrage et à l'arrêt de la pompe d'alimentation)

Tableau II.2. Paramètres du système d'huile de lubrification

Description	Quant./pompe	Remarque
Réservoir d'huile de lubrification	1	Capacité : 350L Pression : 2barg
Indicateur de niveau du réservoir d'huile	1	
Transmetteur de niveau du réservoir d'huile	1	
Pompe à huile principale (Pompe à hélice)	1	Débit : 75LPM Tête : 16m
pompe à huile auxiliaire et moteur (Électro-pompe)	1	Débit : 75LPM Tête : 16m NPSHr : Au-dessous 4m
Manomètre d'alimentation d'huile	1	
Refroidisseur d'huile	1	

		Efficacité (Pdehors/Pdans) : 95.8% Micron : 140
Filtre duplex	1	
Manomètre de sortie de l'eau de refroidissement	1	
Indicateur de température de sortie de l'eau de refroidissement	1	
Contacteur débit-métrique de l'eau de refroidissement	1	
PDIS pour filtre duplex	1	
Indicateur de température	2	
Soupape de sûreté à pression	1	
Manomètre	1	
Transmetteur de pression	3	

※ Seuil de bruit : Au-dessous 85dB (1 mètre de l'appareil)

II.3.11. Contrôle, mesures et sécurité

Les groupes d'alimentation seront équipés de tout l'appareillage permettant le contrôle et la mesure des paramètres de fonctionnement et assurant la sécurité des pompes.

Le Fournisseur remettra un schéma sur lequel apparaîtront tous les appareils de contrôle, mesure et sécurité.

Pour chaque appareil le Fournisseur indiquera :

- Nature du capteur (thermomètre-thermocouple etc....)
- Mesure locale ou transmission en salle de commande
- Simple lecture ou enregistrement

Les sécurités suivantes sont prévues, la liste n'étant pas limitative :\

- Pression basse huile de lubrification
- Manque de pression fluide moteur
- Manque d'huile de lubrification
- Manque d'eau au réfrigérant d'huile
- Manque d'eau au réfrigérant de la pompe

- Contrôle température sortie eau de refroidissement corps pompe
- Indicateur et alarme niveaux bac huile
- Vibrations hautes aux paliers du groupe motopompe
- Mesure de l'usure de la butée

II.3.12. Vanne de régulation automatique de recirculation (ARC)

Les vannes de régulation automatique de recirculation sont une forme conventionnelle de protection de pompe. Pendant le fonctionnement de pompe, le débit est mesuré sans interruption, les résultats sont transmis à l'unité de commande. Si le débit minimum requis de la pompe n'est pas maintenu, l'unité de commande ouvre la vanne de régulation et permet le flux nécessaire de l'équipement (par eau d'alimentation de chaudière). La destruction de la pompe par la cavitation ou le surchauffage est évitée.

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une description du système étudié, à savoir la pompe à eau et le principe de fonctionnement de ses différents composants.

CHAPITRE 3

CHAPITRE 3 : Analyse fonctionnelle de la pompe alimentaire

III.1. Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle permet d'utiliser ou d'améliorer ou de créer un produit. Elle est la base de l'établissement du cahier des charges fonctionnel. Selon qu'on s'intéresse aux fonctions de service ou qu'on s'intéresse aux fonctions techniques, on parle, alors, d'analyse fonctionnelle externe ou interne [3].

III.1.1. Définition

L'analyse fonctionnelle est une technique de rationalisation de la création et recherche, ordonner, caractériser, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un produit. Elle est utilisée dans les premières phases d'un projet pour créer ou améliorer un produit. Elle se présente le plus souvent sous forme de graphe ou diagramme d'analyse. [3].

Cette démarche consiste à analyser un produit en l'examinant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur afin de porter une attention particulière aux actions entre ses différents éléments et l'environnement [3].

III.1.2. Le but de l'analyse

L'analyse fonctionnelle s'utilise pour concevoir des produits nouveaux et reconcevoir des produits dans le but de [3] :

- 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.1.3. Les Fonctions

Une fonction est l'action d'un élément constitutif d'un système exprimé 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 [3].

Fonction de service : fonction attendue d'un produit pour répondre à un besoin ou un élément du besoin de l'utilisateur. On distingue deux types de fonction de service [3] : Les fonctions principales (fonctions d'usage ou d'estime) et les fonctions de contraintes.

➤ 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 [3].

➤ 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 [3].

➤ Fonction technique

Fonction interne au produit nécessaire aux solutions retenues pour assurer les fonctions de service [3].

Fonction technique principale ou élémentaire : permet de remplir une fonction d'usage, de rendre un service attendu.[3].

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

La réalisation d'une analyse fonctionnelle se déroule en deux principales étapes qui sont l'analyse fonctionnelle externe et l'analyse fonctionnelle interne [3] :

III.1.4. L'analyse fonctionnelle externe

Elle décrit le point de vue de l'utilisateur et ne s'intéresse au produit qu'en tant que "boîte noire" capable de fournir des services dans son environnement durant son cycle d'utilisation [3].

➤ Finalité d'un produit

Pour répondre au besoin, on définit l'action d'un système en termes de sa finalité, c'est à dire en termes de ses fonctions qui rendent service à l'utilisateur. A ce stade, on ne parle pas donc des solutions techniques [3].

➤ **Recherche et formulation du besoin**

Le plus souvent, on utilise les 2 outils ou représentations normalisés suivantes [3] :

- Le diagramme de la "Bête à cornes";
- L 'Actigramme de la fonction globale.

➤ **Diagramme "Bête à cornes"**

Pour énoncer le besoin fondamental d'un produit, on utilise l'outil ou diagramme de "bête à cornes", qui pose 3 questions fondamentales suivant [3] :

- A qui le produit rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?

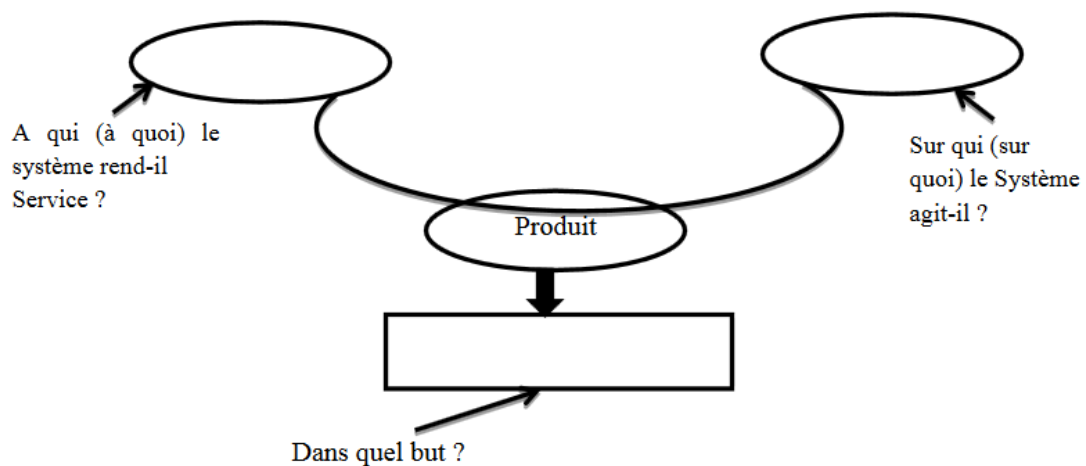


Figure III.1. Le diagramme de Bête à cornes

L'application du diagramme de Bête à cornes sur la pompe alimentaire est présentée dans la figure suivante [3] :

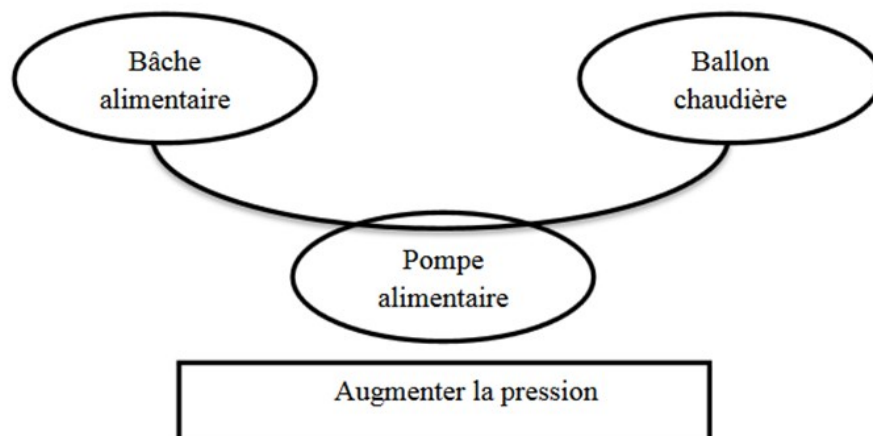


Figure III.2. Le diagramme de Bête à cornes sur la pompe alimentaire

➤ 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

Le diagramme pieuvre ou graphe des interactions est un schéma qui représente la relation entre un produit/service et son environnement. C'est un outil d'analyse utilisé dans le cadre de la méthode APTE (Application aux Techniques d'Entreprise). Le diagramme pieuvre permet de représenter les fonctions de service d'un produit. C'est-à-dire qu'il permet de voir quelles sont les fonctions essentielles et secondaires d'un produit et comment ces fonctions réagissent avec le milieu extérieur. Il est utilisé lors de l'analyse fonctionnelle. L'analyse fonctionnelle a pour but de créer ou d'améliorer un produit. Cela permet de connaître toutes les caractéristiques de l'objet et de déterminer ce qui le limite. Le diagramme pieuvre un excellent outil de représentation graphique de cette analyse fonctionnelle, il permet de rendre une partie du cahier des charges plus visuel et plus simple.

Dans ce diagramme pieuvre, le produit/service est au centre et les éléments du milieu extérieur sont autour. Des lignes relient les différents éléments en fonction de leurs rôles.

➤ Méthodologie de recherche des fonctions

La méthode de recherche des fonctions proposée est simple repose sur les principes suivants : [3]

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 [3].

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 [3].

Chaque fois qu'un élément du milieu extérieur exerce une action sur le système, il y a une fonction de contrainte [3].

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

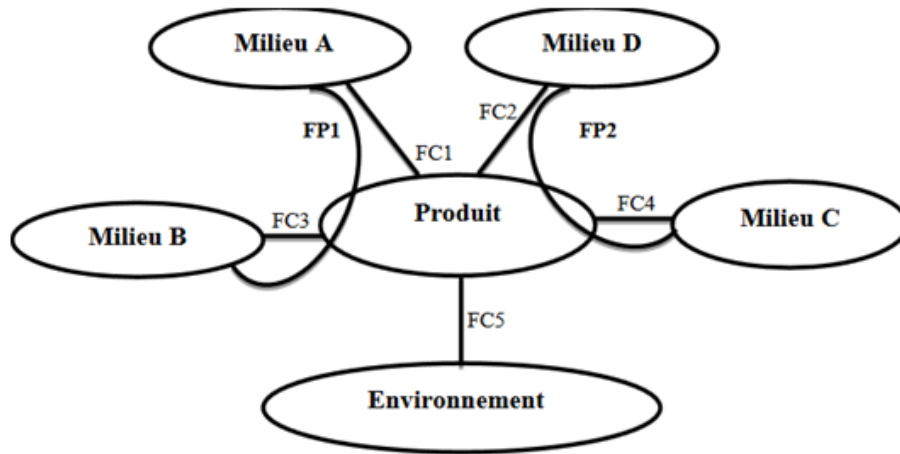


Figure III.3. Le diagramme de pieuvre

L'ensemble de toutes les fonctions de services sont résumées dans le tableau suivant [3] :

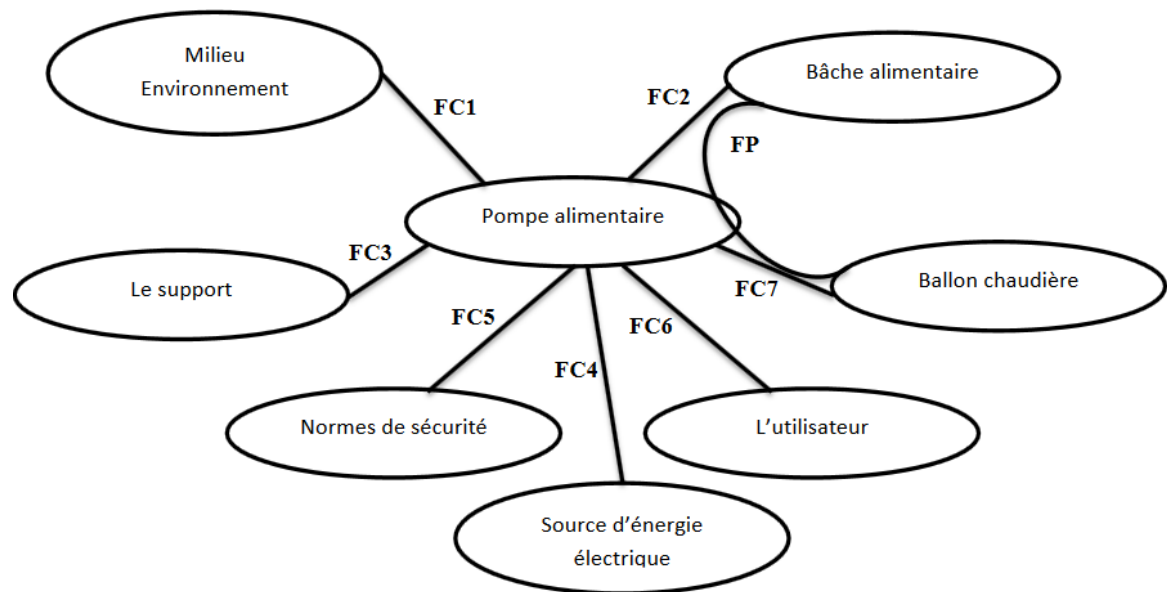


Figure III.4. L'application du diagramme de pieuvre sur la pompe alimentaire.

Résultats :

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 »

La rédaction du CdCF : On doit retrouver dans le CdCF toutes les étapes de la démarche décrite dans la partie d'AFE [3].

➤ **Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) [5]**

1. Identification des phases de vie du produit
2. Pour chaque phase de vie [3]:
 - 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 [3].

III.1.5. 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 [3].

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 [3].

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

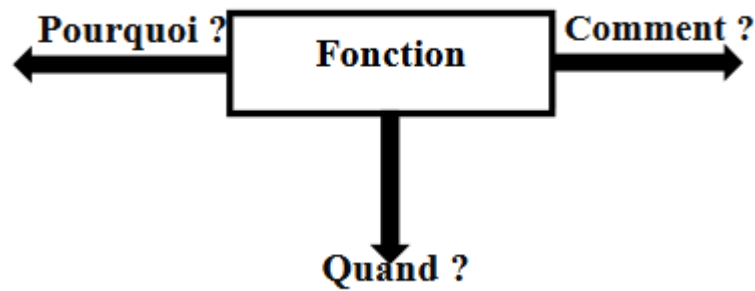


Figure III.5. Principe du diagramme F.A.S.T

- ✓ **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 [3].
- ✓ **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 [3].
- ✓ **Quand** : cette fonction doit-elle être assurée ? Recherche des simultanités, qui sont alors représentées verticalement [3].

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 [3].

La figure suivante représente un modèle de diagramme de FAST

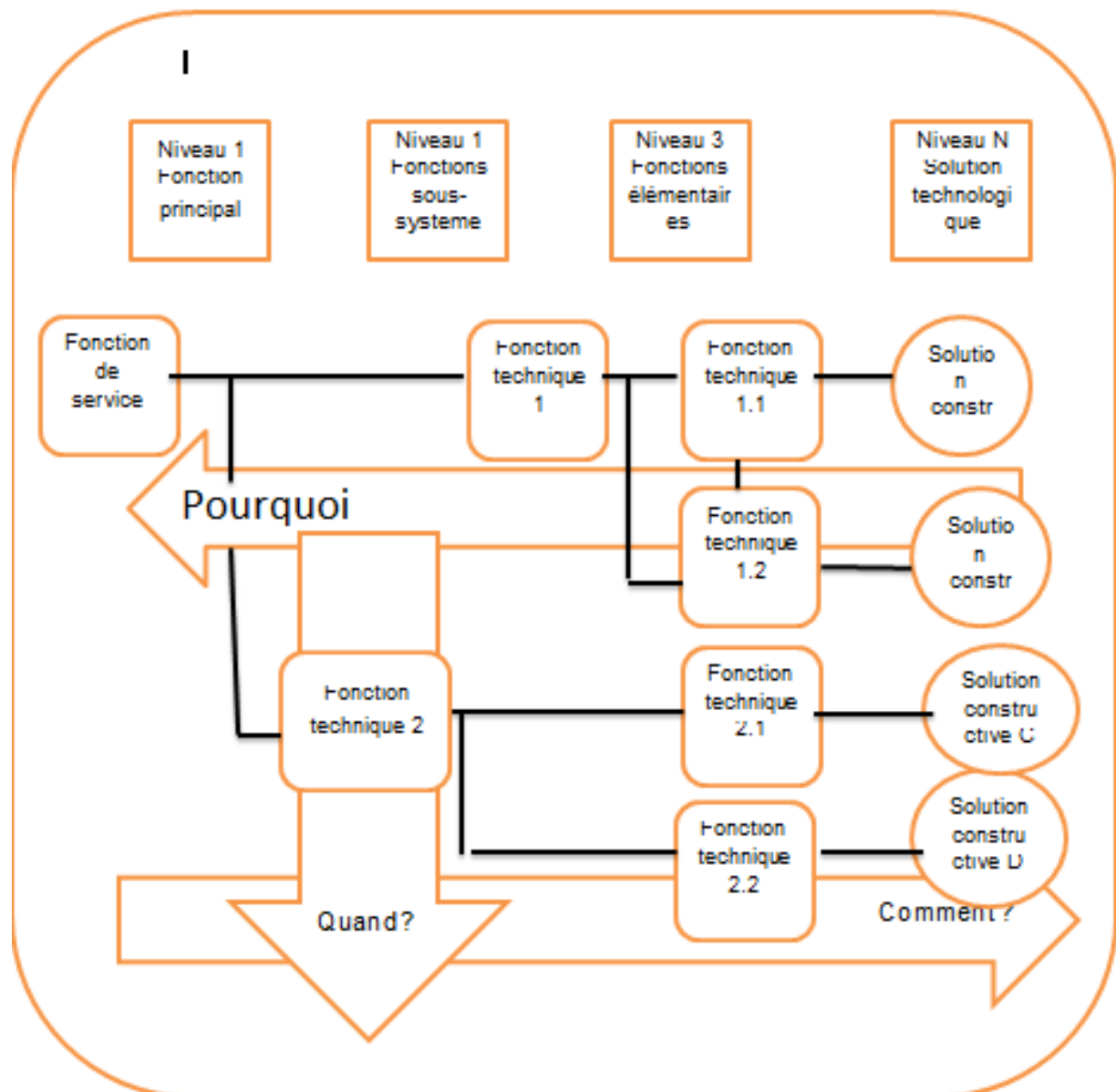


Figure III.6. Diagramme FAST

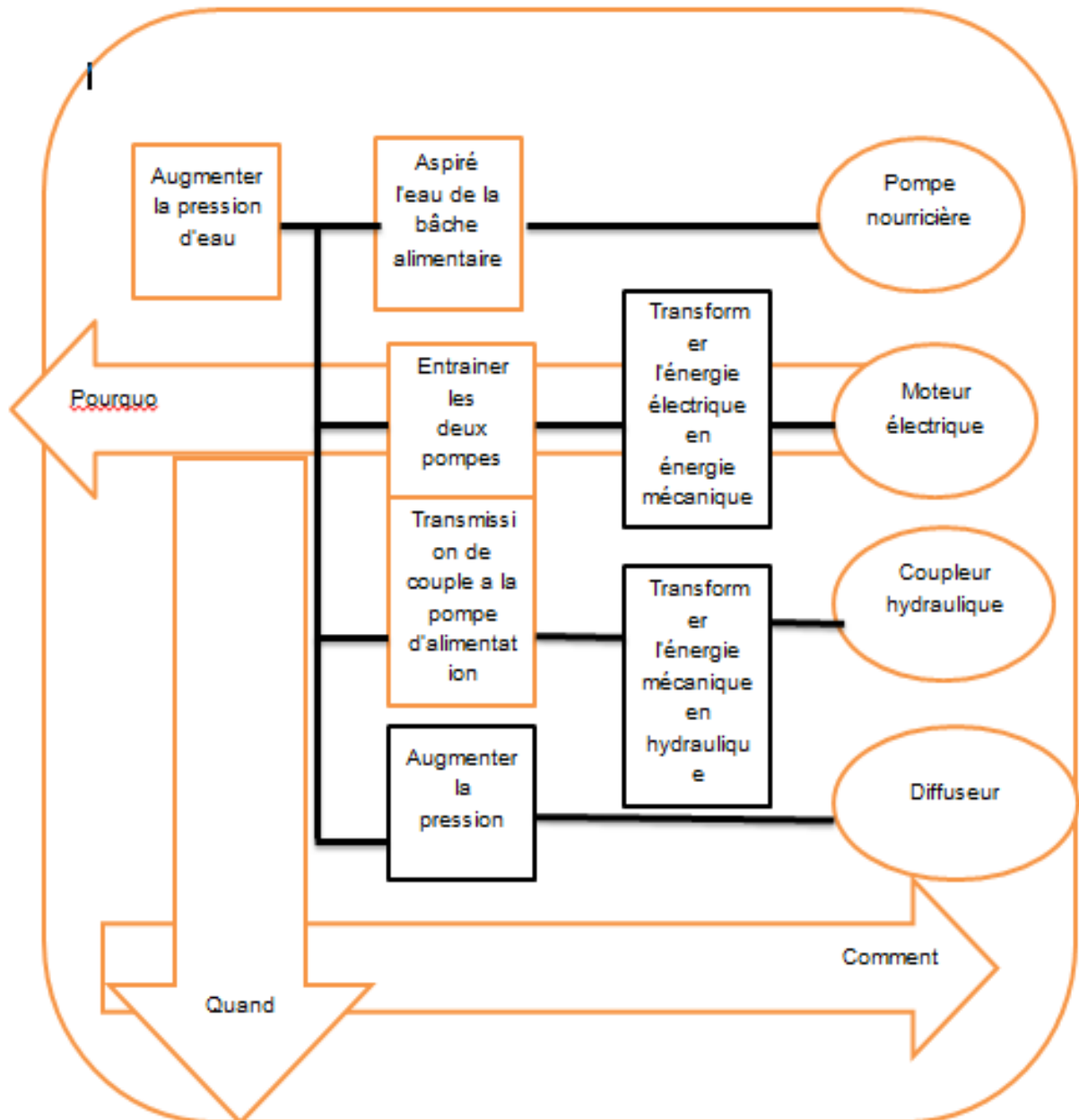


Figure III.7. Application du diagramme FAST sur la pompe alimentaire

B. Méthode SADT (Structure d'Analyses and Design Technique) :

La méthode SADT (Structure d'Analyses and Design Technique) est un outil graphique associé à une méthode d'analyse descendante modulaire et hiérarchisée (Design se traduit ici par conception). Il permet de représenter un modèle (image de la réalité) du système réel.

Le but de la SADT 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.

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 SADT convient parfaitement pour la modélisation des activités et du flux des informations entre les activités mais elle ne permet pas la modélisation du temps ni de représenter les relations logiques (relations ET et OU).

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.

SADT 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 [3]:

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

B.1. Diagramme A-0

Le modèle d'analyse est constitué d'une suite cohérente de diagrammes (Actigramme) [3]. Le diagramme le plus haut représente la fonction globale assurée par le système et répond aux questions suivantes [3] :

- 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) ?

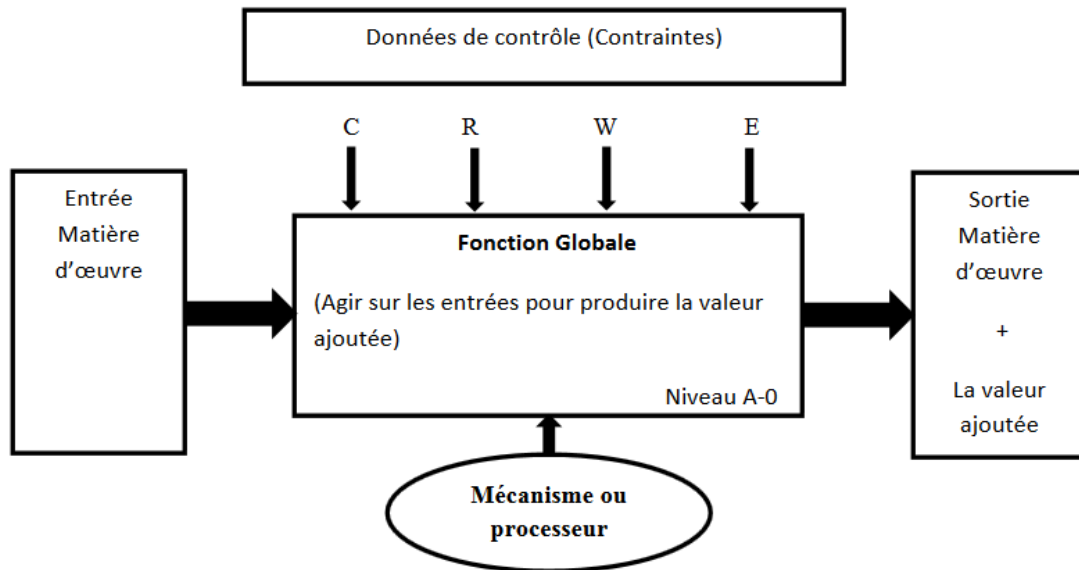


Figure III.8. Niveau A-0 de la méthode SADT

On retrouve sur ce diagramme les éléments suivants [3] :

- ✓ **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 [3].
- ✓ **Contraintes de pilotage ou de commande** : ce sont les paramètres qui déclenchent ou modifient la réalisation d'une fonction. On retrouve ainsi [3] :
 - **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 technologique qui réalisent la fonction ou qui supportent l'activité [3].

B-2. Diagramme A0

La modélisation A0 est un développé du modèle A-0 selon une démarche descendante [3]. La technique graphique de modélisation est basée sur un formalisme qu'il convient de respecter [3] :

- ✓ 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 structurelle sur une base 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.

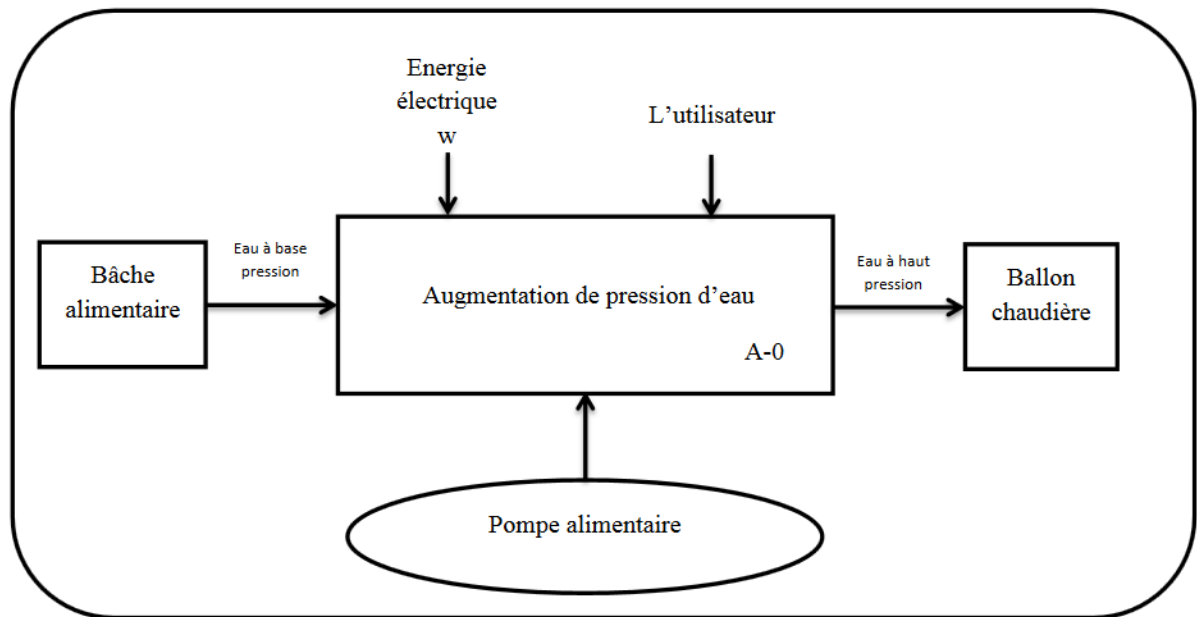


Figure III.9. Niveau A-0 de la pompe alimentaire

Niveau A0 de la méthode SADT : Le niveau A0 de la méthode SADT nous a donné une représentation plus détaillée de la pompe alimentaire comme montre la figure

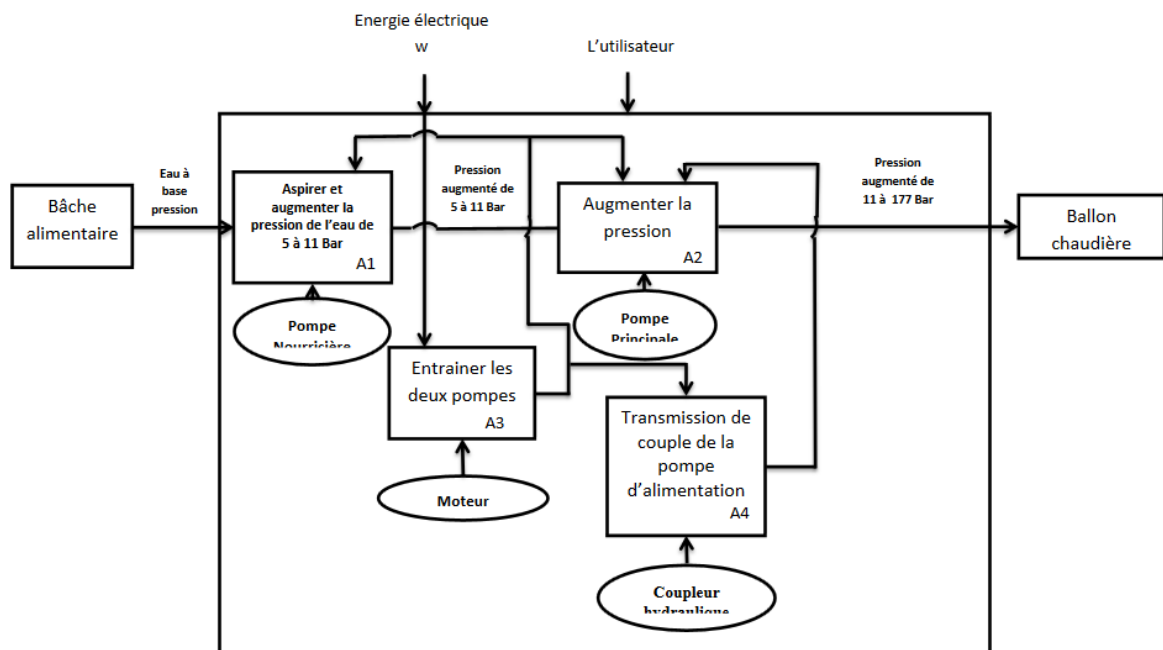


Figure III.10. Niveau A0 de la pompe alimentaire

III.2. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit la pompe alimentaire ainsi que les organes essentiels qui la constituent et son fonctionnement par l'approche de l'analyse fonctionnelle, ce qui nous a permis d'appliquer l'approche AMDEC dans le chapitre suivant pour faire une analyse dysfonctionnelle.

CHAPITRE 4

CHPITRE 4 : Analyse dysfonctionnelle de la pompe alimentaire

IV.1. Introduction

L'analyse prévisionnelle des dysfonctionnements des systèmes consiste à identifier les conditions qui peuvent conduire à des défaillances et à prévoir leurs conséquences sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des systèmes en cours de conception ou déjà opérationnels. Elle est réalisée à partir d'informations diverses dont le tri et l'analyse permettent de concevoir un modèle du système. Les informations nécessaires à l'analyse sont :

- La description du système réel : structures physiques et fonctionnelles ;
- Les caractéristiques des composants du système et des interactions entre eux (modes de défaillance et leurs conséquences...) ;
- Les relations entre le système et son environnement ;
- La prise en compte des erreurs humaines en phase d'exploitation.

IV.2. L'analyse dysfonctionnelle

IV.2.1. L'arbre de défaillances

1- Définition :

L'arbre de défaillance est un modèle graphique utilisé en sûreté de fonctionnement pour représenter l'état de panne d'un système en fonction des états de panne de ses composants. Sa nature déductive (effet-causes) lui confère une capacité d'analyse puissante [4].

2- Principe de la méthode AdD

Principe [4].:

- L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'événements ou combinaisons d'événements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux événements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté
- L'analyse par arbre des défaillances permet l'identification des successions et des combinaisons d'événements qui conduisent des événements de base jusqu'à l'événement indésirable retenu. Les liens entre les différents

événements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU » par exemple). Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente [4].

•

Définition de l'évènement redouté

La définition de l'évènement final, qui fera l'objet de l'analyse, est une étape cruciale pour la construction de l'arbre. On conçoit que plus cet événement est défini de manière précise, plus simple sera l'élaboration de l'arbre des défaillances [4].

3- Méthodologie de construction de l'AdD :

➤ Les portes logiques : [4].

Ce sont des entités logiques traduisant la relation liant des événements vis-à-vis de l'évènement de niveau supérieur.

Représentation graphique : la porte ET sort VRAI

➤ La porte ET sort VRAI [4]. :

Ce qui veut dire que l'évènement existe si et seulement si tous les éléments entrants sont VRAI (existent) simultanément.

➤ Application de L'arbre de défaillance sur la pompe alimentaire [4]. :

L'arbre de défaillance sur la pompe alimentaire est présenté sur la figure suivante.

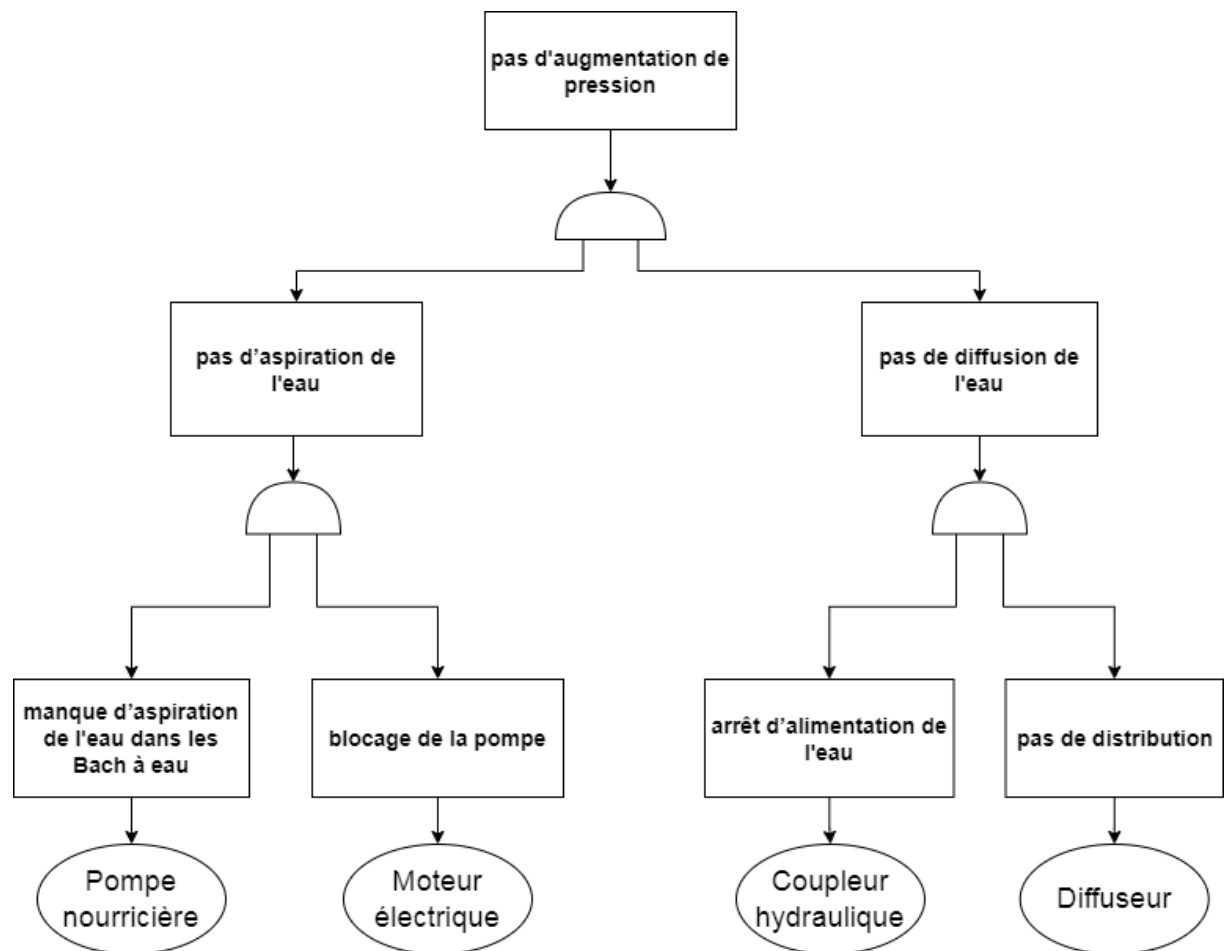


Figure IV. 1. Application de l'arbre de défaillance sur la pompe alimentaire

IV.2.2. L'analyse AMDEC

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 [5].

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 [5].

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est un outil de sûreté de fonctionnement (SdF) et de gestion de la qualité. AMDEC est la traduction de l'anglais FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis), litt. « analyse des modes, des effets et de la criticité des défaillances »), désignation d'une méthode élaborée par l'armée américaine dans les années 1940[5].

La criticité d'un mode de défaillance se détermine généralement par le produit (indice de fréquence) $\times$ (indice de gravité) $\times$ (indice de détection). Ces indices sont définis par le client, l'entreprise qui fixe également un seuil d'acceptabilité, au-dessus duquel toute criticité doit être réduite, par un moyen à définir (reprise de conception, plan de maintenance, action de surveillance, ...).

Pour exemple, imaginons une machine équipée de pneumatiques, pour diminuer la criticité d'une crevaison jugée inacceptable, on pourrait décider de reprendre la conception et minimiser [5]. :

- **L'indice de fréquence** : en améliorant la structure du pneu, voire en utilisant un pneu increvable,
- **L'indice de gravité** : en utilisant des roues jumelées,
- **L'indice de détection** : en équipant le poste de conduite de témoins de pression pneumatique.

De telles analyses peuvent être adaptées à toute interrogation dans tout domaine. Elles peuvent servir de base, entre autres, aux analyses de fiabilité, maintenabilité, disponibilité, qualité et testabilité.

Le but est de hiérarchiser les actions d'amélioration à conduire sur un processus, un produit, un système en travaillant par ordre de criticité décroissante.

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.

➤ **L'analyse des défaillances**

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

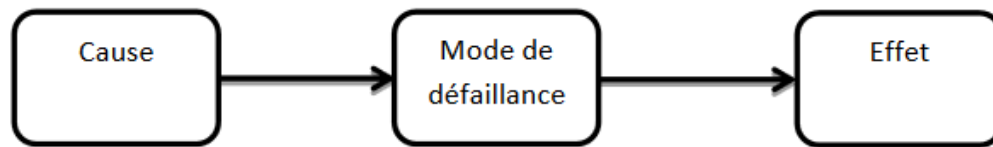


Figure IV. 2. Mode de défaillance

➤ **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)

➤ **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 [6].

➤ **L'effet**

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

- 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 [6].

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

➤ **Mécanisme de défaillance**

Processus physique, chimique ou autre qui entraîne une défaillance.

➤ **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 [6].

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

➤ **Classification des défaillances :**

Les défaillances sont classées en fonction de plusieurs paramètres qui sont les suivants [6] :

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. Défaillance due à une faiblesse inhérente [6]:

Défaillance attribuable à une faiblesse inhérente au dispositif lui-même lorsque les contraintes ne sont pas au-delà des possibilités données du dispositif.

- **Défaillance première** Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte n'est pas la défaillance d'un autre dispositif.
- **Défaillance seconde** Défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte est la défaillance d'un autre dispositif.

Classification des défaillances en fonction du degré :

- **Défaillance partielle** [6]: 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 » [6].

- **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 » [6].
- **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 [6].

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 » [7].
- **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 » [7]

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 » [7].
- **Défaillance par dégradation** : Défaillance qui est à la fois progressive et partielle. « À la longue, une telle défaillance peut devenir une défaillance complète » [7]

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 [7] :
- **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 [7]

- **Défaillance majeure :** « 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 [7]
- **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, les systèmes et les personnes. [7]
- **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 ». [7]

Types de l'AMDEC

- **L'AMDEC organisation [8] :**

L'AMDEC s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires, du premier 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].

- **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].

- **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].

- **L'AMDEC moyen :**

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

- **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 [8].

- **L'AMDEC sécurité :**

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

Les étapes de la méthode AMDEC :

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes comme montrées dans la figure suivante [8].

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.

.

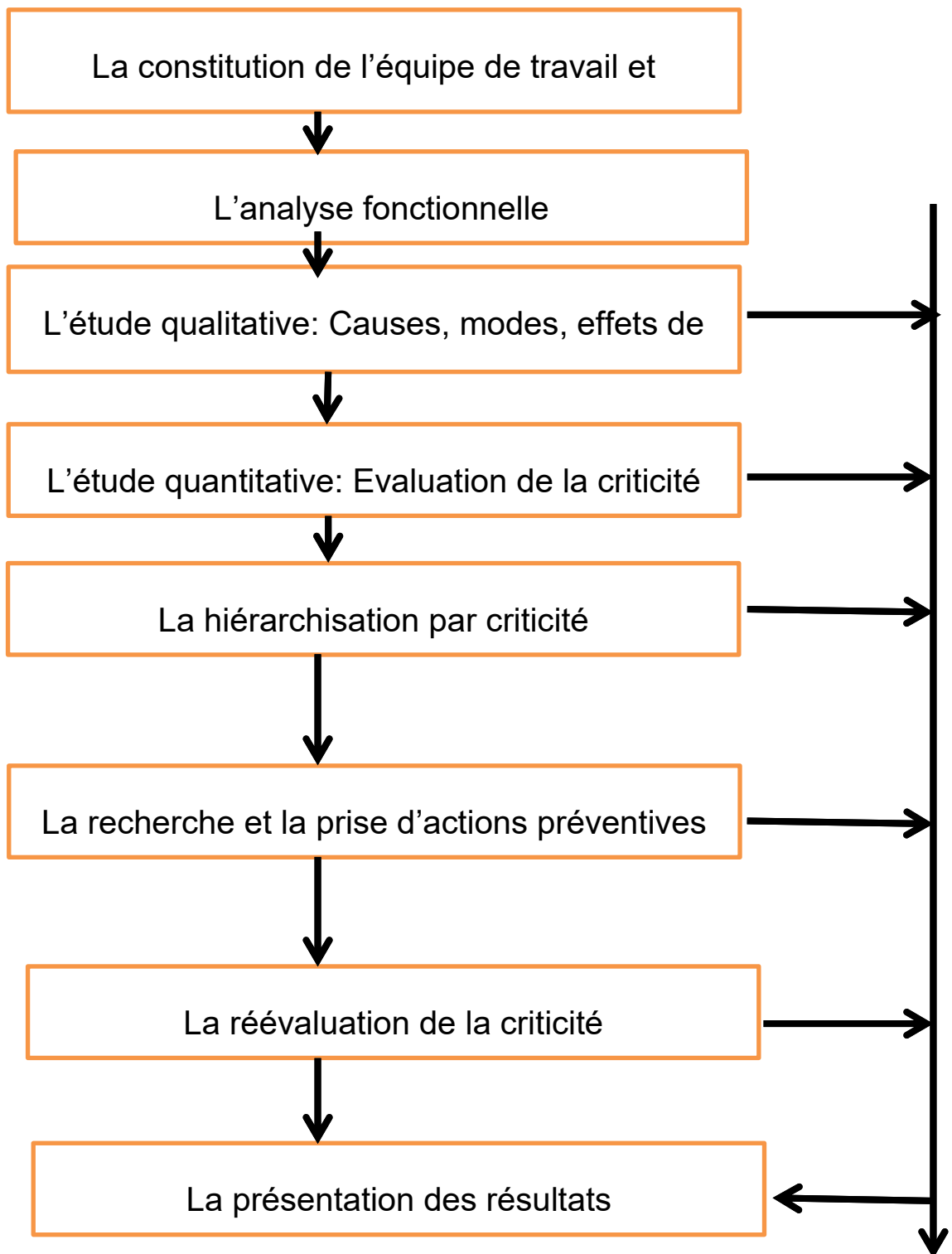


Figure IV.3. La démarche AMDEC

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

L'étude quantitative :

⊗ **Acceptabilité**, criticité, critères de jugement :

Une défaillance de « critique » si jugée à travers un ou plusieurs critères, elle nous apparaît inacceptable. La notion d'acceptabilité est une notion relative, elle n'a de sens que dans un contexte donné.

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.*.

⊗ **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

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.

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

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 appelé 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.

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.

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

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.

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.

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

LA GRAVITE :

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.

Tableau IV.1. 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).

LA FREQUENCE :

On estime la période à laquelle la défaillance est susceptible de se reproduire

Tableau IV.2. 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.

LA NON-DETECTION :

Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème

Tableau IV.3. 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.

LA CRITICITE :

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.

$$C = G * F * N$$

Criticité *Gravité* *Fréquence* *non-détection*

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.

Tableau IV.4. Grille de la criticité 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

Les actions suggérées après élaboration d'une analyse 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 trois types :

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].

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

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.

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.

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 :

Tableau IV.5. AMDEC de la pompe alimentaire de la nouvelle centrale

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et leurs Criticités												
Système : pompe alimentaire							Phase de fonctionnement : Mode normal et mode défaillant					
							Secteur : Alimentation de l'eau					
Fonction du système	Composant	Fonction	Défaillance	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	CRETICITE				ACTION CORRECTIVE
								Gravité	Fréquence	Non Détection	Criticité	
Augmentation de la pression d'eau	Pompe principale	Aspirer l'eau de la bache alimentaire	Pas d'aspiration d'eau	Pression d'eau faible a l'entrée	La surface de joint de la bride dégradé	Perte de pression	Visuel	3	3	2	18	Changement de joint
				Manque de pression a l'entrée	Joint plat de bride cassé	Perte de pression et dérèglage de déb	Visuel	3	3	2	18	Changement de joint
	Moteur	Entrainer les deux pompes	Blocage de la pompe	Rotation faible	L'huile encrassée	Détérioration de circuit d'huile	Visuel	1	3	2	6	Changement d'huile et nettoyage de filtre
				Pas de courant électrique	Echauffement de disjoncteur	Déclenchement de disjoncteur	Visuel	2	1	2	4	Changement de disjoncteur
				Pression d'eau faible a la sortie	Usure de joint	Le glissement augmente et la vitesse de sortie diminue	Visuel	2	2	4	16	Changement de joint
				Manque de pression a la sortie	Le transmetteur de position défectueux	Pas de transmission	Visuel	4	2	2	16	Remettre des nouvelles pates
	Diviseur	Distribution d'eau	Pas de distribution d'eau	Manque de distribution d'eau	Les pates au niveau de conduite de vidange sont dessoudées	Perte de pression	Visuel	3	2	2	12	Remettre des nouvelles pates
				Manque de distribution d'eau	Desserrage des raccords de flexible de la garniture	Perte de pression	Visuel	4	2	2	16	Serrage des raccords

Tableau IV.6. Plan de Maintenance Préventive de la Pompe Alimentaire

Date d'Analyse Juillet 2022		Système : La Pompe Alimentaire Entreprise : Centrale Électrique de Cap Djinet2					Réaliser par : Hamadou Mohamed Adlen							
N°=Mode de Défaillance	C	Action Corrective	Maintenance Préventive			DR	Fréquence							Exécutant
			MPS	MPC	Action Préventive		J	H	M	T	S	A	Autre	
1	18	Changement de joint de corps	X		Inspection de l'état du joint d'étanchéité et Amélioration de matière des joints	1h				x				T
2	18	Changement de joint	X		Inspection de l'état du joint d'étanchéité	1h				x				T
			X		Contrôle de serrage des raccords	30 m		x						T
3	16	Changement d'huile et nettoyage de filtre	X		Inspection de l'état du joint plat d'étanchéité	1h			x					T
			X		Contrôle de serrage des raccords	30 m			x					T
4	16	Changement de disjoncteur	X		Vérification du disjoncteur	30 m			x					T
			X		Changement de disjoncteur	1h					x			I+T
5	12	Changement de joint	X		Vérification du joint	30 m				x				T
			X		Changement de joint	40 m	x							T
6	16	Remettre des nouvelles pates	X		Nettoyage de conduit	15 m		x						T
			X		Vérification de débit	20 m	x							T
7	12	Serrage de presse étoupe	X		Vérification de serrage	45 m	x							T
			X		Réglage du débit	25 m	x							T
	12	Serrage des raccords	X		Vérification de serrage	25 m			x					I
			X		Changement des raccords	2h				x				T

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

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

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- [1] Documentation de SONALGAZ. Présentation de la nouvelle centrale électrique.
- [2] Documentation de SONALGAZ, Principe de fonctionnement de la pompe alimentaire.
- [3] A. CHABANE, Analyse fonctionnelle, cours du module Etudes industrielle et installation, ENST-Alger, 2017.
- [4] J. HENG, Pratique de la maintenance préventive, DUNOD, 2002
- [5] EL MAKHFI Oussama et EL-ALLAM Toufik, « Mise en place de la méthode AMDEC dans la chaine de production », mémoire de fin d'étude Faculté des Sciences et Techniques de Fès, promotion 2015
- [6] KELADA joseph, L'AMDEC, école des hautes études commerciales, 2009
- [7] François MONCHY, Claude KOJCHEN, Maintenance - Outils, Méthodes et Organisations, 4^e édition, Dunod, 2015,
- [8] Gallaire, JEAN-MARC. Les outils de la performance industrielle, Edition d'organisation, 2006.
- [9] Mounir TABBOUCHE et Issam-eddine HAMDOUN, Mise en place d'un plan de maintenance préventive pour une machine ensacheuse des produits pharmaceutiques au niveau de l'entreprise GSK, Mémoire de Master, Université de M'Hamed Bougara Boumerdes, 2018.