

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
المركز الجامعي لعين تموشنت  
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent  
Institut de Technologie  
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE  
Filière : ELECTROMECHANIQUE  
Spécialité : ELECTROMECHANIQUE  
Thème

**Application de la méthode AMDEC sur une pompe  
alimentaire pour définir une politique de maintenance de la  
centrale a cycle combiné 1200MW terga SKT**

**Présenté Par :**

- 1) BENSABEUR Zohir
- 2) BENSABEUR Abdelaziz

**Devant les jurys composés de :**

Mr FLITTI MOHAMED	(MCA)	Président
Mr MECIRDI	(MAA)	Examineur
Dr AISSOU Massinissa	(MCA)	Encadrant
Mr AOUABDI		Co-encadrant

*Année universitaire 2018/2019*

# REMERCIEMENT

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de*

*Dr. AISSOU MASSINISSA, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions aussi Mr. AOUABDI , Mr FAYCAL et Mr ABRI pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de nous aider, Nos profonds remerciements vont également à toutes les*

*personnes qui nous ont aidés et soutenu de près ou de loin.*

*Merci infiniment*

# **Dédicace**

**Avant tout chose je voudrais remercier dieu pour m'avoir offert la chance d'étudier et d'apprendre.**

**Je dédie le travail à mes très chères parents qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études et qui m'ont offert tant de réconfort et d'attention afin que je sois à la hauteur.**

**Puis Dieu vous donnez bonne santé et long vie**

**Amon frère MOHAMED EL AMINE.**

**A ma sœur WAFAA.**

**A mon binôme Bensabeur Zohir .**

**En souvenir de tous mes amies qui m'ont soutenue dans ce travail et des moments agréables que nous avons passés**

**ABDELAZIZ**

# **Dédicace**

**Avant tout chose je voudrais remercier dieu pour m'avoir offert la chance d'étudier et d'apprendre.**

**Je dédie le travail à mes très chères parents qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études et qui m'ont offert tant de réconfort et d'attention afin que je sois à la hauteur.**

**Puis Dieu vous donnez bonne santé et long vie**

**A mes frères MOHAMED et SOFIANE**

**A ma sœur RAHMOUNA et IKRAM**

**Et mes chers Bahaa, Ghofrane, Maram, Abdelmoncif**

**A mon binôme BENSABEUR ABDELAZIZ**

**En souvenir de tous mes amies qui m'ont soutenue dans ce travail et des moments agréables que nous avons passés**

**ZOHIR**

## Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

### Chapitre I

<b>1. Introduction</b> .....	2
2. Description générale de la centrale .....	2
3. Vue générale des composants et système majeur .....	4
4. les principaux équipements d'une centrale a cycle combiné.....	5
4.1 Turbine à gaz.....	5
4.2 Alternateur .....	6
4.3 Chaudière derécupération.....	7
4.4 Turbine à Vapeur .....	8
4.5Embrayage auto-commutable synchrone entre la TV et l'Alternateur .....	9
4.6 Condenseur .....	9
4.7 Transformateurs élévateurs de tension de l'alternateur .....	10
<b>5. Système de refroidissement</b> .....	10
5.1 Système de refroidissementsprincipal.....	10
6.système d'alimentation combustible.....	11
6.1 Système d'alimentation engaz.....	11
6.2 Système d'alimentation engasoil .....	11
7. Principe de fonctionnement électrique .....	12
7.1 Niveaux de tension de lacentrale .....	12
7.2 Alternateur .....	12
7.3 Système statique de démarrage (SSD).....	13
7.4 Système statique d'excitation (SES).....	13
<b>8. Système de démarrage</b> .....	14
8.1Démarrage de la Tg en modenormal.....	14
8.2Démarrage de la TG par les groupesélectrogènes .....	14

### Chapitre II

<b>1. Introduction</b> .....	16
<b>2. Définition de la maintenance</b> .....	16
2.1 Historique de la maintenance .....	16
2.2Politique de la maintenance .....	16
<b>3. Différent objectifs de la maintenance</b> .....	17

---

<b>4. Les types de la maintenance</b> .....	17
4.1 La maintenance préventive.....	17
4.2 La maintenance corrective.....	18
4.3 la complémentaire entre maintenance préventive et maintenance corrective.....	18
4.4 Les échelons de la maintenance .....	19
<b>5. La fiabilité</b> .....	19
<b>6. Analyse de la fiabilité par les lois de probabilité</b> .....	19
6.1 Analyse de la fiabilité à partir de la loi exponentielle.....	19
6.2 Analyse de la fiabilité à partir de la loi Weibull.....	20
6.3 Analyse de la fiabilité à partir de la méthode ABC-loi de PARETO .....	21
6.3.1 Définition .....	21
6.3.2 But de la méthode ABC .....	21
6.3.3 Présentation de la loi de PARETO .....	21
6.4 Analyse de la fiabilité à partir de la méthode AMDEC .....	21
<b>7. Présentation de la méthode AMDEC</b> .....	22
7.2 Historique et domaine d'application.....	22
7.3 Objectifs de l'AMDEC .....	22
7.4 Les types de l'AMDEC.....	23
7.4.1 AMDEC machine .....	23
7.4.2 AMDEC produit .....	23
7.4.3 AMDEC processus .....	23
7.4.4 AMDEC organisation .....	23
7.4.5 AMDEC service .....	23
7.4.6 AMDEC sécurité .....	23
7.5 Avantages et inconvénients de l'AMDEC .....	23
7.5.1 Avantages de la méthode AMDEC.....	23
7.5.2 inconvénients de la méthode AMDEC.....	24
7.6 Les aspect de la methode AMDEC.....	24
7.6.1 L'aspect qualitatif .....	24
7.6.2 L'aspect quantitatif .....	24
7.7 AMDEC machine .....	24
7.7.1 Définition .....	24
7.7.2 Les intérêts .....	25
7.7.3 Cas d'application .....	25
7.7.3.1 AMDEC prévisionnelle.....	25
7.7.3.2 AMDEC opérationnelle.....	26
7.8 Les démarches pratiques de l'AMDEC machine.....	26
7.8.1 Initialisation.....	26
7.8.2 Analyse fonctionnelle .....	26

---

7.8.3 Défaillance.....	27
<b>8. Criticité</b> .....	28
Synthèse.....	30
Hierarchisation des defaillances.....	30
1. Liste des points critiques.....	30
2. Liste des recommandations.....	30
Les actions.....	30
<b>conclusion</b> .....	31

## Chapitre III

<b>1. Introduction :</b> .....	33
1.1 Le rôle d'une pompe :.....	33
<b>2. Classification des pompes</b> .....	33
2.1 Pompes volumétriques.....	33
2.2 Pompe volumétriques rotatives.....	33
2.3 Pompes volumétriques alternatives.....	34
2.4 Turbopompe :.....	34
2.4.1 Pompe rotative axiale :.....	34
2.4.2 Pompe Hélicocentrifuge.....	35
2.4.3 Pompe centrifuge.....	35
2.4.3.1 Constitution de la pompe centrifuge :.....	36
<b>3. Description de la pompe alimentaire :</b> .....	36
3.1 But :.....	36
3.2 la pompe alimentaire.....	37
3.3 Composant principale de la pompe.....	38
3.3.1 Moteur électrique.....	38
3.3.1.1 Multiplicateur de vitesse :.....	38
3.3.2 Accouplement.....	39
3.3.2.1 Alignement de l'accouplement de liaison :.....	40
3.3.3 Pompe principale:.....	40
3.3.3.1 Le principe de fonctionnement :.....	40
3.3.3.2 caractéristiques de la pompe:.....	41
3.4 Centrale d'huile :.....	42
<b>4. Circuit d'eau d'alimentation :</b> .....	43
<b>5. Les instrumentations utilisées dans la pompe alimentaire :</b> .....	44
5.1 Les contacteurs et les relais :.....	44

---

a) Les contacteurs:.....	44
b) Les relais .....	44
5.2 Les capteurs :.....	45
5.2.1 Définition :.....	45
5.2.2 Les capteurs de position (fin de cours à contact) :.....	45
5.2.3 Les capteurs de pressions (pressostat) :.....	45
5.2.4 Les capteurs de températures (thermostats) :.....	46
5.2.5 Les Capteurs de débit :.....	46
5.2.6 Le transmetteur : .....	47
<b>Conclusion:</b> .....	48

## Chapitre IV

<b>1. Introduction</b> .....	50
2. Démarche pratique de l'AMDEC sur la pompe alimentaire : .....	50
2.1 Initialisation .....	50
2.2 décomposition fonctionnelle .....	50
2.3 Analyse AMDEC.....	51
2.3.1 Analyse des mécanismes de défaillances .....	51
2.3.2 évaluation de la criticité .....	51
2.3.3 proposition d'actions correctives .....	51
2.4 synthèses .....	51
3. La Décomposition fonctionnelle de la pompe alimentaire.....	51
4. barème de cotation des critères fréquence, gravité et non détection.....	53
<b>5. La réévaluation de la criticité</b> .....	63
<b>6. Analyse des résultats</b> .....	64
Conclusion .....	64
Conclusion générale .....	66

---



## Listes des figures

### Chapitre I : présentation de l'entreprise SKT

<b>Figure 1</b> : Vue générale de la centrale thermique.....	3
<b>Figure 2</b> : Vue générale des composants et systèmes majeurs.....	3
<b>Figure 3</b> : Turbine à gaz.....	5
<b>Figure 4</b> : Alternateur.....	6
<b>Figure 5</b> : Chaudière de récupération.....	7
<b>Figure 6</b> : Turbine à vapeur .....	8
<b>Figure 8</b> : Transformateurs élévateurs.....	9
<b>Figure 7</b> : Condenseur.....	10

### Chapitre II : Introduction aux méthodes de maintenance

<b>Figure.1</b> : Différents types de maintenance.....	17
<b>Figure 2</b> : Le principe de la distribution exponentielle.....	20

### Chapitre III : Equipement de la Pompe Alimentaire

<b>Figure 1</b> : Pompe volumétrique rotative.....	33
<b>Figure 2</b> : Pompe volumétrique alternative.....	34
<b>Figure 3</b> : Pompe rotative axiale.....	34
<b>Figure 4</b> : Pompe Hélico centrifuge.....	35
<b>Figure 5</b> : Pompe centrifuge .....	35
<b>Figure 6</b> : Vu générale de la pompe alimentaire.....	37
<b>Figure 7</b> : Moteur asynchrone.....	38
<b>Figure 8</b> : Multiplicateur de vitesse.....	39
<b>Figure 9</b> : Accouplement pompe moteur.....	39
<b>Figure 10</b> : Pompe principale.....	42
<b>Figure 11</b> : Vue réel de la centrale d'huile.....	42
<b>Figure 12</b> : Contacteur.....	44
<b>Figure 13</b> : Relais électrique.....	44
<b>Figure 14</b> : Capteurs de fin de cours à contact.....	45
<b>Figure 15</b> : Pressostat.....	46

<b>Figure 16</b> : Thermostat.....	46
<b>Figure 17</b> : Capteur de débit.....	47
<b>Figure 18</b> : Transmetteur.....	47

**Chapitre IV** : Application de l'AMDEC

<b>Figure 1</b> : Description de la pompe alimentaire.....	52
--	----

## Liste des tableaux

### Chapitre II : introduction aux méthodes de la maintenance

<b>Tableau.1</b> : Exemples d'échelon de maintenance.....	19
<b>Tableau 2</b> : Les niveaux de la criticité.....	29
<b>Tableau 3</b> : Les critères de la gravité.....	29
<b>Tableau 4</b> : Les critères de l'occurrence.....	29
<b>Tableau 5</b> : Les critères du non détection.....	30

### Chapitre III : Equipement de la pompe alimentaire

<b>Tableau 1</b> : Caractéristique de la pompe.....	41
---	----

### Chapitre IV : Application de l'AMDEC

<b>Tableau 1</b> : calcul de la criticité.....	53
<b>Tableau 2</b> : Application de la méthode AMDEC sur le moteur (partie électrique).....	54
<b>Tableau 3</b> : Application de la méthode AMDEC sur le moteur (partie mécanique).....	55
<b>Tableau 4</b> : Application de la méthode AMDEC sur la partie pompe.....	57
<b>Tableau 5</b> : Application de la méthode AMDEC sur la partie entraînement.....	59
<b>Tableau 6</b> : Application de la méthode AMDEC sur la partie lubrification.....	60
<b>Tableau 7</b> : Application de la méthode AMDEC sur la partie refroidissement.....	61
<b>Tableau 8</b> : Application de la méthode AMDEC sur la partie mesure.....	62
<b>Tableau 9</b> : La réévaluation de la criticité.....	63

### Liste des abréviations

<i>MW</i>	Mega watt
<i>TG</i>	Turbine a gaz
<i>TV</i>	Turbine a vapeur
<i>HP</i>	Haut pressions
<i>MP</i>	Moyenne pressions
<i>BP</i>	Basse pressions
<i>EV</i>	Chambre de combustion d'environnement
<i>SEV</i>	Chambre de combustion sequentielle d'environnement
<i>NNN<sub>XX</sub></i>	Oxyde d'azote
<i>SSSS<sub>66</sub></i>	Hexafluorure de soufre
<i>HRSG</i>	Chaudiere de recuperation
<i>CSF</i>	Convertisseur statique de soufre
<i>SSD</i>	Systeme statique de demarrage
<i>SES</i>	Systeme d'exitation statique

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les entreprises industrielles exigent l'amélioration de la production qualitativement et quantitativement en assurant la sûreté de fonctionnement des dispositifs de fabrication, alors que dans le secteur industriel, les concepteurs pensent toujours à construire des systèmes fiables de très hautes performances, en cherchant des solutions techniques afin d'augmenter la disponibilité et la fiabilité des équipements de production.

L'avancement de la technologie a fait que les systèmes conçus de nos jours sont plus en plus complexes ce qui rend le suivi de celle-ci très difficile. C'est pour cela que ça nécessite de faire une modélisation pour mieux comprendre le principe de fonctionnement d'un système, et les fonctions réalisées par chaque élément, afin de faciliter leurs surveillances et de mettre en place des méthodes d'analyse de défaillance adaptées afin d'intervenir en cas de dysfonctionnement.

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

Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre de pannes.

Pour suivre cette méthodologie, nous avons structuré ce mémoire en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente l'Entreprise SKT avec ses différentes unités.
- Le deuxième chapitre sont exposés les différents types de maintenance, les méthodes de fiabilité en général et l'AMDEC en particulier.
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude technologique des équipements du pompe alimentaire.
- Le quatrième chapitre est dédié à l'application de la méthode AMDEC sur la la pompe alimentaire.

# Chapitre

I

*Présentation De  
l'entreprise SKT*

## I.1 Introduction

Ce chapitre présente le fonctionnement général de la centrale à Cycle Combiné de Terga, ainsi que les liaisons fonctionnelles inter-systèmes de la Centrale, et les principes de fonctionnement de la distribution électrique de la centrale. Les fonctions internes de ces systèmes sont décrites dans leurs instructions de conduite respectives. Afin de présenter la globalité du concept de conduite de la centrale d'une manière claire.

## I.2 Description générale de la centrale

La centrale électrique à cycle combiné implantée à Terga sur le site de la commune d'Ouled Boujemaa, Wilaya d'Ain Témouchent, en Algérie, au nord d'Afrique a été mise en exploitation depuis le mois de juin 2012, D'une puissance de 1200 mégawatts, la centrale en question couvrira largement les besoins en matière d'énergie électrique de la région comme elle aura à jouer un rôle déterminant dans le cadre de « l'interconnexion des réseaux nationaux d'électricité ».

Les actionnaires de cette centrale sont constitués par les groupes nationaux Sonalgaz (51%) et Sonatrach (49 %). Elle fonctionne au gaz naturel et au gasoil (secours) alors que sa gestion est confiée à la société par actions (SPA) « Shariket Kahraba TERGA » (SKT).

La centrale électrique à cycle combiné de TERGA a été réalisée par le consortium dirigé par Alstom et comprenant la société égyptienne Orascom Construction Industrie pour la partie génie civil et construction.

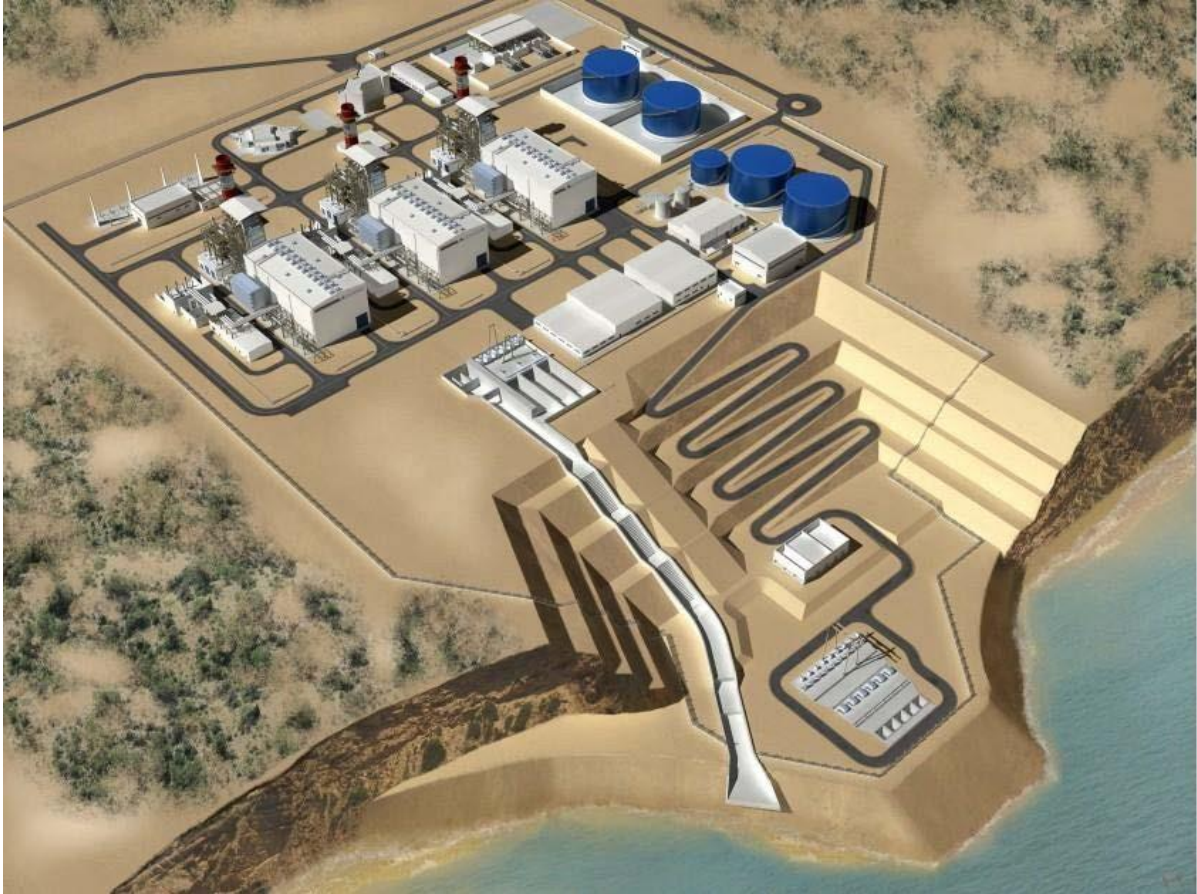
Elle assurera un apport appréciable en énergie électrique et contribuera à la sécurisation de l'approvisionnement énergétique du pays, outre les possibilités d'exportation de ce produit.

Le choix de la ville d'Ain Témouchent à un certain nombre de facteurs importants :

- a) **Emplacement géographique** : centrale de TERGA est située au nord du territoire Algérien.
  
- b) **Source de refroidissement** : Pour les besoins de refroidissement des équipements de la centrale, il est nécessaire de disposer de l'eau froide puisée de la mer.



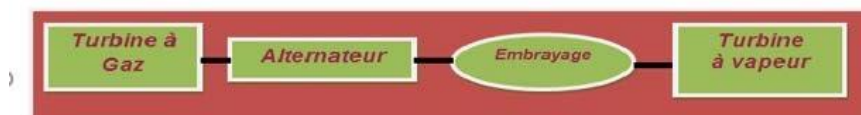
c) **Facteur écologique** : La centrale a été construite dans une zone pratiquement isolée pour des mesures de sécurité (loin des agglomérations) ainsi que pour des raisons écologiques (bruit et pollution).



**Figure I.1** : Vue générale de la centrale thermique

### I.3 Vue générale des composants et systèmes majeurs

La centrale électrique à cycle combiné proposée se compose de trois (3) unités mono-arbre « single shaft » KA26-1 de dernière technologie. Chaque machine « single shaft » se compose de :



**Figure I.2** : Vue générale des composants et systèmes majeurs

- Une (1) turbine à gaz (TG) industrielle de grande puissance ALSTOM type 26 ;
- système de combustion séquentielle à pré mélange pauvre et faibles émissions de NOx ;
- Un (1) cycle eau / vapeur à triple pression de réchauffage avec chaudière de récupération ;
- Une (1) turbine à vapeur (TV) deux corps à triple pression de réchauffage avec corps ;
- double installé sur un plancher ;
- Un (1) alternateur refroidi à l'hydrogène (H<sub>2</sub>), commun à la TG et à la TV ;
- Un transformateur élévateur (20kv/400kv).

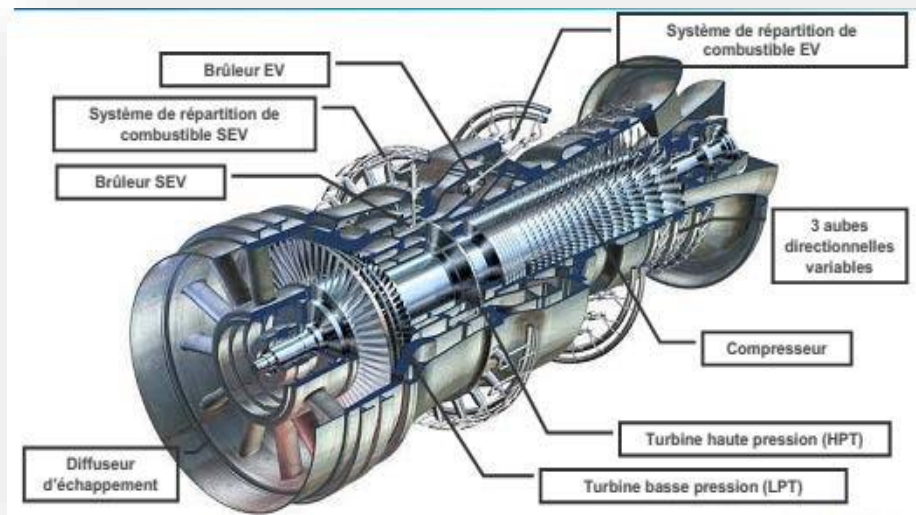
L'extrémité de l'alternateur est connecté à l'extrémité froide de la turbine à gaz et l'autre à la turbine à vapeur. La turbine à vapeur TV est connectée à l'alternateur au moyen d'un embrayage automatique synchrone. Il s'engage automatiquement à la vitesse nominale de la TV pendant le démarrage et se désengage automatiquement pendant l'arrêt de la TV. Ceci permet un fonctionnement indépendant de la turbine à gaz pendant le démarrage de la turbine à vapeur ou lors du fonctionnement de la TV sur by-pass rendant inutile la présence d'une chaudière auxiliaire qui serait nécessaire si la TV était directement connectée à la TG.

## I.4 les principaux équipements d'une centrale a cycle combiné

### I.4.1 Turbine à gaz

La turbine à gaz de type **GT 26** d'Alstom est constituée d'un rotor équipé de trois parties principales :

- ❖ Compresseur (22 étages) ;
- ❖ Chambre de combustion (EV et SEV) ;
- ❖ Turbines (1 étage HP et 4 étages BP).



**Figure I.3 :** Turbine à gaz.

L'air ambiant filtré est comprimé dans le compresseur de la turbine à gaz. L'air comprimé s'écoule ensuite autour de la chambre de combustion EV annulaire, la refroidissant, avant d'entrer dans les brûleurs EV au niveau desquels il est mélangé avec le combustible, puis brûlé. Le gaz de combustion chaud se répartit ensuite dans la turbine HP à un étage et entre dans la chambre de combustion SEV annulaire où est ajouté du combustible, mélangé et brûlé pour réchauffer les gaz d'échappement de la turbine HP. Ce gaz réchauffé se dilate alors dans les quatre étages restants de la turbine BP.

A la sortie de la turbine, la fumée se dirige directement dans la chaudière de récupération dans laquelle la chaleur des gaz d'échappement est utilisée pour générer de la vapeur.

La turbine à gaz est conçue pour fonctionner au gaz naturel et au gasoil.

Lors du fonctionnement au gaz naturel, la présence de brûleurs à faibles émissions de NOx permet d'éviter l'injection d'eau ou de vapeur pour limiter le niveau des émissions.

Pour assurer le refroidissement et l'étanchéité de la TG, de l'air est soutiré du compresseur à différents étages. Cet air HP et BP est ensuite refroidi dans des échangeurs thermiques (OTC) à l'extérieurs de la turbine, par l'eau alimentaire qui est vaporisée puis réinjectée dans les circuits de vapeur.

### I.4.2 Alternateur

L'alternateur Alstom de type **50WT21H-120** est entraîné à la fois par la turbine à gaz et par la turbine à vapeur. La puissance est produite à une tension de 20kV.

L'alternateur, à trois phases et deux pôles synchrones, est refroidi à l'hydrogène. L'hydrogène est ensuite refroidi dans des échangeurs à eau se trouvant dans l'enceinte de l'alternateur. La chaleur issue de ces échangeurs est transférée à l'eau de refroidissement (Circuit fermé d'eau de refroidissement), qui est ensuite refroidi par le circuit principal d'eau de refroidissement. L'hydrogène de refroidissement est stocké dans des bouteilles.

L'étanchéité de l'hydrogène vis à vis de l'atmosphère est assurée par une unité d'huile d'étanchéité. Le rotor alternateur est accouplé rigidement à l'embrayage.

L'alternateur est utilisé comme un moteur synchrone de démarrage alimenté par un convertisseur statique de fréquence. L'énergie de démarrage est fournie par le réseau Haute Tension, à travers le transformateur élévateur, ou bien par les groupes électrogènes (black start).



**Figure I.4 :** Alternateur.

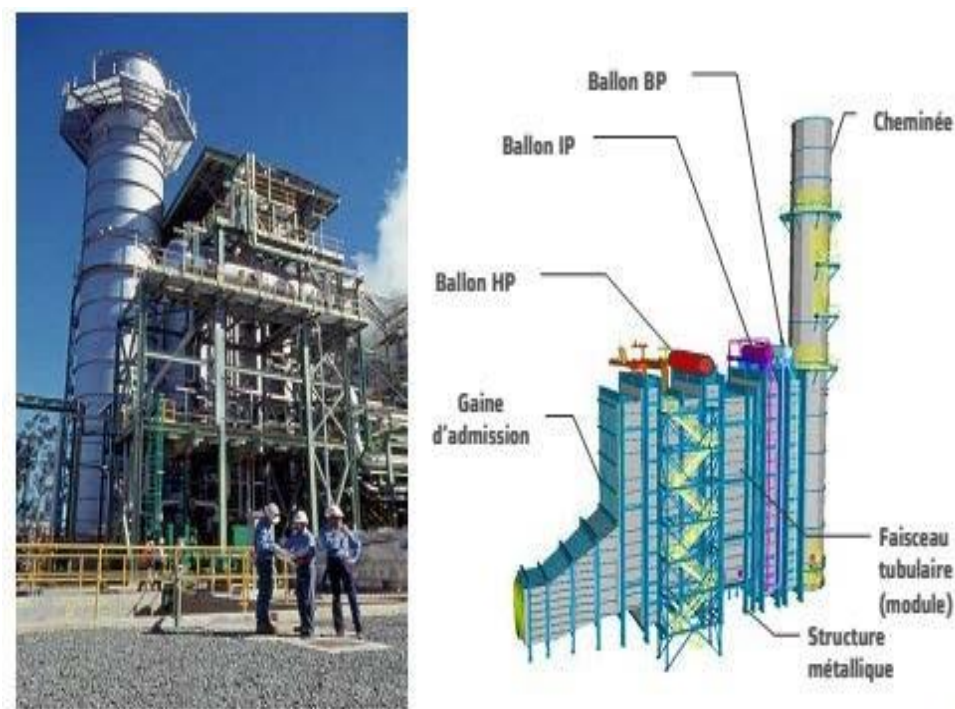


### I.4.3 Chaudière de récupération

Les gaz d'échappement de la TG sont directement conduits dans la chaudière de récupération (HRSG) dans laquelle la chaleur d'échappement est utilisée pour générer de la vapeur. La chaudière de récupération est conçue comme une chaudière à triple pression de réchauffage comprenant les éléments suivants :

- Système vapeur haute pression (HP) ;
- Système vapeur moyenne pression (MP) avec réchauffeur ;
- Système vapeur basse pression (BP).

La Chaudière de Récupération (HRSG), dans une centrale à cycle combiné, est le lien critique entre la turbine à gaz et le cycle de Rankine. C'est la composante essentielle du rendement du cycle combiné.



**Figure I.5 :** Chaudière de récupération.

#### I.4.4 Turbine à Vapeur

La Turbine à vapeur Alstom, de type **DKYZZ2-1N41BA**, possède deux corps, trois pressions, le premier corps est l'étage haute pression (HP) et le deuxième corps de la turbine se compose des étages moyenne pression (MP) et basse pression (BP). Le corps MP/BP est à double flux. Les deux rotors des corps HP et MP/BP sont liés entre eux par un accouplement rigide. Le rotor HP est également lié à l'embrayage par un accouplement rigide

La vapeur est admise dans les corps HP et MP au travers des organes d'admission incluant les vannes d'arrêt et de contrôle. L'admission HP est réalisée par un bâti dans lequel les vannes sont montées en série, et l'admission MP utilise deux bâtis où les vannes d'arrêt et les vannes de contrôle sont entièrement intégrées dans le même corps sphérique bridé au corps externe MP.

La vapeur vive HP, régulée par une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle, entre dans le corps HP et se détend jusqu'à la pression de la vapeur à resurchauffer. La vapeur à resurchauffer est mélangée avec la vapeur MP produite par la chaudière de récupération avant d'être resurchauffée dans la chaudière de récupération.

La vapeur BP entre dans la turbine à travers une vanne d'arrêt et une vanne de contrôle.

La vapeur issue du corps échappement BP de la turbine est envoyée au condenseur.

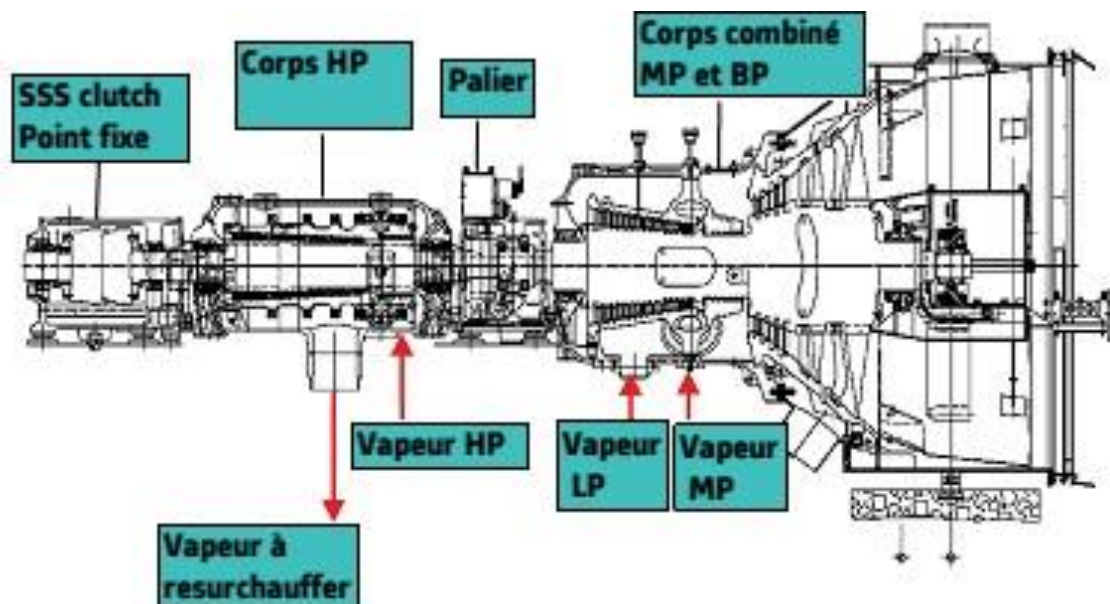


Figure I.6 : Turbine à vapeur.

### I.4.5 Embrayage auto-commutable synchrone entre la TV et l'Alternateur

L'embrayage permet de connecter la TV à l'alternateur, alors que celui-ci est déjà entraîné par la TG :

L'embrayage s'engage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient positif ; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à dépasser celle de l'alternateur.

L'embrayage se désengage automatiquement aussitôt que le couple de la TV devient négatif ; c'est-à-dire aussitôt que la vitesse de la TV a tendance à passer en dessous de celle de l'alternateur.

Aucun système de régulation n'est nécessaire pour l'embrayage

### I.4.6 Condenseur

Le condenseur est un échangeur thermique qui permet de condenser la vapeur en sortie de la TV, pour réalimenter en eau la chaudière.

L'installation est de design axial refroidi à l'eau de mer. Le condenseur est constitué de deux faisceaux double passe. Afin d'opérer le condenseur avec un seul demi condenseur, les boîtes à eau sont divisées. Du fait de l'augmentation de la pression à l'échappement de la TV, la puissance produite est dans ce cas réduite.

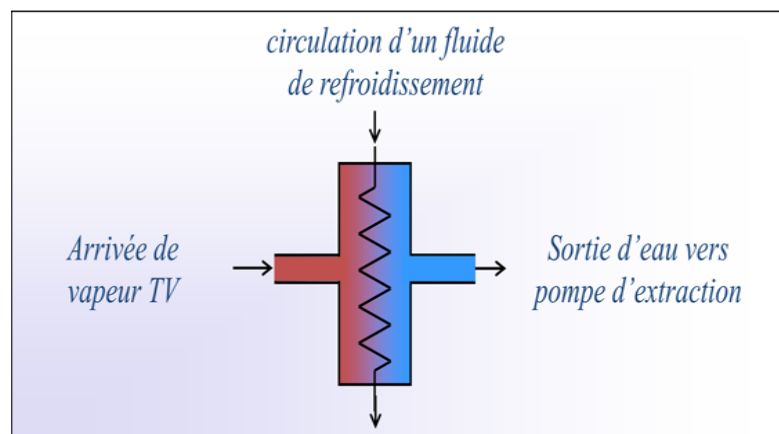


Figure I.7 : Condenseur.

Afin que les tubes du condenseur restent propres et garantissent un transfert optimal de la chaleur, un dispositif de nettoyage continu des tubes du condenseur de type « boules en éponge » est installé.

#### **I.4.7 Transformateurs élévateurs de tension de l'alternateur**

Le transformateur principal de l'alternateur est utilisé pour élever la tension générée (20KV) jusqu'au niveau de tension du réseau du client (400KV).

Le transformateur est installé en extérieur à proximité immédiate du transformateur de soutirage. Le transformateur est équipé d'un système de refroidissement à l'huile et à l'air forcé.



**Figure I.8 :** Transformateurs élévateurs.

Le circuit magnétique du transformateur est constitué de tôles en acier laminé à froid et à grains orientés. Les enroulements sont constitués de conducteurs de cuivre à haute conductivité et sont conçus pour la tension de tenue aux chocs de foudre et la résistance aux courts-circuits adéquate.

### **I.5 Système de refroidissement**

#### **I. 5.1 Système de refroidissements principal**

Le système d'eau de réfrigération principale fournit de l'eau froide au condenseur de la turbine à vapeur et au réfrigérant du circuit fermé d'eau de réfrigération des auxiliaires. Les pompes de réfrigération principale assurent l'alimentation en eau du condenseur, de la réfrigération auxiliaires et de l'électro chloration.



Le pompage se fait en deux étapes :

➤ Les pompes de transfert (3 x (2x50%)) relève l'eau de mer du niveau + 0.00 m au niveau +50.00 m. Ces pompes sont installées dans la station de pompage au niveau + 6.00m. En amont des pompes, un système de filtration d'eau de mer est constitué d'un étage de filtres à barreaux avec son dégrilleur et d'un étage de filtre à bandes avec son système de nettoyage par injection d'eau.

L'isolement de chaque pompe de transfert et de chaque train de filtration est possible grâce à l'utilisation de batardeaux. Au refoulement des pompes de transfert, une vanne d'isolement à papillon assure les fonctions suivantes : isolement de la pompe, clapet anti-retour grâce à un contrepoids et amortissement de la fermeture grâce à un système hydraulique afin d'éviter les coups de bélier dans la ligne de refoulement. L'eau de mer est ainsi envoyée par trois conduites forcées vers le bassin de tranquillisation située au niveau +50.00 m.

➤ Les pompes principales de réfrigération (3 x (2x50%)) pompent dans le bassin de tranquillisation et alimentent les condenseurs et les réfrigérants du circuit de réfrigération secondaire. Ces pompes sont installées dans le bassin de tranquillisation au niveau + 50.00m. Au refoulement de ces pompes, une vanne d'isolement à papillon assure les fonctions suivantes : isolement de la pompe, clapet anti-retour grâce à un contrepoids et amortissement de la fermeture grâce à un système hydraulique afin d'éviter les coups de bélier dans la ligne de refoulement.

## **I.6 système d'alimentation combustible**

### **I.6.1 Système d'alimentation en gaz**

Le gaz est amené en limite de site par la tuyauterie de gaz du client commune aux trois unités de la centrale. Le gaz combustible alimente ensuite la station de lavage dans laquelle il est purifié de toute humidité et poussière. Dans la station de réduction de pression, la pression du gaz combustible est ajustée à la pression requise par le système de combustion de la turbine à gaz. Un filtre fin et un système de préchauffage de combustible sont installés en amont de chaque turbine à gaz. La turbine à gaz est ensuite alimentée en gaz. De plus, un analyseur de gaz naturel et un débitmètre sont également installés en amont de chaque turbine à gaz.

## I.6.2 Système d'alimentation en gasoil

Le poste de dépotage du gasoil permet le remplissage des réservoirs de stockage à partir des camions citernes. Ce poste de dépotage est équipé d'un système de comptage du débit transféré depuis les camions vers le réservoir. Depuis les réservoirs de stockage, les pompes de transfert (2x100 % par unité) assurent l'alimentation de la turbine à gaz. Un circuit secondaire permet également le remplissage du réservoir journalier du groupe électrogène et des chaudières du système de dessalement

## I.7 Principe de fonctionnement électrique

### I.7.1 Niveaux de tension de la centrale

- Réseaux HT 400 kV / 50 Hz ;
- Tension alternateur TG/TV 20 kV / 50 Hz ;
- Tension tableaux MT 6,6 kV / 50 Hz ;
- Tension tableaux BT 400 V / 50 Hz ;
- Tension tableaux à courant continu 220 V - 110 V - 24 V ;
- Tension tableaux ASI 230 V CA - 50 Hz.

### I.7.2 Alternateur

L'alternateur synchrone triphasé, 2 pôles, est refroidit par hydrogène. L'alternateur, la turbine à gaz et la turbine vapeur sont couplés sur un même arbre.

L'alternateur est équipé d'une excitation statique. Les bagues collectrices et les balais transmettent le courant issu du système statique d'excitation (situé à l'extérieur de l'alternateur) au bobinage d'excitation. Les bagues collectrices sont situées sur la prolongation de l'arbre à l'extrémité de l'alternateur et côté opposé à la turbine à gaz.

Les trois bornes de sorties stator sont situées sur le dessus du compartiment alternateur. Les trois bornes et les transformateurs de courant coté point neutre sont situés au-dessous de l'alternateur. Elles sont reliées à l'enroulement du stator par l'intermédiaire de barres de cuivre flexibles. Le point neutre est relié à la terre à l'extérieur du compartiment.

### **I.7.3 Système statique de démarrage (SSD)**

Le SSD est utilisé uniquement pour démarrer et lancer la turbine à gaz qui sera allumée après avoir atteint environ sa vitesse nominale.

Lors du démarrage de la TG, le disjoncteur de l'alternateur est ouvert.

Pour lancer la TG, l'alternateur est utilisé en moteur synchrone et alimenté via le SSD par le transformateur BBT10 lui-même alimenté par le réseau HT à travers le transformateur principal BAT10.

En cas de démarrage par les groupes électrogènes, le SSD sera alimenté par le transformateur BBT30 lui-même alimenté par le tableau de distribution 6,6 kV (90BDA) des groupes électrogènes.

N'ayant pas de SSD, la tranche 3 sera démarrée par le SSD de la tranche 1 ou 2. Pendant la phase de démarrage en moteur synchrone, la tension fournie au stator de l'alternateur est d'abord redressée et ensuite transformée en tension triphasée à fréquence variable par le démarreur statique.

Le système de démarrage de l'excitation fournit le courant continu aux enroulements d'excitation du rotor, produisant ainsi le champ magnétique, qui permet au rotor de l'alternateur de tourner

### **I.7.4 Système statique d'excitation (SES)**

La régulation d'excitation est assurée par 2 voies redondantes. Les 2 voies du régulateur, les limiteurs et les contrôleurs sont situés dans le même module que le système statique d'excitation.

En mode automatique, les points de consigne pour les réglages de la tension et de la puissance réactive fournie ou absorbée de l'alternateur sont ajustables localement et depuis la salle de commande principale via le DCS. Le courant d'excitation est réglable manuellement.

Le mode de contrôle automatique est le mode de fonctionnement normal pour la régulation de tension et de puissance réactive de l'alternateur. Le régulateur automatique de tension change l'angle d'amorçage des thyristors du convertisseur pour contrôler le courant d'excitation alternateur sans aucune interruption.

Pendant que l'une des deux voies régule l'excitation alternateur, l'autre voie est en mode lecture et traite ses données d'entrée mais les sorties sont bloquées.

De ce fait, si la voie active se met en défaut ou est mise en maintenance, la voie en mode lecture prend automatiquement le relais et cela sans aucune interruption de régulation.

Le système d'excitation est alimenté en fonctionnement normal par le transformateur MKC5 pris sur le jeu de barres sortie alternateur.

## **I.8 Système de démarrage**

### **I.8.1 Démarrage de la Tg en mode normal**

La puissance nécessaire au démarrage de la turbine gaz est soutirée sur le réseau HT 400kV via le transformateur principal BAT10. Le disjoncteur d'alternateur (GCB) est ouvert. Le SSD est alimenté par le transformateur de démarrage. Les auxiliaires de l'unité concernés et les auxiliaires généraux nécessaires au démarrage de la TG sont alimentés par le transformateur de sous-tirage auxiliaire de tranche.

L'alternateur est alors démarré en moteur synchrone à l'aide du SSD. Après avoir atteint sa vitesse nominale de lancement, la TG est allumée, le SSD est déconnecté et la TG continue de manière autonome à accélérer jusqu'à la vitesse nominale de synchronisme. L'alternateur peut être synchronisé sur le réseau via le disjoncteur d'alternateur (GCB).

### **I.8.2 Démarrage de la TG par les groupes électrogènes**

En cas d'absence du réseau HT 400kV, il est possible de démarrer une Turbine à Gaz à l'aide des groupes électrogènes.

Les 10 groupes électrogènes sont dimensionnés pour alimenter :

- les auxiliaires de tranche nécessaires au démarrage.
- les auxiliaires communs nécessaires au démarrage de la tranche

le SSD à démarrer via son propre transformateur de démarrage.[1]

# Chapitre

## II

### *Introduction aux méthodes de maintenance*

## **II.1. Introduction**

Tous les systèmes susceptibles de servir de façons continue ou répétée doivent faire l'objet de la maintenance. Dans l'industrie, la maintenance est comptée parmi les fonctions essentielles du système de production et dans les systèmes fortement automatisés. En effet elle est un enjeu clé de la productivité et de la compétitivité des entreprises.

La mise en œuvre d'une politique de maintenance nécessite une parfaite connaissance du comportement du matériel

## **II 2. Définition de la maintenance.**

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 [4].

### **II .2.1 Historique de la maintenance**

Le terme « maintenance » tire son origine du vocabulaire militaire qui veut dire maintien des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant.

L'apparition du terme maintenance dans l'industrie a eu lieu vers 1950 aux USA. En France il se superpose progressivement à « l'entretien ». En Algérie, certaines entreprises emboitent le pas et d'autre suivent loin derrière.

### **II. 2.2 Politique de la maintenance**

La politique de la maintenance consiste à définir des objectifs technico-économiques relatifs à la prise en charge du matériel de l'entreprise par le service maintenance.

Pour mettre en œuvre une politique de maintenance on doit passer par les phases suivantes :

- Information ;
- Définition de l'objectif ;
- Choix des méthodes à mettre en œuvre ;
- Définition des moyens nécessaires ;
- Réalisation ;
- Bilan humain, technique et économique.

### II.3. Différent objectifs de la maintenance

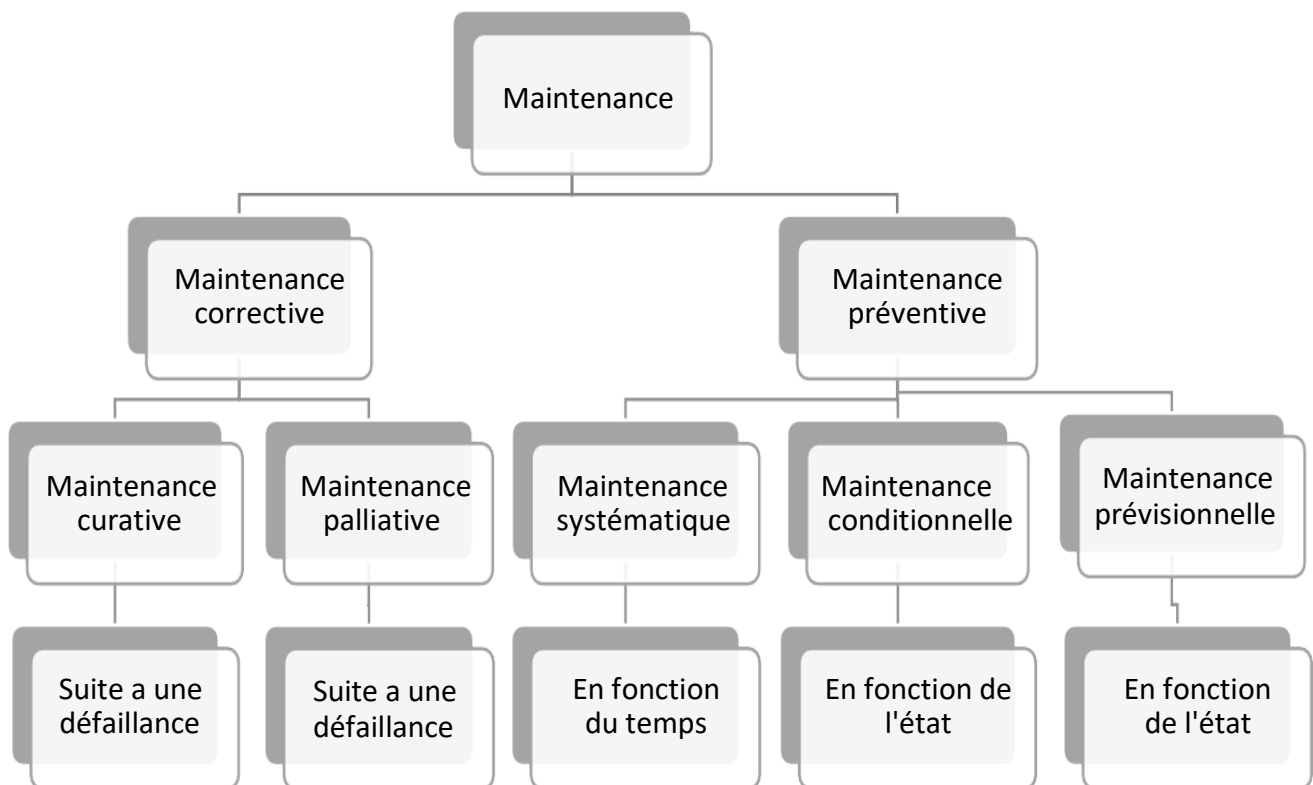
D'une manière générale, la maintenance a pour objectif principal d'assurer les disponibilités maximales des équipements de production à un coût optimal.

Les principaux objectifs que doit fixer la fonction maintenance sont :

- Garantir la qualité de production ;
- Assurer la production prévue ;
- Respecter les délais ;
- Assurer la sécurité humaine ;
- Améliorer la gestion de stock.

### II.4. Les types de la maintenance

On distingue deux types de maintenance, maintenance préventive et maintenance corrective qui divergent à plusieurs méthodes dépendantes de l'utilisation du matériel et du type de matériel.



**Figure II.1** : Différents types de maintenance.

#### II.4.1 La maintenance préventive

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminé sous selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

#### **II.4.1.1 La maintenance préventive systématique**

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

#### **II.4.1.2 La maintenance préventive conditionnelle**

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

#### **II.4.1.3 La maintenance préventive prévisionnelle**

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation d paramètres significatifs de la dégradation du bien.

### **II.4.2 La maintenance corrective**

La maintenance corrective est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

#### **II.4.2.1 Maintenance corrective «acceptée»**

La recherche permanente du meilleur rapport, usage/coût, peut conduire à accepter la défaillance d'un équipement avant d'envisager des actions de maintenance.

#### **II.4.2.2 Maintenance corrective «palliative»**

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise.

Appelée couramment «dépannage», la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

#### **II.4.2.3 Maintenance corrective «curative»**

Action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise. [4]

### **II.4.3 la complémentaire entre maintenance préventive et maintenance corrective**

Quoique l'on fasse il restera toujours des défaillances résiduelles et il est préférable de concevoir la maintenance corrective non pas comme un échec de la maintenance préventive mais comme un type d'intervention complémentaire.



Le responsable de maintenance doit choisir la maintenance préventive qu'il effectuera et, autant que possible, la part qu'il laissera à la maintenance corrective. [4]

## II. 4.4 Les échelons de la maintenance

Exemples indicatifs d'échelon de maintenance (NF X 60-10)	
Echelon	Définition
1 <sup>er</sup> Echelon	Moyens de maintenance (logiciel, personnel...) disponibles sur site
2 <sup>ème</sup> Echelon	Moyens mobiles sur site (atelier ou équipe mobile)
3 <sup>ème</sup> Echelon	Moyens d'un centre de maintenance secondaire ou régional (atelier, magasin...)
4 <sup>ème</sup> Echelon	Moyens d'un centre de maintenance principal ou national (atelier, personnel...)

**Tableau II.1 :** Exemples d'échelon de maintenance.

## II.5. La fiabilité

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminés.

## II.6. Analyse de la fiabilité par les lois de probabilité

### II. 6.1 Analyse de la fiabilité à partir de la loi exponentielle

Cette loi repose sur l'hypothèse  $\lambda = \text{constante}$ , dans ce cas de défaillance aléatoire émergent sous l'action de cause diverse et indépendante par la position suivante, dite de vieillesse, pendant laquelle un ou plusieurs modes de défaillances prédominantes apparaissent (fatigue, corrosion, etc.).

L'électronique se prête bien à l'utilisation de la loi exponentielle, dès lors que les composants sont déterminés. La plupart des analyses des défaillances prévisionnelles de fiabilité et de maintenabilité repose sur les hypothèses exponentielles.

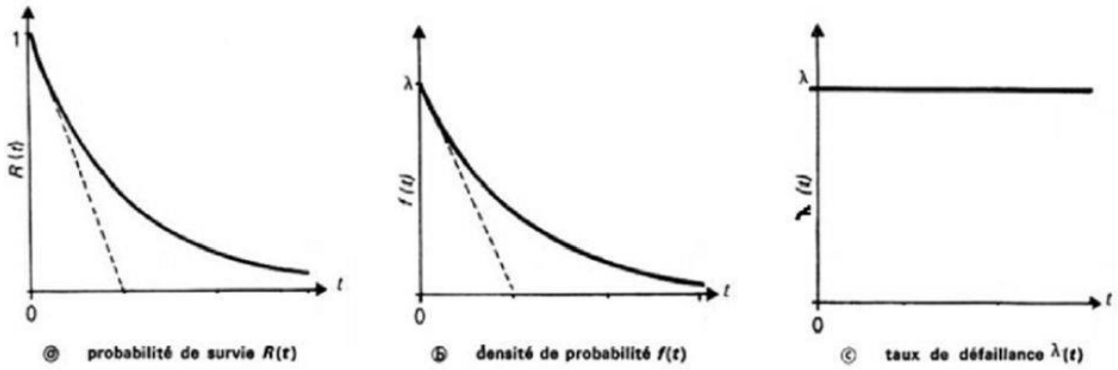


Figure II.2 : Le principe de la distribution exponentielle.

- Fonction fiabilité :  $R(t) = e^{-\lambda t}$
- Densité de probabilité :  $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$
- Fonction de réparation :  $F(t) = 1 - R(t)$
- Espérance mathématique :  $E(t) = \frac{1}{\lambda}$

**II. 6.2 Analyse de la fiabilité à partir de la loi Weibull**

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres, utilisée en fiabilité, plus particulièrement en mécanique d’expérimentations.

**Ses caractéristiques**

- Fonction de densité

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(1)$$

$(t - \gamma) > 0$

$\beta$ : Paramètre de forme.

$\eta$ : Paramètre de d’échelle.

$\gamma$ : Paramètre de position ou d’origine

- Fonction de réparation

$$f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(2)$$

- Espérance mathématique

$$E(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt = \gamma + \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots\dots\dots(3)$$

## II. 6.3 Analyse de la fiabilité à partir de la méthode ABC-loi de PARETO

### II. 6.3.1 Définition

La méthode ABC est une méthode objective et efficace de choix, basée sur la connaissance d'une période antérieure. Les résultats se présentent sous forme d'une courbe dite courbe ABC.

### II.6.3.2 But de la méthode ABC

Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces, opérations) en fonction d'un critère de valeur retenu (unité de coût, heurs, etc..).

- ✓ Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène ;
- ✓ Hiérarchiser les causes d'un problème ;
- ✓ Evaluer les effets d'une solution ;
- ✓ Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.[11]

### II. 6.3.3 Présentation de la loi de PARETO

Un économiste Italien, Vilfredo Pareto, en étudiant la répartition des impôts constata que 20% des contribuables payaient 80% de la recette de ces impôts. D'autres répartitions analogiques sont peut être constatées, ce qui a permis d'en tirer la loi des  $\beta$ 0-80 ou la loi de Pareto. Cette loi peut s'appliquer à beaucoup de problèmes, c'est un outil efficace pour le choix et l'aide à la décision. [11]

## II.6.4 Analyse de la fiabilité à partir de la méthode AMDEC

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 suivie [3].

## II.7. Présentation de la méthode AMDEC

### II.7.1 Définition

L'AMDEC est l'acronyme de l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leur criticité. C'est une méthode de prévention pour une meilleure gestion de la maintenance. Grâce à cette méthode d'amélioration continue, le responsable va pouvoir identifier les problèmes qui peuvent survenir et mieux les poser pour les résoudre. L'AMDEC permet d'identifier, de rationaliser les problèmes potentiels pour ensuite les résoudre. Il est donc d'autant plus important qu'il faut sans cesse renouveler l'expérience pour arriver à une détection convenable mais qui ne sera jamais complète. L'intérêt économique est d'anticiper des problèmes au sein d'une entreprise. En effet, cela entre dans le cadre de la limitation des risques, pour un intérêt bien compris par de nombreuses entreprises qui utilisent l'AMDEC.

### II.7.2 Historique et domaine d'application

L'AMDEC a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité.

Utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs automobiles.

La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique.

### II.7.3 Objectifs de l'AMDEC

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception afin de :

- Évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement d'un moyen de production.
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance : prise en compte de la maintenabilité dès la conception, amélioration de la testabilité, aide au diagnostic, amélioration de la maintenance corrective. [10]

## **II.7.4 Les types de l'AMDEC**

### **II.7.4.1 AMDEC machine**

Elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le taux de rebuts, le taux de panne et analyse de la conception des équipements de production pour améliorer leur disponibilité.

### **II.7.4.2 AMDEC produit**

Elle permet de verrouiller la conception des produits, ceci consiste à étudier les plans et caractéristiques d'un produit afin de détecter préventivement les situations qui peuvent conduire à une fonction non ou mal réalisée.

### **II. 7.4.3 AMDEC processus**

Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'elle réponde aux spécifications définies, elle consiste à rechercher dans un processus de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent conduire à un produit défectueux.

### **II.7.4.4 AMDEC organisation**

Elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

### **II.7.4.5 AMDEC service**

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

### **II. 7.4.6 AMDEC sécurité**

Elle s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

## **II.7.5 Avantages et inconvénients de l'AMDEC**

### **II.7.5.1 Avantages de la méthode AMDEC**

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est-à-dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent.

Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs. [10]

### **II.7.5.2 Inconvénients de la méthode AMDEC**

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place.

### **II.7.6 Les aspects de la méthode AMDEC**

#### **II. 7.6.1 L'aspect qualitatif**

Elle 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 [5].

#### **II.7.6.2 L'aspect quantitatif**

Elle 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 [5].

### **II.7.7 AMDEC machine**

#### **II.7.7.1 Définition**

Ces techniques d'analyses qui ont pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise des défaillances. Elles ont pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. Leurs rôles n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement. En particulier :

- Définir un système de surveillance : détection des anomalies, alarme, signalisation
- Optimiser les stocks de pièces de rechange
- Mettre en place une maintenance conditionnelle : suivi vibratoire, analyse des huiles

- Construire les aides au diagnostic

### **II.7.7.2 Les intérêts**

Le groupe qui procède à l'AMDEC recherche essentiellement des solutions pour être mise en place par la maintenance elle-même en particulier :

- Réduire le nombre de défaillances
- Prévention des pannes
- Fiabilisation de la conception
- Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite
- Amélioration de la surveillance et des tests
- Amélioration de la maintenance préventive
- Détection précoce des dégradations
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance
- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception
- Amélioration de la testabilité
- Amélioration de la maintenance corrective
- Amélioration de la sécurité

### **II.7.7.3 Cas d'application**

L'AMDEC machine est particulièrement destinée aux constructeurs (AMDEC prévisionnelle) et aux utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle).

#### **II.7.7.3.1 AMDEC prévisionnelle**

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (élément nouveau, spécifiques ou complexe) dont on connaît mal le comportement. Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en place des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

### II.7.7.3.2 AMDEC opérationnelle

Elle est utilisée en période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique et pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques...). Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine.

## II.7.8 Les démarches pratiques de l'AMDEC machine

### II. 7.8.1 Initialisation

- **But** : L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, plus précisée avec le groupe de travail. Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

- **Démarches**

- 1) Définition du système à étudier ;
- 2) Définition de la phase de fonctionnement ;
- 3) Définition des objectifs à atteindre ;
- 4) Constitution du groupe de travail ;
- 5) Etablissement du planning ;
- 6) Mise au point des supports de l'étude.

### II.7.8.2 Analyse fonctionnelle

- **But** : Il ne s'agit pas dans cette étape de faire l'analyse critique de l'adéquation des fonctions de la machine au besoin, mais seulement d'identifier les éléments à étudier et les fonctions à assurer. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle facilite l'étape ultérieure d'analyse des défaillances. Elle permet également au groupe de travail d'utiliser un vocabulaire commun. Elle peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les besoins.



- **Découpage du système**

Le système se décompose en blocs fonctionnels, sous une forme arborescente. Descendre d'un niveau conduit souvent à augmenter la finesse et le détail de l'étude AMDEC et par suite à en allonger très nettement la durée.

- **Identification des fonctions des sous-ensembles**

Faire l'inventaire des milieux environnant des sous-ensembles auxquels appartiennent les éléments étudiés, dans la phase de fonctionnement retenue. Chaque milieu environnant doit être précisé par ses caractéristiques.

- **Identification des fonctions des éléments**

Il s'agit des fonctions élémentaires à assurer par chaque élément, chaque fonction doit être décrite par ses caractéristiques techniques ou performances. Le diagramme fonctionnel d'un sous-ensemble est presque le même avec le précédent sauf pour le sous-ensemble (représenté par ces différents organes).

### **II. 7.8.3 Défaillance**

Selon la norme NF EN 13306 la défaillance est défini comme une cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise.

On entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble:

- ✓ Ne fonctionne pas ;
- ✓ Ne fonctionne pas au moment prévu ;
- ✓ Ne s'arrête pas au moment prévu ;
- ✓ Fonctionne à un instant non désiré.

#### **a) Modes de défaillance**

C'est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition:

- Déformation
- Usure
- Rupture
- Destruction
- Desserrage

- Cassure
- Fuite
- Perte de performance

### **b) Causes de défaillance**

C'est évidemment ce qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considéré comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour la corriger.

### **c) Effets d'une défaillance**

Sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou du service.

## **II.8. Criticité**

La criticité est désignée par la lettre « C » de notre sigle AMDEC, équivalent à l'indice de priorité de risque. Elle permet de discriminer les actions à entreprendre et les calculer à partir de la gravité, la fréquence et la non détection de la défaillance :

$$C = F * G * D$$

Tel que :

**G** : C'est un indice qui se réfère à la gravité (ou sévérité) de l'effet de chaque défaillance, tel que ressenti par l'utilisateur. Ainsi, la notion de gravité est directement liée à la gravité des effets de la défaillance

**O** : (occurrence) ou fréquence d'apparition d'une défaillance due à une cause particulière, elle représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré.

**D** : la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survient.

## a) Les niveaux de la criticité

Niveau de criticité	Définition
$1 \leq C < 12$ Criticité négligeable	Aucune modification Maintenance corrective
$12 \leq C < 16$ Criticité moyenne	Amélioration Maintenance préventive systématique
$16 \leq C < 20$ Criticité élevée	Surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
$20 \leq C < 64$ Criticité interdite	Remise en cause complète de l'équipement

Tableau II.2 : Les niveaux de la criticité.

## b) Les critères de la gravité

Niveau de gravité	Indice	Définition
Gravité très faible	1	Sous influence
Gravité faible	2	Peut critique
Gravité moyenne	3	Critique
Gravité catastrophique	4	Très critique

Tableau II.3 : Les critères de la gravité. [7]

## c) Les critères de l'occurrence

Niveau de fréquence	Indice	Définition
Fréquence très faible	1	Défaillances rares : Moins d'une défaillance par an
Fréquence faible	2	Défaillances possibles : Une défaillance par trimestre
Fréquence moyenne	3	Défaillances fréquentes : Une défaillance par deux mois
Fréquence forte	4	Défaillances très fréquentes : Plusieurs défaillances par semaine

Tableau II.4 : Les critères de l'occurrence. [7]

**d) Les critères de non détection**

Niveau de probabilité de	Indice	Définition
<b>Non détection</b>		
Détection évidente	1	Défaillance précocement détectable : Détection à coup sûr de la cause de défaillance.
Détection possible	2	Défaillance détectable: Signe avant-coureur facilement détecté
Détection improbable	3	Défaillance difficilement détectable : Signe avant-coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable
Détection impossible	4	Défaillance indétectable. Aucun signe avant-coureur de la défaillance.

**Tableau II.5** : Les critères de la non détection. [7]**II.8.1 Synthèse**

Cette étape consiste à effectuer un bilan d'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de cause, les actions à effectuer. Ce bilan est essentiel pour tirer vraiment parti de l'analyse.

**II.8.2 Hiérarchisation des défaillances**

Pour la hiérarchisation des défaillances selon les niveaux atteints par les critères de criticité, on utilise des représentations graphiques ou des divers classements.

**II. 8.2.1. Liste des points critiques**

Cette liste permet de recenser les points faibles de la machine et les éléments les plus critiques pour le bon fonctionnement du système.

**II. 8.2.2. Liste des recommandations**

Cette liste permet de recenser, voire de classer par ordre de priorité, les actions préconisées. On utilise souvent une grille dans laquelle on peut faire apparaître les critères de coût et de difficulté de mise en place des actions à entreprendre.

**II. 8.3 Les actions**

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.

Les actions sont de 3 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.
- **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 à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

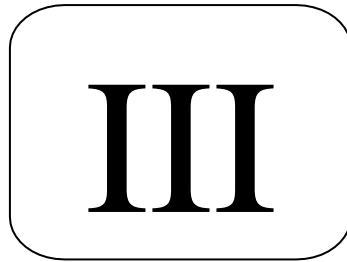
Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

- 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 retours des résultats

## II.9 Conclusion

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (gravité, fréquence, non-détection).[5] Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

# Chapitre



## *Equipement de la Pompe Alimentaire*

### III. 1. Introduction

La pompe alimentaire sert à refouler l'eau d'alimentation de la bache alimentaire vers le ballon de chaudière en passant à travers les réchauffeurs haute pression et l'économiseur.

#### III.1.1 Le rôle d'une pompe

On peut l'utiliser pour :

✓ véhiculer un liquide d'un réservoir situé à un certain niveau à un autre situé au niveau plus haut.

✓ Augmenter la quantité (le débit) de liquide qui traverse une conduite. D'une manière générale, et du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

### III.2. Classification des pompes

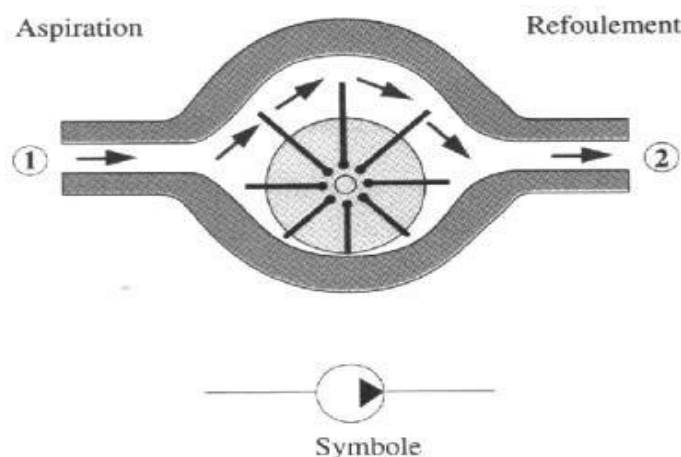
Le mode de déplacement du fluide à travers des pièces en mouvement de la pompe et leur fonction permet de classer les pompes en plusieurs familles :

#### III. 2.1 Pompes volumétriques

Elles utilisent la variation de volume pour déplacer le fluide. Le rendement volumétrique est le rapport entre le volume engendré.

#### III.2.2 Pompe volumétriques rotatives

Les pompes volumétriques à engrenage sont munies de deux roues dentées. L'une des roues est entraînée par le moteur de commande et elle transmet le mouvement à l'autre.



**Figure 1:** Pompe volumétrique rotative

### III.2.3 Pompes volumétriques alternatives

Son principe de fonctionnement est le déplacement du fluide dans un tuyau par l'effet du mouvement d'un piston qui glisse dedans, l'aspiration de fluide se fait dans le tuyau immergé.

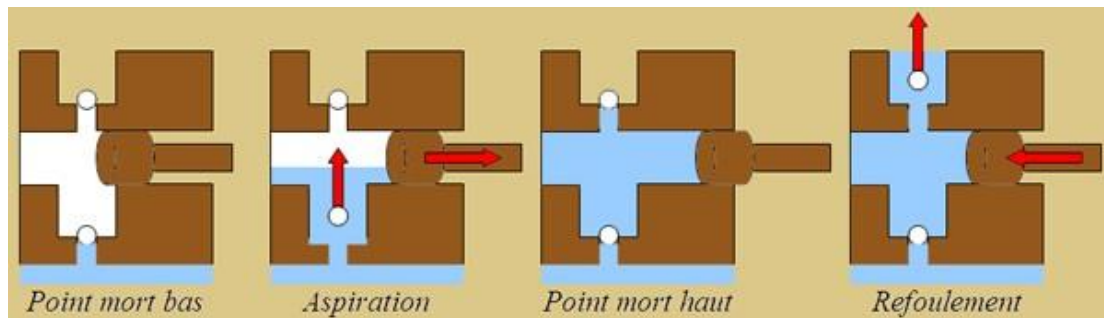


Figure 2 : Pompe volumétrique alternative

### III.2.4 Turbo pompe

#### III.2.4.1 Pompe rotative axiale

Le principe est proche de celui de l'hélice du bateau. Le déplacement du fluide est parallèle à l'axe de rotation.

Elle trouve son application pour de grands débits sur de faibles dénivelés (faible différence de pression, plusieurs milliers de  $\text{m}^3/\text{h}$ ) dans le domaine de l'eau (captage de l'eau potable).

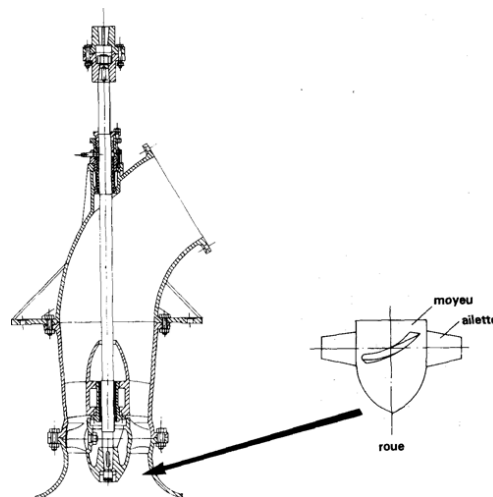


Figure 3 : Pompe rotative axiale



### III.2.4.2 Pompe Hélico centrifuge

La roue composée de plusieurs aubes à double courbure dont les deux arrêtet sont inclinées par rapport à l'axe de rotation.

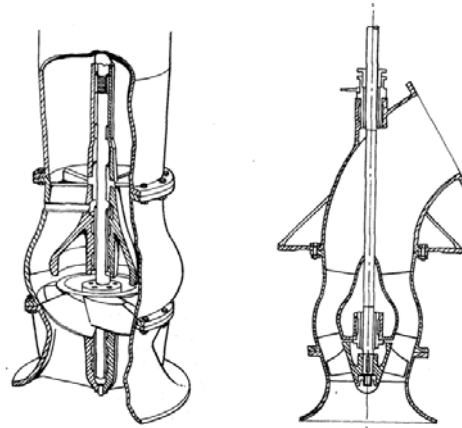


Figure 4 : Pompe Hélico centrifuge

### III.2.4.3 Pompe centrifuge

Il s'agit d'une application concrète de la force centrifuge. Le principe utilisé est celui de la roue à aubes courbe. La roue est placée dans une enceinte (le corps de pompe) possédant deux ou plusieurs orifices, le premier dans l'axe de rotation (*aspiration*), la seconde perpendiculaire à l'axe de rotation (*refoulement*). le liquide pris entre deux aubes se trouve contraint de tourner avec celle-ci, la force centrifuge repousse alors la masse du liquide vers l'extérieur de la roue où la seule sortie possible sera l'orifice de refoulement.

L'énergie de fluide est donc celle provenant de la force centrifuge.

Pour une même pompe, le débit varie :

- proportionnellement à la vitesse de rotation.
- en fonction des caractéristiques du fluide, telle que la viscosité, la température, la densité

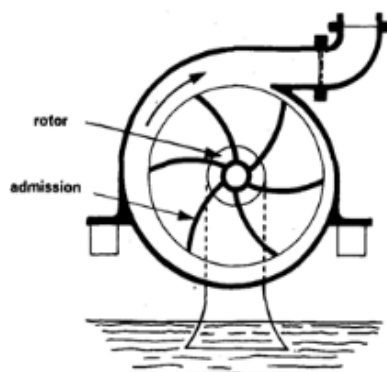


Figure 5 : Pompe centrifuge

### III.2.4.3.1 Constitution de la pompe centrifuge

La pompe centrifuge est une pompe qui aspire axialement et refoule radialement, et constitué de :

- une roue à aubes ou turbine tournant autour de son axe
- un collecteur de section croissante en forme de spirale
- un arbre de transmission portant deux roulements à billes qui assure le guidage de rotation
- un carter d'huile
- un flasque d'accouplement pour relier la pompe avec un moteur électrique [2]

### III.3. Description de la pompe alimentaire

la pompe alimentaire HP/MP est une pompe centrifuge horizontale et multi-étagée. Elle est conçue avec un soutirage MP/BP. Elle est connectée au moteur électrique par un accouplement flexible. Le moteur électrique est de type triphasé à induction et alimenté par le tableau moyenne tension de la centrale.

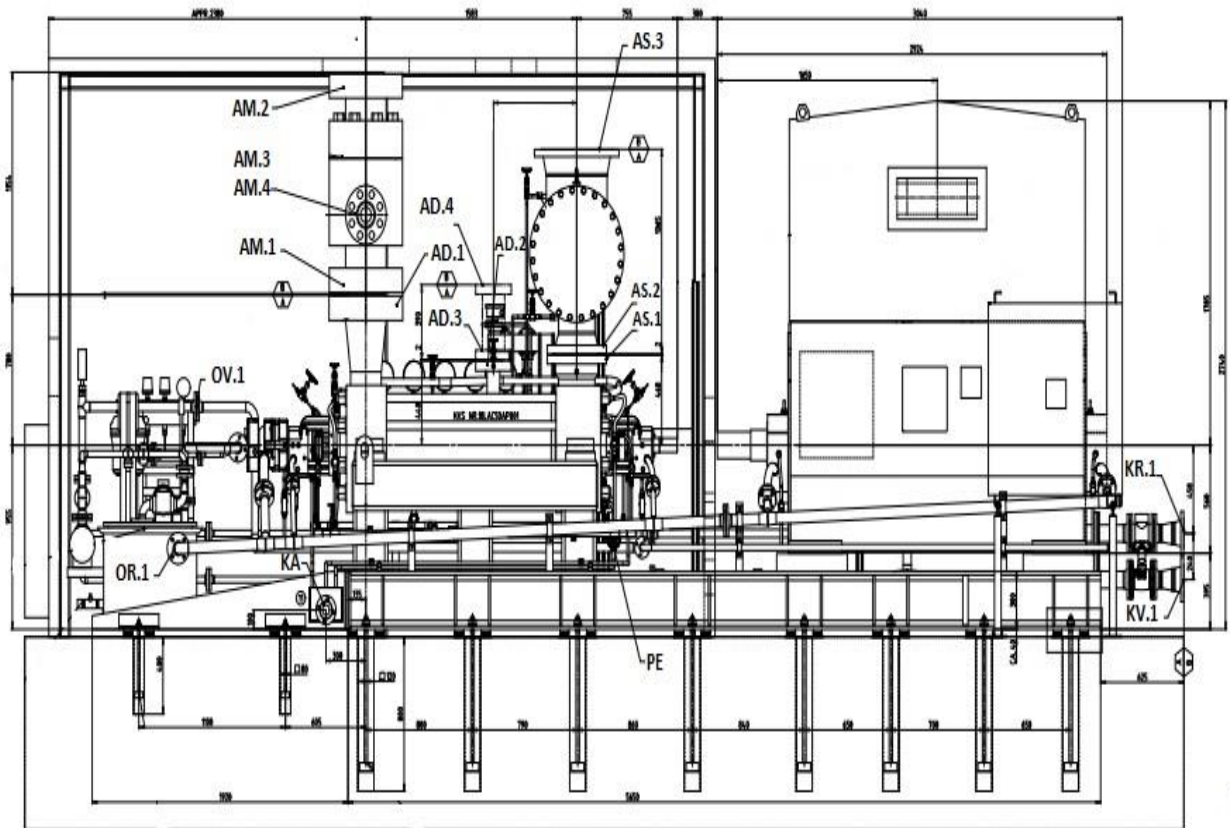
#### III.3.1 But

- Alimenter les ballons HP/MP/BP de la chaudière de récupération en eau alimentaire provenant de la Bâche alimentaire.
- Alimenter les échangeurs d'air TG "simple passe" en eau alimentaire HP
- Alimenter le préchauffeur de gaz en eau alimentaire • Alimenter, en eau alimentaire, l'injection d'eau du poste de by-pass HP.
- Alimenter les désurchauffeurs HP/MP de la chaudière de récupération en eau alimentaire pour l'injection d'eau
- Le système comprend les équipements suivants:
  - Pompes alimentaires HP (avec soutirage d'eau alimentaire MP/BP).
  - Vanne d'isolement au refoulement des pompes.
  - Vanne automatique de recirculation 4 voies.
  - Filtres à l'aspiration des pompes.

- Lignes de contournement pour remplissage.
- Lignes de recirculation.
- Lignes de purges.

### III.3.2 la pompe alimentaire

La figure suivante représente la pompe alimentaire [6]

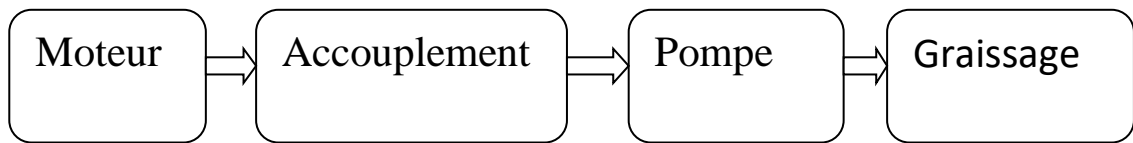


**Figure 6 :** Vu générale de la pompe alimentaire

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 :AS.1 entrée eau d'alimentation | 11 :AM.4 sortie débit minimum          |
| 2 :AS.2 entrée eau d'alimentation | 12 :KV.1 eau de refroidissement avance |
| 3 :AS.3 entrée eau d'alimentation | 13 :KR.1 eau de refroidissement retour |
| 4 :AD.1 sortie eau d'alimentation | 14 : KA vidange                        |
| 5 :AD.2 sortie eau d'alimentation | 15 : PE drain liquide pompé            |
| 6 :AD.3 sortie eau d'alimentation | 16 :OV.1 conduite alimentation huile   |
| 7 :AD.4 sortie eau d'alimentation | 17 :OR.1 conduite retour huile         |
| 8 :AM.1 entrée eau d'alimentation |  |
| 9 :AM.2 sortie eau d'alimentation |  |
| 10 :AM.3 sortie débit minimum     |  |

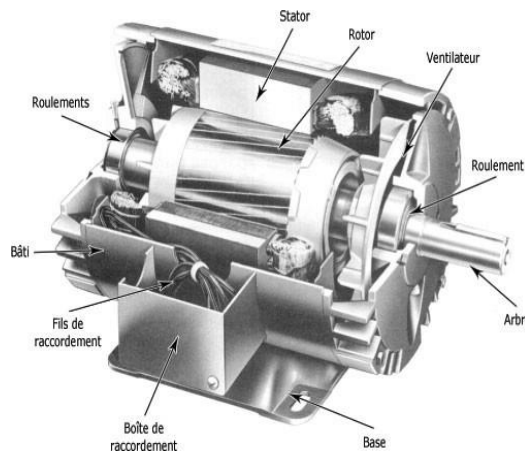
### III.3.3 Composant principale de la pompe alimentaire

La pompe alimentaire contient les composants suivantes :



#### III.3.3.1 Moteur électrique

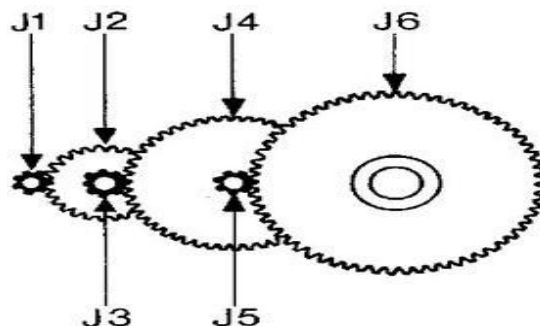
Le moteur qui entraîne la pompe principale est un moteur asynchrone rotor en court-circuit à refroidissement air-air (refroidissement tubulaire) est de type à flasque protection.[6]



**Figure 7** : Moteur asynchrone

#### III.3.3.1.1 Multiplicateur de vitesse

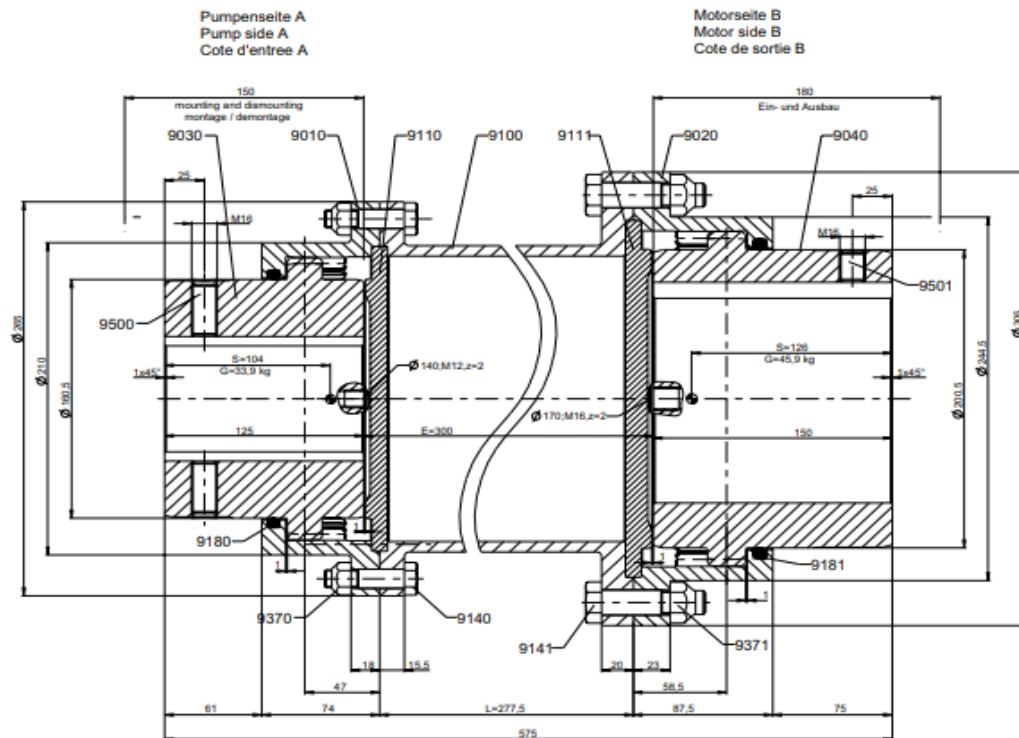
Son rôle est d'augmenter la vitesse de rotation de moteur asynchrone. C'est un variateur de vitesse mécanique.



**Figure 8** : Multiplicateur de vitesse

### III.3.3.2 Accouplement

la figure suivante représente l'accouplement entre le moteur et la pompe.[6]



**Figure 9** : Accouplement pompe moteur

9501 : goupille filète	9111 : bague de retenue
9500 : goupille filète	9110 : bague de retenue
9371 : écrou	9100 : entretoise
9370 : écrou	9040 : moyeu
9181 : joint torique	9030 : moyeu
9180 : joint torique	9020 : carter
9161 : bouchon de fermeture	9010 : carter
9160 : bouchon de fermeture	
9141 : boulon ajuste	
9140 : boulon ajuste	

### **III.3.3.2.1 Alignement de l'accouplement de liaison**

L'Alignement de l'accouplement de liaison doit vérifier les procédures suivantes :

- Procéder au lignage des composants du groupe conformément à la documentation du fabricant.
- Pour des moteurs électriques avec jeu axial, mettre le rotor du moteur au centre magnétique conformément à la documentation du fabricant. Cette position du rotor doit rester inchangée pendant tous les travaux de lignage.
- Pousser l'arbre de pompe vers le corps d'aspiration et/ou le côté entraînement jusqu'à sa butée au rotor.[6]

### **III.3.3.3 Pompe principale**

#### **III.3.3.3.1 Le principe de fonctionnement**

C'est une pompe centrifuge multicellulaire à onze étages avec aspiration axiale et refoulement radiale. L'entraînement de la pompe se fait par un moteur électrique de puissance 2950 kW et vitesse de rotation de 2980 tr/mn. La pompe alimente la chaudière par l'eau chaude décalée et déminéralisée. La pompe admet l'eau par son corps d'aspiration verticalement par rapport à l'axe de son arbre.

L'eau aspirée rentre à la première roue. Ensuite, l'eau arrive au diffuseur pour augmenter la pression.

De cette manière l'eau continue son écoulement à travers les autres étages jusqu'à au onzième étages, .

L'étanchéité entre les étages est assurée par des joints toriques disposés entre les étages.[6]

## III.3.3.3.2 Caractéristiques de la pompe

	Unités	Marche 100% fioul	Marche 100% gaz
Débit a l'aspiration par pompe	$m^3/h$	425	412
Débit prise intermédiaire MP	$m^3/h$	89	93
Hauteur manométrique	mCE	1791	2005
Hauteur manométrique prise intermédiaire	mCE	528	609
Hauteur a débit nul	mCE	<2326	
Hauteur a débit nul prise intermédiaire	mCE	<758	
Température de fonctionnement	C	134	60
Température de design a l'aspiration/refoulement	C	170/174	
Densité	Kg/ $m^3$	931.9	983.9
Débit minimum	$m^3/h$	100	
Rendement pompe a la température de fonctionnement	%	78.2	47.5
Puissance mécanique absorbée	kW	2624	2505
Puissance plaque moteur	kW	2950	
Vitesse de rotation	Tr/m in	2980	
Nombre d'étages		11(D+10)	

Tableau 1 : Caractéristique de la pompe



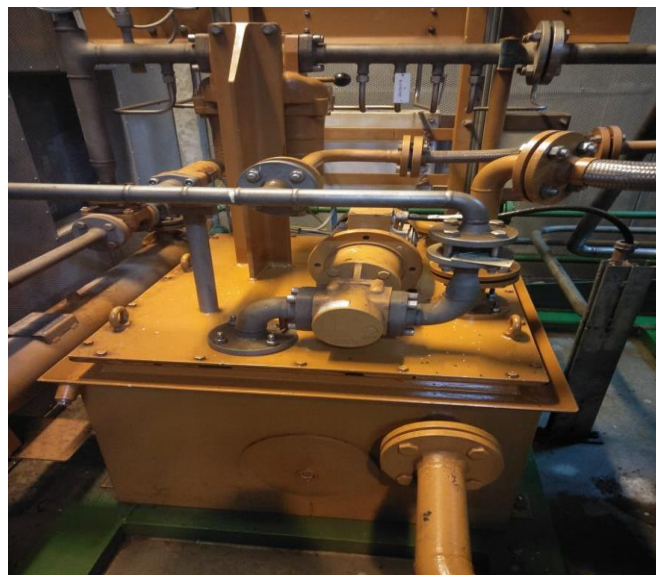
- ❖ Pompe centrifuge multi-étagée segmentée avec une prise intermédiaire, roue double à l'aspiration, connexion à brides, paliers lisses à lubrification forcée.



**Figure 10** : Pompe principale

### III.3.4 Centrale d'huile

Le rôle de la centrale d'huile est la lubrification forcée de la pompe et du moteur comportant une pompe à engrenages entraînée par l'arbre de la pompe principale et une pompe électrique intervenant au démarrage et à l'arrêt de la pompe principale [6]



**Figure 11** : Vue réel de la centrale d'huile



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. Cette huile doit passer par les réfrigérants d'huile et le filtre avant d'arriver aux paliers. la pompe entraînée par l'arbre s'amorce et assure le graissage tandis que celle qui est motorisée s'arrête automatiquement

#### **III.4. Circuit d'eau d'alimentation**

Les pompes alimentaires HP/MP envoient l'eau alimentaire au travers de la ligne de refoulement commune HP vers les économiseurs HP de la chaudière de récupération et vers le poste de by-pass HP. Depuis le soutirage MP/BP, les pompes alimentaires envoient l'eau alimentaire au travers de la ligne de refoulement commune MP/BP vers les économiseurs MP/BP de la chaudière de récupération.

En fonctionnement normal, une seule pompe alimentaire HP/MP est en marche tandis que l'autre pompe est en attente, L'eau alimentaire entre par les lignes d'aspirations des pompes HP

Chaque pompe a sa propre ligne d'aspiration qui peut être isolée individuellement de la bache alimentaire au moyen d'une vanne d'arrêt manuelle.

En aval des vannes d'arrêt à l'aspiration des pompes, des filtres sont installés pour empêcher les impuretés d'entrer dans les pompes.

Des transmetteurs de pression différentielle sont installés pour surveillance de l'encrassement des filtres.

L'eau alimentaire filtrée est conduite à l'aspiration de la pompe alimentaire HP.

L'eau alimentaire MP est soutirée d'un étage intermédiaire de la pompe alimentaire.

L'eau alimentaire BP soutirée de la ligne d'eau alimentaire MP en aval de l'économiseur commun MP/BP de la chaudière de récupération Les lignes HP en aval des vannes d'arrêt au refoulement des pompes sont connectées à la ligne commune d'eau alimentaire HP elle même connectée aux divers consommateurs d'eau alimentaire telles que la partie HP de la chaudière de récupération et les réfrigérants d'air TG "simple passe".

Les lignes MP en aval du soutirage MP au niveau des pompes sont connectées à la ligne commune d'eau alimentaire MP, elle même connectée à la partie MP/BP de la chaudière de récupération.[6]

### III.5. Les instrumentations utilisées dans la pompe alimentaire

#### III.5.1 Les contacteurs et les relais

##### a) Les contacteurs

- Il assure la fonction de commutation. Il permet de fermer ou d'ouvrir un circuit électrique de puissance en charge et a distance.

- lorsque la bobine du contacteur est alimenté les contacts de la partie puissance et ceux de la partie commande changent d'états simultanément ,l'ouverture et la fermeture des contacts s'effectuent grace a un circuit electromagnetique.[9]



Figure 12: Contacteur

##### b) Les relais

Un relais est un appareil électrique constitué essentiellement d'une bobine alimentée par un circuit de commande, dont le noyau mobile provoque la commutation de contacts pour alimenter un circuit de puissance. [9]



Figure 13: Relais électrique

### III. 5.2 Les capteurs

#### III.5.2.1 Définition

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique (information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (information sortante). Cette grandeur, représentative de la grandeur prélevée, est utilisable à des fins de mesure ou de commande. [8]

#### III.5.2.2 Les capteurs de position (fin de cours à contact)

Les capteurs de position sont des capteurs de contact. Ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.

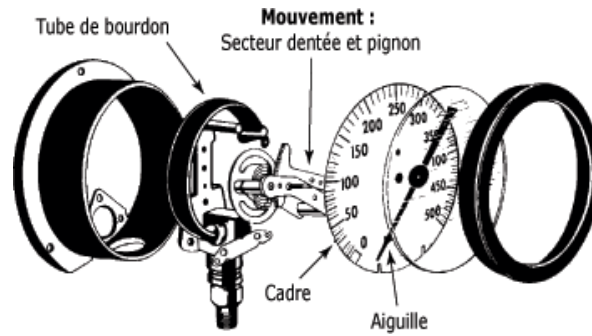
En perte de vitesse, les capteurs mécaniques à contact sont les seuls encore largement utilisés. L'action mécanique sur la partie mobile du capteur permet d'établir ou d'interrompre un contact électrique.[8]



**Figure 14** : Capteurs de fin de cours à contact

#### III.5.2.3 Les capteurs de pressions (pressostat)

Les capteurs de pression et les pressostats permettent une mesure et une surveillance précises et fiables des pressions tant relatives qu'absolues. La gamme se décline entre les capteurs destinés à la mesure et à la surveillance de pression au sein d'applications générale



**Figure 15** : Pressostat

#### III.5.2.4 Les capteurs de températures (thermostats)

Ils sont destinés à détecter un seuil de température dans un réservoir, une canalisation, l'appareil transforme un changement de température en un signal électrique.

Lorsque la température atteint la valeur de réglage, le contact électrique change d'état. [8]



**Figure 16** : Thermostat

#### III.5.2.5 Les Capteurs de débit

Ils sont destinés à contrôler la quantité de fluide qui s'écoule ou qui est fournie par unité de temps. Il existe deux types de débits, le débit massique et le débit volumique.

Le débit massique ( $Q_m$ ) et le débit volumique ( $Q_v$ ) sont liés par la relation :

$$Q_m \text{ (kg/s)} = \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \times Q_v \text{ (m}^3\text{/s)} \text{ [8]}$$



**Figure 17:** Capteur de débit

### III.5.2.6 Le transmetteur

C'est un dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard. Il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle commande.

Le couple capteur+transmetteur réalise la relation linéaire entre la grandeur mesurée et son signal de sortie. [9]



**Figure 18 :** Transmetteur

### **III.6 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté les pompes alimentaires, l'instrumentation, les caractéristiques et le fonctionnement des élément principale de la pompe.

Notre étude sur les équipements de la pompe alimentaire , nous permet de faire une bonne maintenance préventive et corrective.

# Chapitre

IV

*Application de  
l'AMDEC*

## **IV.1 Introduction**

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse des défaillances applicables à tous les systèmes : produit fini, machine, composant, procédé, organisation. C'est avant tout un outil d'aide à la conception afin de prendre en compte les défaillances réelles et potentielles et de les corriger au plutôt. Mais la méthode peut être mise en œuvre tout au long du cycle de vie pour maîtriser et améliorer l'existant. En effet, l'AMDEC en cours de vie d'un système permet d'agir sur les causes de défaillance les plus critiques afin de se rapprocher du « zéro défaillance ». [10]

## **IV.2 Démarche pratique de l'AMDEC sur la pompe alimentaire**

La méthode se base sur la question suivante : comment notre machine ne peut assurer correctement sa fonction ? Les réponses à cette question sont nos modes de défaillances pour la machine. On s'interroge ensuite : quels sont les causes probables, quels sont les effets d'un bris ?

La méthode AMDEC comporte 4 étapes successives pour un total de 21 opérations. La démarche est la suivante :

### **IV.2.1 Initialisation**

- 1-définition du système à étudier
- 2-définition de la phase de fonctionnement
- 3-définition des objectifs à atteindre
- 4-constitution d'un groupe de travail
- 5-établissement du planning
- 6-mise au point des supports de l'étude

### **IV.2.2 Décomposition fonctionnelle**

- 7-découpage du système
- 8-identification des fonctions des sous-ensembles
- 9-identification des fonctions des éléments



### **IV.2.3 Analyse AMDEC**

#### **IV.2.3.1 Analyse des mécanismes de défaillances**

10- Identification des modes de défaillances

11- Recherche des causes

12- Recherche des effets

13- Recensement des détections

#### **IV.2.3.2 évaluation de la criticité**

14-estimation du temps d'intervention

15-évaluation des critères de cotation

16-calcul de la criticité

#### **IV.2.3.3 proposition d'actions correctives**

17-recherche des actions correctives

18-calcul de la nouvelle criticité

### **IV.2.4 synthèse**

19-hiérarchisation des modes de défaillances

20-liste des points critiques

21-liste des recommandations.[10]

## **IV.3 La Décomposition fonctionnelle de la pompe alimentaire**

Nous avons décomposé la pompe alimentaire selon son mode de fonctionnement en six parties :

- Partie moteur
- Partie pompe
- Partie entraînement
- Partie lubrification
- Partie refroidissement
- Partie mesure

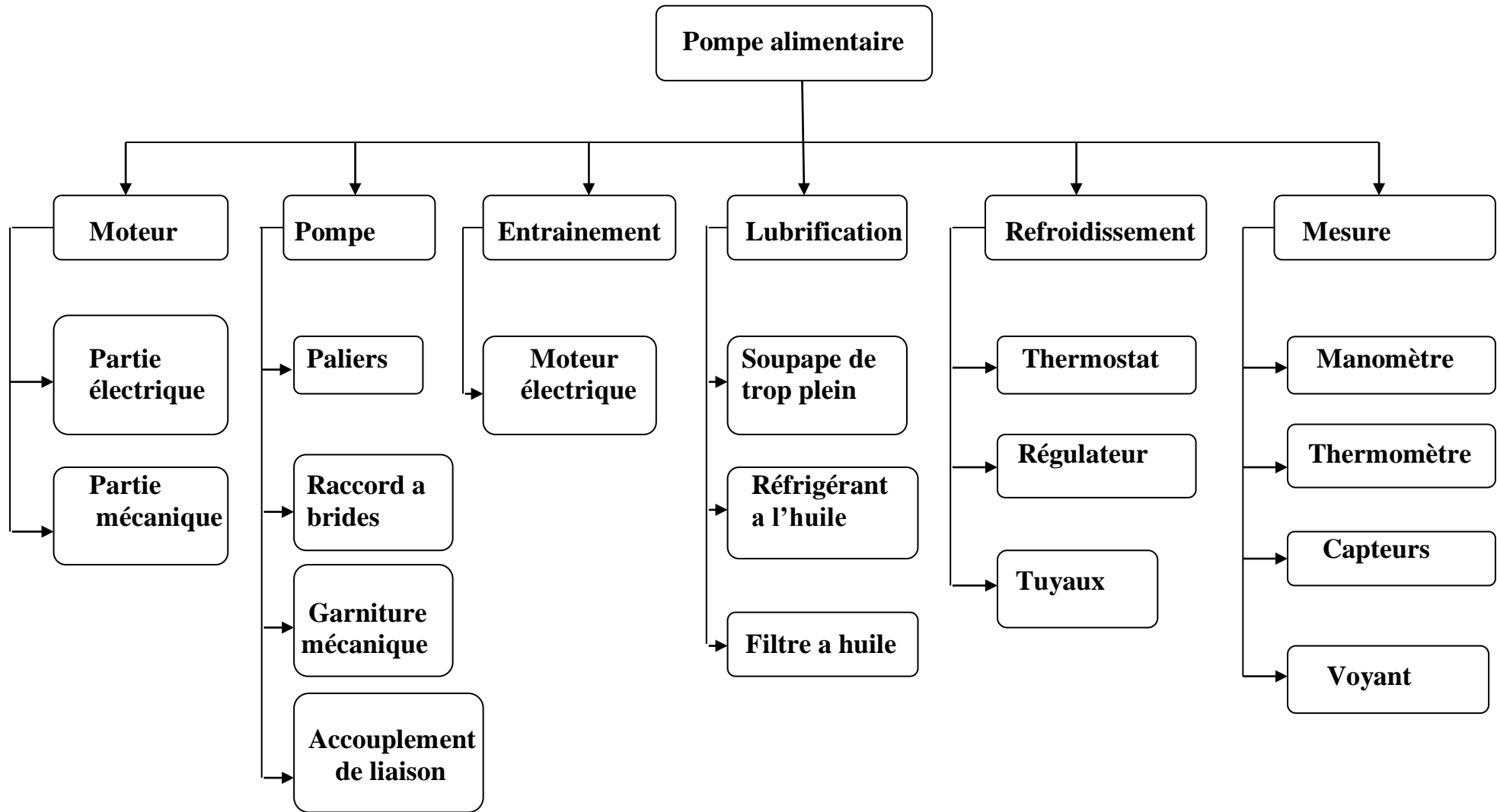


Figure 1 : Décomposition fonctionnelle de la pompe alimentaire

#### IV.4 barème de cotation des critères fréquence, gravité et non détection

Le calcul de criticité se fait pour chaque combinaison, cause, mode et effet, à partir des niveaux atteints les critères de cotation. La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de cotation :

$$C = F \times G \times N$$

**F** : niveau associé à la fréquence d'apparition d'une défaillance, elle doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultant d'une cause donnée.

**G** : niveau associé à la gravité de la défaillance, elle représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.

**N** : niveau associé à la probabilité de non détection de la défaillance, elle doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne. [10]

Niveau de criticité	Actions à engager
$1 \leq C < 12$ Criticité négligeable	-Aucune modification de conception. -Maintenance corrective.
$12 \leq C < 24$ Criticité moyenne	-Amélioration des performances de l'élément. -Maintenance préventive systématique.
$24 \leq C < 48$ Criticité élevée	-Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments. -Surveillance particulière. -Maintenance préventive conditionnelle/prévisionnelle.
$48 \leq C < 64$ Criticité interdite	-Remise en cause complète de la conception.

**Tableau 1** : calcul de la criticité.

**Tableau 2 :** Application de la méthode AMDEC sur le moteur (partie électrique)

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Système : pompe alimentaire			Sous ensemble : moteur (partie électrique)							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
contacteur	commande	usure des contacts	-mauvais serrage -court circuit	pas de transmission de puissance	contrôle	1	3	2	6	Serrage périodique du contacteur
variateur de vitesse	Commande	-endommagent - griller	surchauffe	-perte de commande -vibration - mauvais rapport de vitesse	- contrôle - bruit	3	3	1	9	-Vérification et réglage de variateur -Changement des variateurs de vitesse
câble d'alimentation	transmission de la puissance	coupure	coupure d'une phase d'alimentation La mise en marche	Ronflement au démarrage	-Visual - Contrôle	2	2	2	8	Contrôler les appareils de coupure et le câbles
relais thermique	reliage auxiliaire du circuit électrique	bobinage grille	Dure de vie	pas de transmission de puissance	Contrôle	2	2	1	4	changement de composant

En plus de la suppression des causes de défaut, il faut aussi réparer les éventuels dommages qui se sont produits sur la machine

**Tableau 3** : Application de la méthode AMDEC sur le moteur (partie mécanique)

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Système : pompe alimentaire			Sous - Ensemble : moteur (partie mécanique)							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
roulement	transmission et mouvement	cassure	-pièces des roulements endommagés -mauvais montage du roulement	-vibration -bruit	-visuel -contrôle	2	3	2	12	-vérifier l'état du roulement -Ouvrez et ajustez le roulement
arbre du rotor	transmission et mouvement	déséquilibre	arbre du rotor déséquilibré	-bruit -vibration	bruit anormal	3	4	3	36	rééquilibrer le rotor
accouplement	transmission	-cassure -Fissure -usure	-manque de lubrifiant -fatigue	-pas de transmission -vibration	bruit	2	2	2	8	-vérifier la lubrification -changement
pièces de rotation	transmission et mouvement	-cassure -fissure -rupture	frottement de pièces en rotation	-fort échauffement -bruit de frottement	-contrôle -échauffement	1	3	3	9	-localiser le défaut -ajuster les pièces

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Système : pompe alimentaire			Sous - Ensemble : moteur (partie mécanique)							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
les axes	mouvement et transmission	déséquilibre	mauvais alignement	-vibrations axiales -vibrations radiaux	-bruit -contrôle	2	2	3	12	-aligner le jeu de machine -vérifier l'accouplement
Pignon	transmettre la puissance	détérioration des dents	-manque de lubrifiant -surcharge -fatigue	-pas de transmission -vibration	bruit anormal	1	4	2	8	changements des engrenages

-dans cette partie (partie électrique et partie mécanique) nous remarquons que plusieurs éléments ont une criticité moyenne  $C \leq 12$ , sauf l'arbre de rotor qui a une criticité  $C=36$ . C'est dans ce cas que le service de maintenance a besoin de l'intervention de constructeur.

**Tableau 4** : Application de la méthode AMDEC sur la partie pompe

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Système : pompe alimentaire			Système : pompe							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
paliers	guider un arbre	-cassure -rupture	-choc -manque de lubrifiant	-blocage -jeux -vibration	-bruit -vibration	4	2	3	24	contrôler la niveau et la qualité d'huile
garniture mécanique	étanchéité	-usure -fissure	-fatigue -frottement -rupture des joints	-faible rendement -vibration élève -bruit	-contrôle -bruit anormal	4	4	3	48	-contrôler le taux de fuite -contrôler la température
Pompe	aspiration et refoulement	bouchage	-bulles d'air dans le système -purgeage insuffisant -le fluide véhiculer mousse	la pompe n'aspire pas	contrôle	2	4	4	32	--la conduite de retour doit déboucher -agrandir la surface d'aération -agrandir la surface d'huile
	aspiration et refoulement	bouchage	- un corps étranger est dans la pompe -le logement grippe	la pompe est bloquée	contrôle	2	4	4	32	-démonter la pompe et la réparer -contrôler si le fluide n'a pas perdu sa viscosité

AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ										
Système : pompe alimentaire			Système : pompe							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
électrovanne	régulateur de débit	l'électrovanne reste fermée ou ouverte	-le degré de remplissage est réduit -la viscosité est trop forte	le débit est trop faible	contrôle	2	3	2	12	réduire le nombre de tours de la pompe dans le cas de fluide trop visqueux
crépine	aspiration	-déformation -usure	la crépine avec clapet anti retour ne s'ouvre pas	la pompe ne de place pas l'huile	contrôle	1	3	3	9	contrôler le fonctionnement de la crépine et éventuellement, et la remplacer
raccord a bride	aspiration	durée de vie	la pompe aspire de l'air	la pompe aspire trop peu d'huile	contrôle	2	4	2	16	contrôler le raccord a brides

-Dans cette partie nous remarquons que la garniture mécanique et la pompe ont une criticité très élevés nécessitent d'une intervention du constructeur



**Tableau 5** : Application de la méthode AMDEC sur la partie entrainement

		<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
		Système : pompe alimentaire		Sous - Ensemble : entrainement								
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective		
						F	G	D	C			
Stator	création d un champ tournant	-détérioration des roulements -défaillance de phase	-fatigue -surcharge	arrêt du moteur	contrôle	1	3	3	9	bobinage des enroulements		
Rotor	assure le mouvement de rotation et entraine les organes associés	-usure -cassure	-fatigue -surcharge	-vibration -arrêt du moteur	contrôle	1	3	2	6	équilibrage de rotor		
Palies	guider et supporter le rotor	-détérioration -usure	-manque de lubrifiant -fatigue	-mauvais guidage d alignement -blocage de rotor	bruit	2	2	2	8	graissage systématique		
balais	Insertion des résistances de démarrage avec les enroulements	-brulure -écaillage	frottement avec les bagues de rotor	échauffement	visuel	3	2	2	12	-surveillance périodique -changement en cas de brulure		

- La partie entrainement ne nécessite pas vraiment des interventions du constructeur pour le bon fonctionnement du système, les criticités ne dépassent pas 12

**Tableau 6** : Application de la méthode AMDEC sur la partie lubrification

		<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>								
		Système : pompe alimentaire		Sous - Ensemble : lubrification						
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
réservoir a huile	lubrification	fuite	fatigue	pas de lubrification	-visuel -contrôle	2	3	3	18	-réparation des fuites -changement de réservoir
réfrigérant d'huile	refroidissement d'huile	endommagement	-choc -fatigue	pas de refroidissement	contrôle	1	2	2	4	nettoyage nécessaire lors de la réduction progressive de la capacité de refroidissement
filtre à huile	Nettoyage	Pollution	durée de vie	lubrification insuffisante	contrôle	1	1	2	2	changement de filtre

**Tableau 7** : Application de la méthode AMDEC sur la partie refroidissement

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Système : pompe alimentaire			Sous ensemble : refroidissement							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
thermostat	ouverture et fermeture	endommagement	-la température de l'admission est trop élevée -thermostat est réglé a une valeur élevée	la température de sortie d'huile est trop élevée	échauffement	1	2	2	4	régler correctement le thermostat
régulateur d'eau	réglage de pression d'eau	endommagement	le régulateur d'eau de refroidissement est défectueux	échauffement	contrôle	3	3	3	27	remplacer le régulateur
tuyaux	circulation d'eau	bouchage	les tuyaux du cote d'eau sont écrasée	échauffement	contrôle	1	2	1	2	nettoyer les tuyaux
ventilateur	refroidissement	endommagement	refroidissement endommagée	Echauffement	contrôle	4	3	4	48	changement de ventilateur

-Dans ces deux parties (lubrification et refroidissement) nous voyons la présence de deux éléments critiques, le réservoir d'huile C=18 et le régulateur d'eau C=27, dans les deux cas nous aurons besoin uniquement le service de maintenance.

**Tableau 8** : Application de la méthode AMDEC sur la partie mesure

<b>AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
Système : pompe alimentaire			Sous - Ensemble : mesure							
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
capteur de température	mesure	endommagement	-échauffement -mauvais branchement de fiche -manque de lubrifiant	-perte de mesure -augmentation de la température	visuel	2	1	2	4	changement de capteur
manomètre de pression	Mesure	endommagement	-échauffement -pression élevée	manque d'information sur la pression	visuel	1	1	4	4	changement de manomètre
voyant	Mesure	endommagement	mauvaise détection	sécurité	visuel	1	3	1	3	changement de voyant
capteur de vibration de l'arbre	Mesure	endommagement	-échauffement -mauvais branchement des fiches	perte de mesure de vibration	visuel	2	1	2	4	changement de capteur

-Nous remarquons dans cette partie que tous le éléments ont une criticité négligeable

#### IV.5 La réévaluation de la criticité

Les éléments avec la criticité élevée sont regroupés par ordre décroissant dans le tableau 9.

C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des actions appropriées.

Elément	Criticité	Action a engagé
Garniture mécanique	48	Remise complète de la conception
Arbre de rotor	36	Surveillance particulière
Pompe	32	
Régulateur d'eau	27	
Paliers	24	
Réservoir d'huile	18	Amélioration des performances d'éléments.
Raccord a bride	16	
Balais	12	
Electrovanne	12	
Roulement	12	
Les axes	12	
Crépine	9	Aucune modification
Variateur de vitesse	9	
Câble d'alimentation	8	
Pignon	8	
Contacteur	6	
Capteur de température	4	
Relais thermique	4	
Voyant	3	

Nous avons choisi la valeur 32 comme seuil de criticité pour l'intervention du constructeur

#### IV.6 Analyse des résultats

Pour l'amélioration de la disponibilité de la pompe alimentaire, il faut veiller à l'application des actions de maintenance sur les équipements ayant une criticité  $C \leq 12$ , en appliquant les actions suivantes :

- Surveillance périodique
- Maintenance systématique ou conditionnelle

D'après les résultats obtenus, nous avons bien déterminé les risques de dysfonctionnement de ce système, en mettant en évidence les points critiques pour proposer des actions de maintenance, afin de réduire leur criticité.

Nous avons observé que la majorité des problèmes rencontrés dans ce système sont dus à l'usure et cassure. Pour éviter ce genre de problèmes, il est recommandé de faire un contrôle systématique. Pour s'assurer que ces deux mode de défaillances ne se propagent plus et que les défaillances n'altèrent pas vraiment le fonctionnement normal de ce système et n'engendrent pas de longs arrêts, l'entreprise doit effectuer périodiquement les étapes suivantes :

- Effectuer les réparations et le nettoyage.
- Veiller au respect des instructions de maintenance systématique telles que, le remplacement des pièces défectueuses, suivant l'agenda périodique recommandé par le constructeur.
- Etablir des fichiers historiques des pannes.
- Refaire l'étude AMDEC systématiquement.
- Former le personnel de service maintenance à l'AMDEC.

#### IV.7 Conclusion

Pendant notre période de stage et des visites périodiques , on a pu collecté les informations nécessaires avec l'expérience du groupe SKT sur la pompe alimentaire , afin de pouvoir définir ses différentes anomalies suivant les causes, les modes et l'effets des défaillances de chaque sous-ensembles pour bien dérouler l'analyse AMDEC.

Cette application nous a permis de proposer un plan de maintenance basé sur les actions correctives et préventives dans le but d'améliorer, optimiser les performances pour assurer la disponibilité de notre machine.

**Conclusion générale**

## Conclusion générale

Au terme de ce projet de fin d'études, un bref récapitulatif permet de rappeler les différentes étapes de la réalisation de notre projet pendant la période du stage effectué au centrale thermique a cycle combiné Terga Ain Temouchent.

Pour l'élaboration de ce travail, nous avons commencé dans un premier temps par la description détaillée de la Pompe Alimentaire, puis une analyse de l'historique des défaillances a été menée pour identifier les sous-ensembles les plus défaillants de cette machine.

Par la suite, le déroulement des tableaux AMDEC nous a permis d'identifier les causes principalement responsables de chaque problème, et déterminer la criticité de chaque organe, ce qui nous a aidé à proposer des solutions en employant des actions correctives, et ainsi donner un plan de maintenance préventif de la machine.

Les tables d'analyse AMDEC élaborées dans le dernier chapitre nous permettent de conclure que :

- ✓ Les équipements ayant un indice de criticité  $1 < C < 12$  n'ont pas besoin d'un programme de maintenance spécifique, seulement la maintenance corrective.
- ✓ Pour les équipements qui ont un indice de criticité compris entre  $12 < C < 24$ , des programmes d'amélioration et de maintenance préventive systématique doivent être appliqués aux équipements.
- ✓ Des surveillances particulières et de la maintenance préventive conditionnelle doivent être appliquées aux équipements qui ont un indice de criticité compris entre  $24 < C < 48$ .
- ✓ Certain sous-ensembles présentent des indices de criticité interdits supérieur à **48** tel que la glissière et le ventilateur, alors il faut remettre en cause la conception complète de ces sous-ensembles.

A la fin de ce travail on conclut que l'analyse AMDEC c'est une recherche longue mais fructueuse qui s'intègre parfaitement dans une démarche d'analyse et de prévention des risques.



## Références et bibliographies

- [1] documentation interne SKT
  - [2] <https://www.ladissertation.com/Sciences-et-Technologies/Sciences-de-la-Vie-de-la-Terre/TP-Pompe-Centrifuge-157705.html> consultez le 03/06/2019
  - [3] AFNOR, Norme NF X 60-510
  - [4] <http://btsmiforges.free.fr/> BTS Maintenance Industrielle Forges les Eaux consultez/05/03/2019
  - [5] Ecole des hautes études commerciales, Centre d'études en qualité totale. Sous la direction du prof Joseph Kelada
  - [6] Manuel de maintenance pompes alimentaires : TRG/13/M-----B30/MM/001. SKT terga
  - [7] R. Massinissa et K. hani''Analyse de sous-ensemble fonctionnels de la souffleuse SBO 10/5028 par la méthode AMDEC''Mémoire de Master, université A-MIRA de BEJAIA
  - [ 8] Georges ASCH, « Les capteurs en instrumentation industriel », 7em édition, 2010
  - [9] MICHEL GROUT et PATRICK SALAUM, « instrumentation industriel et installation des capteurs et des vannes »
  - [10] Théorie de L'AMDEC Licence GMI /E.N.S.T
  - [11] Christian Houhmann, « Méthode ABC », 3 Novembr2009
-

## ملخص

من أجل الحصول على مردود ممتاز وعمر خدمة طويل للآلات من الضروري إتباع طرق الصيانة، من بين هذه الطرق تم اختيار طريقة تحليل أوضاع الفشل وتأثيرها وخطورتها. وهذه الطريقة هي أداة تستخدم في نهج الجودة وفي سياق سلامة التشغيل تتكون من تحليل: أسباب الفشل وآثارها. في النهاية، تم التوصل إلى أن تحليل أوضاع الفشل وتأثيرها وخطورتها هي طريقة طويلة ومثمرة تناسب تمامًا عملية التحليل والوقاية من المخاطر.

## Resumé

Pour obtenir un excellent rendement et longue durée de vie du machine il faut q'on suivre des méthodes de maintenance, parmi ces methodes on a choisis la methode AMDEC.

La méthode AMDEC est l'analyse des modes de defaillances et de leurs effets et de leur criticité, cette méthode est un outil utilisé dans la demarche qualité et dans le cadre de la suretè de fonctionnement.

L'AMDEC consiste a analyser : les défaillances leurs causes et leurs effets.

A la fin on conclut que l'AMDEC est une methode longue mais fructuese qui s'intègre parfaitement dans une demarche d'analyse et de prevention des risques

## Abstract

In order to obtain an excellent work and a long service life of the machine, it is necessary to follow maintenance methods; among these methods the AMDEC method has been chosen.

The AMDEC method is the analysis of the failure modes and their effects and their criticality, this method is a tool used in the quality approach and in the context of the operating safety.

AMDEC consists in analyzing: the failures their causes and their effects.

At the end it is concluded that AMDEC is a long but fruitful method that fits perfectly into a process of analysis and risk prevention.