

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Université Mohammed Seddik Ben Yahia - Jijel

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Mécanique



## Projet de fin d'études

*Pour l'obtention du Diplôme de MASTER*

*En Génie Mécanique*

*Option : Construction mécanique*

### *Thème*

**Optimisation et amélioration de la  
maintenance par la fiabilité  
Cas d'une turbine d'une centrale électrique**

Les membres de jury :

Dr : Y. SAADALLAH    Président

Dr : H. FENINECHE    Examineur

Dr : R. BELHADEF    Encadreur

Présenté par :

AMIRA Messaoud

BOULECHEFAR Aissam

*Promotion juin 2019*

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 NOTIONS GENERALES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. MAINTENANCE .....</b>	<b>4</b>
1.1.2. DEFINITION .....	4
1.1.3. TYPES DE MAINTENANCE .....	4
1.1.3.1. La maintenance corrective .....	5
1.1.3.1.1. Opérations de la maintenance corrective .....	5
1.1.3.1.2. Le temps en maintenance corrective .....	5
1.1.3.2. La maintenance préventive .....	6
1.1.3.2.1. Opérations de la maintenance préventive : .....	6
1.1.3.2.2. Objectifs de la maintenance préventive .....	7
1.1.3.2.3. La maintenance préventive systématique .....	7
1.1.3.2.4. La maintenance préventive conditionnelle .....	8
1.1.3.2.5. La maintenance prévisionnelle.....	9
1.1.3.3. Les niveaux de la maintenance .....	9
<b>1.2. FIABILITE.....</b>	<b>11</b>
1.2.1. DEFINITION SELON LA NORME AFNOR X 06-501 .....	12
1.2.2. FIABILITE ET QUALITE .....	12
1.2.3. INDICATEURS DE FIABILITE ( $\lambda$ ) ET (MTBF) .....	13
1.2.4. TEMPS MOYEN DE BON FONCTIONNEMENT .....	13
1.2.5. ALLURES TYPQUES DES TAUX DE DEFAILLANCE( $\lambda$ ) .....	14
1.2.6. TAUX DE DEFAILLANCE POUR DES COMPOSANTS MECANIQUES .....	15
1.2.7. EVOLUTION DES COUTS EN FONCTION DE LA FIABILITE.....	16
<b>1.3. OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE PAR LA FIABILITE (OMF).....</b>	<b>17</b>
1.3.1. PRESENTATION DE LA METHODE .....	17
1.3.2. DIFFERENTES SITUATIONS D'APPLICATION DE LA METHODE .....	18
1.3.3. DENITRIONS ET GRANDS PRINCIPES DE LA METHODE.....	19
1.3.3.1. Dénitrions .....	19
1.3.3.2. Principes de base.....	20
1.3.4. DESCRIPTION DE LA METHODE .....	22
1.3.5. DEFINITION DE L'OMF.....	23
1.3.5.1. Retour d'expérience pour l'OMF.....	23
<b>CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1. HISTORIQUE DE LA CENTRALE DE JIJEL .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. LE DEROULEMENT DES TRAVAUX .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3. PRESENTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE JIJEL : .....</b>	<b>26</b>
2.3.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE .....	27
2.3.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DE LA CENTRALE .....	27
<b>2.4. FONCTIONNEMENT TECHNOLOGIQUE : .....</b>	<b>30</b>
2.4.1. INTRODUCTION .....	30
2.4.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT .....	31
<b>2.5. LA TURBINE .....</b>	<b>32</b>
2.5.1. DEFINITION D'UNE TURBOMACHINE .....	32
2.5.2. DIFFERENTS TYPES DES TURBOMACHINES.....	33

2.5.2.1. Turbomachine réceptrice : .....	33
2.5.2.2. Turbomachine motrice : .....	33
2.5.2.3. La turbine à vapeur : .....	33
2.5.2.3.1. La turbine à vapeur à 3 corps .....	33
<b>CHAPITRE 3 METHODES D'ANALYSE .....</b>	<b>36</b>
3.1. METHODE DE PARETO (« ABC » OU « 20/80 ») .....	37
3.1.1. INTRODUCTION .....	37
3.1.2. HISTOIRE .....	37
3.1.3. L'OBJECTIF DE DIGRAMME DE PARETO .....	38
3.1.4 L'OBJECTIF DE L'ANALYSE ABC .....	38
3.1.5. METHODOLOGIE ET DEMARCHE : .....	38
<b>3.2. METHODE AMDEC.....</b>	<b>39</b>
3.2.1. PRINCIPE DE BASE.....	39
3.2.2. INITIALISATION.....	41
3.2.3. CONSTITUTION DU GROUPE DE TRAVAIL .....	42
3.2.3.1. MODES DE DEFAILLANCE .....	42
3.2.3.2. Causes de défaillance .....	43
3.2.3.3. Effets des défaillances .....	43
3.2.3.4. Détection .....	43
3.2.3.5. Criticité .....	44
3.2.3.5.1. Indice de Fréquence « F » .....	44
3.2.3.5.2. Indice de Gravité « G » .....	45
3.2.3.5.3. Indice de Non-Détection « D » .....	46
3.2.3.5.4. Hiérarchisation des risques .....	47
3.2.3.5.5. Actions Correctives.....	48
3.2.4. CONCLUSION.....	49
<b>CHAPITRE 4 ANALYSE DES DONNES .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1. INRTODUCTION .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2. ANALYSE ET ETUDE DES PANNES DE LA CENTRALE.....</b>	<b>53</b>
4.2.1. METHODE PARETO DES PANNES DE LA CENTRALE.....	54
4.2.2 RESULTATS ET DISCUSSION .....	56
4.2.3 ANALYSE DES PANNES DE LA TURBINE .....	56
4.2.3.1. Méthode PARETO de la turbine .....	57
4.2.4. RESULTATS ET DISCUSSION .....	57
<b>4.3. ANALYSE DE LA TURBINE PAR LA METHODE AMDEC .....</b>	<b>58</b>
4.3.1. ANALYSE DE SYSTEME DE GRAISSAGE .....	58
4.3.2. ANALYSE DE SYSTEME DE REGULATION.....	59
4.3.3. ANALYSE DE SYSTEME DE CONDENSATION .....	60
4.3.4. ANALYSE DE SYSTEME DE LA TURBINE .....	61
4.3.1. ANALYSE DE SYSTEME DE REGENERATION .....	62
<b>4.4. SOLUTIONS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>62</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>72</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. 1: les étapes de la méthode OMF .....	22
Tableau 2. 1 : Température et pression dans les corps de la turbine .....	35
Tableau 3. 1 : Indice de Fréquence « F » .....	45
Tableau 3. 2: Indice de Gravité « G » .....	46
Tableau 3. 3: Indice de Non-Détection « D » .....	47
Tableau 4. 1 : historique des pannes de la centrale électrique .....	54
Tableau 4. 2: l'historique des pannes de notre turbine .....	57
Tableau 4. 3: Analyse de système de graissage par la méthode AMDEC.....	58
Tableau 4. 4: Analyse de système de régulation par la méthode AMDEC .....	59
Tableau 4. 5: Analyse de système de condensation par la méthode AMDEC.....	60
Tableau 4. 6: Analyse de la turbine par la méthode AMDEC .....	61
Tableau 4. 7: AMDEC pour le système de régulation .....	62
Tableau 4. 8: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE.....	66
Figure 4. 1 : Stratégie de l'analyse .....	53
Figure 4. 2: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-1 .....	54
Figure 4. 3: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-2 .....	55
Figure 4. 4: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-3 .....	55
Figure 4. 5: analyse fonctionnelle de la turbine .....	56
Figure 4. 6: Histogramme des pannes des différents systèmes de la turbine du groupe-1 .....	57
Figure 4. 7: interface de l'application.....	68
Figure 4. 8 : Les trois groupes de la centrale.....	68
Figure 4. 9: L'ensemble des équipements d'un des groupes de la centrale .....	69
Figure 4. 10: Les sous-systèmes de chaque système .....	69
Figure 4. 11: La zone de modification .....	70
Figure 4. 12: Fenêtre pour ajouter les pannes .....	70
Figure 4. 13: La zone qui affiche l'historique des pannes .....	71

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. 1 : Les différents types de maintenance .....	4
Figure 1. 2 : Courbe en baignoire du taux de défaillance.....	14
Figure 1. 3 : Courbe du taux de défaillance en mécanique.....	15
Figure 1. 4 : Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité .....	16
Figure 1. 5 : Définition de l'OMF .....	20
Figure 1. 6 : Les grandes phases de l'OMF .....	21
Figure 2. 1 : Organigramme de la centrale.....	26
Figure 2. 2: Principe de production d'électricité dans les centrales à vapeur .....	27
Figure 2. 3: Equipements technologiques d'une centrale Turbine à Vapeur .....	31
Figure 2. 4: schéma simplifié de l'installation .....	32
Figure 2. 5: turbine à vapeur à 3 corps .....	34
Figure 4. 1 : Stratégie de l'analyse .....	53
Figure 4. 2: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-1 .....	54
Figure 4. 3: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-2 .....	55
Figure 4. 4: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-3 .....	55
Figure 4. 5: analyse fonctionnelle de la turbine .....	56
Figure 4. 6: Histogramme des pannes des différents systèmes de la turbine du groupe-1 .....	57
Figure 4. 7: interface de l'application.....	68
Figure 4. 8 : Les trois groupes de la centrale.....	68
Figure 4. 9: L'ensemble des équipements d'un des groupes de la centrale .....	69
Figure 4. 10: Les sous-systèmes de chaque système .....	69
Figure 4. 11: La zone de modification .....	70
Figure 4. 12: Fenêtre pour ajouter les pannes .....	70
Figure 4. 13: La zone qui affiche l'historique des pannes .....	71

## LISTE DES ABRIVIATIONS

- Mise en marche automatique de la réserve chaude..... (MAR)
- Vanne automatique haute pression..... (VHP)
- Vanna automatique moyenne pression..... (VMP)
- Tableau bloc de commande..... (TBC)
- Pompe à huile principale..... (PHP)
- Pompe à huile de démarrage..... (PHD)
- Pompe à huile de réserve..... (PHR)
- Pompe à huile d'avarie..... (PHA)
- Vanne à vapeur principale..... (VVP)
- Cylindre haute pression..... (CHP)
- Cylindre moyenne pression..... (CMP)
- Rotor basse pression..... (RBP)
- Rotor moyenne pression..... (RMP)
- Rotor haute pression..... (RHP)
- Soupape de réglage..... (SR)
- Réchauffeur haute pression..... (RHP)
- Réchauffeur basse pression..... (RBP)

## **Remerciement**

**En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.**

**Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire. Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif du département de génie mécanique pour la richesse et la qualité de leurs enseignements et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.**

**Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur, BELHADEF Rachid qui, en tant qu'encadreur de mémoire, a toujours montré l'écoute et la disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer pour que ce mémoire aurait le jour**

**On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à toutes et à tous.**

**AMIRA Messaoud & BOULACHEFAR Aissam**

**Résumé :** Notre travail est consacré à l'amélioration et l'optimisation de la maintenance des turbines de la centrale thermique de JIJEL. Nous étudions et analysons l'historique des pannes de la centrale depuis dix ans. Grâce à cette étude, nous avons pu bien connaître la fiabilité des équipements pendant la période de fonctionnement. En utilisant des méthodes d'analyse « PARETO » et « AMDEC ». En fin de compte, nous avons formulé un ensemble de propositions et de recommandations concernant l'entretien de la turbine pour améliorer le rendement de la centrale, afin d'accroître la production. Enfin, nous avons complété notre mémoire avec une application pour organiser et faciliter la maintenance de la turbine.

**Mots clefs :** Maintenance, fiabilité, optimisation, PARETO, AMDEC

**المخلص :** يهدف عملنا لتحسين صيانة التوربينات لمحطة توليد الطاقة الكهربائية في جيجل، لقد قمنا بدراسة وتحليل تاريخ الأعطال للمحطة منذ عشر سنوات. بفضل هذه الدراسة استطعنا معرفة نجاعة الاليات جيدًا خلال فترة تشغيلها باستخدام طرق التحليل « PARETO » و« AMDEC » في النهاية خرجنا بمجموعة من الاقتراحات والتوصيات لصيانة المعدات وتحسين مردودية المحطة، من أجل زيادة الإنتاج. في الأخير أكملنا مذكرتنا مع تطبيق لتنظيم وتسهيل صيانة توربين المحطة.

**الكلمات المفتاحية:** صيانة, نجاعة, تحسين, PARETO, AMDEC



# **Introduction générale**

# INTRODUCTION GENERALE

---

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement et/ou d'environnement : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses. Face aux défaillances qui en résultent, on peut se contenter de pratiquer une maintenance corrective, mais on n'évite pas ainsi les conséquences des pannes que l'on subit. Une attitude plus défensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive destinée à limiter, voire à empêcher, ces défaillances, mais on court alors le risque de dépenses excessives et d'indisponibilités inutiles.

Devant cette situation, le responsable de maintenance ne doit plus se contenter de surveiller et de réparer, il doit envisager des stratégies. Une part de son travail consiste à prévoir les événements et à évaluer les différentes alternatives qui s'offrent à lui pour trouver la solution optimale, ou tout au moins pour s'en rapprocher. Les forces dont il dispose, limitées par ses moyens techniques et financiers, doivent être placées aux bons endroits [1].

C'est dans ce contexte que la maintenance s'est dotée de méthodes qui considèrent à la fois, et plus ou moins, la technique et l'organisation. Les industries de processus ont généralement appliqué des démarches alliant une évaluation des risques, une analyse du retour d'expérience, et une logique de sélection de tâches de maintenance. L'Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité (OMF) est le nom qui a été donné à la méthode mise en œuvre par EDF, et aujourd'hui utilisée par d'autres secteurs industriels.

C'est dans ce contexte que vient notre présente étude qui a pour thème « optimisation et amélioration de la maintenance par la fiabilité cas d'une turbine d'une centrale électrique ». Pour arriver au bout de l'objectif visé, ce travail est divisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une notion générale sur la maintenance et la fiabilité.
- Le deuxième chapitre est une présentation de la centrale thermique et la turbine à vapeur but de notre étude.
- Le troisième chapitre nous avons donné les méthodes d'analyses utilisées en particulier par la méthode AMDEC et ABC, deux méthodes que nous avons utilisées.
- Le quatrième et le dernier chapitre représente notre propre travail ou nous avons utilisé l'historique collecté pour étudier et analyser notre turbine pour essayer de juger son état de fonctionnement et donner par la suite quelques solutions et recommandations.

## INTRODUCTION GENERALE

---

Le travail est achevé par une conclusion générale qui résume notre travail avec quelques propositions et recommandations visant à améliorer le travail de la turbine.

# **CHAPITRE 1**

# **NOTIONS GENERALES**

## 1.1. Maintenance

### 1.1.2. Définition

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 [2].

Dans cette définition, les termes « maintenir » et « rétablir » introduisent les deux grands aspects de la maintenance. Pour le premier, la notion de prévention est sous-entendue sur une entité supposée encore en fonctionnement. Pour le second, nous assimilons le verbe « rétablir » à une notion de correction sur une entité qui n'est plus en mesure d'accomplir convenablement sa fonction. En s'appuyant sur cette définition, cette partie a pour objectif de présenter les notions générales liées à la maintenance. Nous nous focalisons en premier lieu sur les différents types de maintenance et les moyens d'actions associés avant de se concentrer sur l'évaluation des performances.

### 1.1.3. Types de maintenance

Pour classifier les différents types de maintenance, deux grandes catégories composées elles-mêmes de sous-catégories se distinguent (figure 1.1)

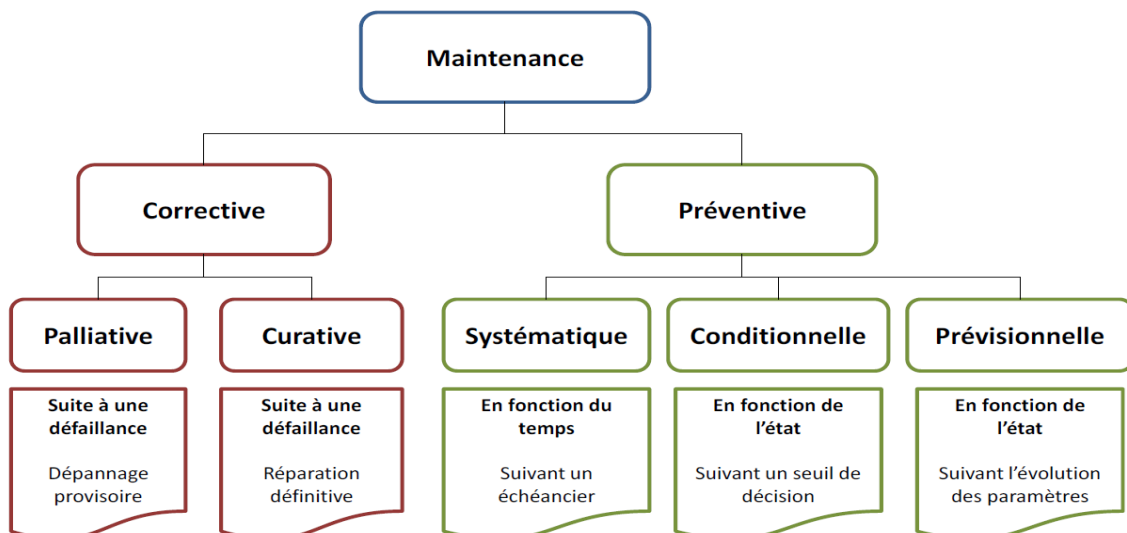


Figure 1. 1 : Les différents types de maintenance

## 1.1.3.1. La maintenance corrective

Définition AFNOR (norme X 60-010) : « Opération de maintenance effectuée après défaillance ». La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (subir) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel. [7]

### 1.1.3.1.1. Opérations de la maintenance corrective

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **Test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **Détection** : ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **Localisation** : ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **Diagnostic** : ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **Dépannage** : réparation ou remise en état (avec ou sans modification).
- **Contrôle** : du bon fonctionnement après intervention.
- **Amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **Historique** : ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.[8]

### 1.1.3.1.2. Le temps en maintenance corrective

Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Elle peut être faible (de quelques secondes pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible à quelques minutes pour changer un joint qui fuit).
- Elle peut être très importante (de 0,5 à plusieurs heures) dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation).
- Elle peut être majeure en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

Le responsable maintenance doit donc tenir compte de ces distorsions et avoir à sa disposition une équipe « réactive » aux événements aléatoires. Pour réduire la durée des interventions, donc les coûts directs et indirects (coûts d'indisponibilité de l'équipement), on peut :

- Mettre en place des méthodes d'interventions rationnelles et standardisées (outillages spécifiques, échanges standards, logistique adaptée, etc..).
- Prendre en compte la maintenabilité des équipements dès la conception (trappe de visites accessibles, témoins d'usure visible, etc..).

### 1.1.3.2. La maintenance préventive

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

Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. [7]

#### 1.1.3.2.1. Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des

intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées « opérations de surveillance ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.[8]

#### **1.1.3.2.2. Objectifs de la maintenance préventive**

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

#### **1.1.3.2.3. La maintenance préventive systématique**

C'est la Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle. Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries.



Cas d'application :

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc....
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc....
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc....

### 1.1.3.2.4. La maintenance préventive conditionnelle

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc....). La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. Tout le matériel est concerné ; cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

### 1.1.3.2.5. La maintenance prévisionnelle

Est une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien (AFNOR, 2001).

Précisons que cette maintenance prévisionnelle intègre également les conditions d'utilisations et l'environnement futurs du système. Contrairement à la maintenance conditionnelle, elle associe une prévision sur les indicateurs de santé pour la prise de décision de maintenance. Pour envisager la mise en place de cette maintenance prévisionnelle, il est nécessaire de maîtriser en détails le comportement de l'entité concernée. L'utilisation de cette connaissance permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention doit être exécutée.

Notons que la maintenance conditionnelle (ou prévisionnelle) nécessite souvent plus d'investissements que les autres formes de maintenance. Cette augmentation du coût s'explique principalement par les technologies de surveillance utilisées (capteurs, instrumentation, logiciels ...). Dans ce cadre, l'enjeu de la modélisation est de réaliser une analyse coût/bénéfice pour évaluer si la mise en place de ce type de maintenance est pertinente pour une entité donnée.

Ces définitions nous donnent une vision globale des différents types de maintenance qui peuvent s'appliquer à une entité. Cependant, dans la réalité, on emploie généralement une maintenance mixte qui va combiner maintenance préventive et corrective. L'équilibre optimal entre préventif et correctif est déterminé grâce à la modélisation de maintenance.

### 1.1.3.3. Les niveaux de la maintenance

**1<sup>ier</sup> Niveau** : Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc....

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

**2<sup>ième</sup> Niveau :** Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement.

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

**3<sup>ième</sup> Niveau :** Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure.

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

**4<sup>ième</sup> Niveau :** Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons du travail par les organismes spécialisés.

Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.

**5<sup>ième</sup> Niveau :** Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. [6]

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

## **1.2. Fiabilité**

La fiabilité d'un composant exprime la probabilité qu'il fonctionne correctement sans défaillance pendant un temps déterminé dans des conditions fixées de manière précise [3].

La définition de la fiabilité montre bien que son domaine englobe les probabilités, donc les statistiques et les mathématiques. Il faut avoir aussi conscience qu'un phénomène de fiabilité ne peut se réduire à l'application de lois statistiques. Une étude de fiabilité nécessite obligatoirement une expertise physique des organes ou des composants étudiés et elle peut être élargie à tous ceux qui leur sont liés.

Apprendre la fiabilité, c'est déjà comprendre le besoin de qualité de retour d'expérience et savoir organiser la collecte des informations.

On doit aussi garder à l'esprit que les statistiques ne s'appliquent qu'à des phénomènes aléatoires donc au hasard. Or un composant ou un équipement font partie d'un système qui est soumis à un grand nombre de contraintes dont les causes appartiennent à deux familles différentes :

- Causes communes ou aléatoires : dues au hasard, fréquentes et à effet individuel faible, elles sont d'origines nombreuses et variées, indépendantes les unes des autres et aucune d'entre elles n'étant prépondérante tel que le spectre des contraintes subies par un composant.

- Causes spéciales : elles sont soudaines, peu fréquentes, issues d'événements passagers peu nombreux et difficilement identifiables telles que : erreurs de manipulation, mauvais montages ou réglages et pièces de mauvaise qualité.

On ne peut faire des prévisions rationnelles relatives à la fiabilité d'un équipement que s'il est dans un état stable ou sous contrôle statistique lorsqu'on a supprimé dans celui-ci toutes les causes spéciales.

### 1.2.1. Définition selon la norme AFNOR X 06-501

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise, dans des conditions d'utilisation donnée et pendant une période de temps déterminées. Le terme « fiabilité » est utilisé comme une caractéristique indiquant une probabilité de succès.

- Probabilité : c'est le rapport :  $\frac{\text{nombre de cas favorables}}{\text{nombre de cas possibles}} < 1$  dans l'hypothèse d'équiprobabilité On notera  $R(t)$  la probabilité de bon fonctionnement à l'instant  $(t)$ , le symbole "R" a pour origine le mot anglais (*reliability*).

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

- Fonction requise : fonction requise pour un composant de « mission » ou « service attendu » pour un système.

La définition de la fonction requise implique la définition d'un seuil d'admissibilité au-delà duquel la fonction n'est plus remplie.

- Conditions d'utilisation : définir les conditions d'usage revient à définir l'environnement du système et ses variations, ainsi que les contraintes mécaniques, chimiques vibratoires, thermiques etc.... auxquelles il est soumis. Il est évident que le même matériel soumis à deux environnements différents n'aura pas la même fiabilité.

- Période temps : c'est la définition de la durée de mission "T", mais à chaque instant  $(t_i)$  est associée une valeur de fiabilité  $R(t_i)$  décroissante.[3]

### 1.2.2. Fiabilité et qualité

Ces notions sont indissociables. Si la qualité est prise dans son sens général de « satisfaction » du besoin des utilisateurs, il est évident que la fiabilité est un élément de la satisfaction de l'utilisateur. La fiabilité c'est la probabilité de bon fonctionnement.

Si la qualité est prise dans le sens « qualité initiale », nous pourrions dire que la qualité initiale garantit la conformité d'un produit à ses spécifications, alors que la fiabilité mesure son aptitude à y demeurer conforme le long de sa vie utile.

La fiabilité est l'extension de la qualité initiale dans le temps. Il n'y a pas de bonne fiabilité sans bonne qualité.

### 1.2.3. Indicateurs de fiabilité ( $\lambda$ ) et (MTBF)

Précédemment le taux de défaillance  $\lambda$  a été défini par des expressions mathématiques à travers un calcul de probabilité. On peut également l'exprimer par une expression physique. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. La durée de bon fonctionnement est égale à la durée totale en service moins la durée des défaillances.

$$\lambda = \frac{\text{Nombre total de défaillances pendant le service}}{\text{duree total de bon fonctionnement}}$$

### 1.2.4. Temps moyen de bon fonctionnement

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, il correspond à l'espérance de la durée de vie  $t$ .

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)$$

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps

$$MTBF = \frac{\text{La somme de temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre de défaillances}}$$

Si  $\lambda$  est constant :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Par définition le MTBF est la durée de vie moyenne du système.

### 1.2.5. Allures typiques des taux de défaillance( $\lambda$ )

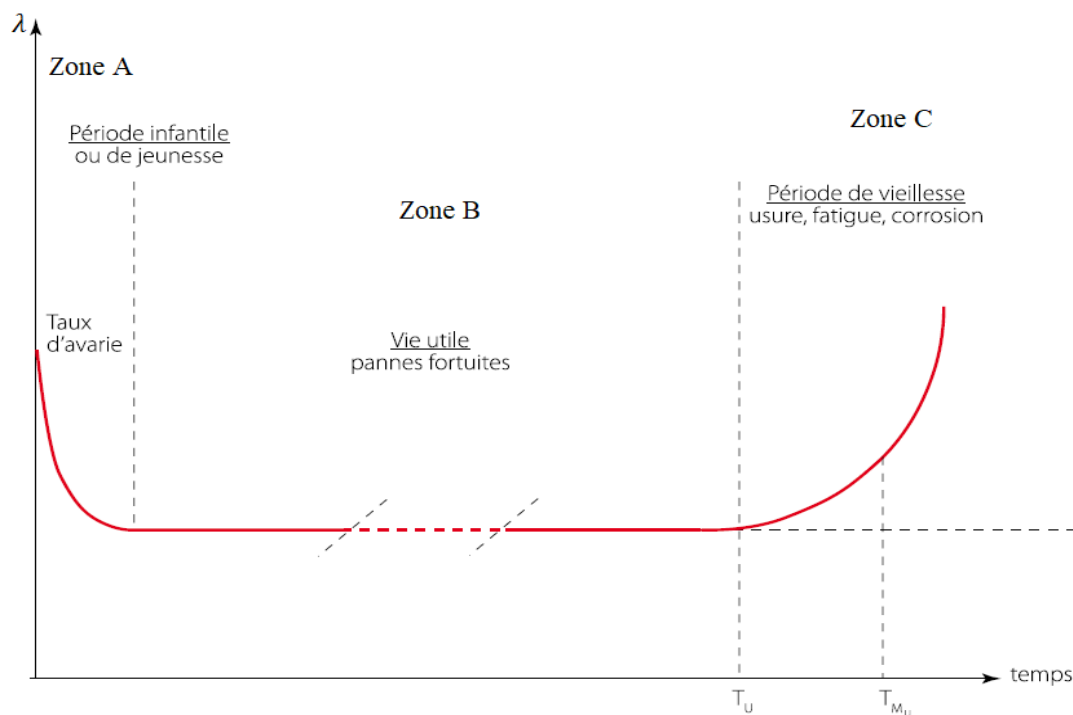


Figure 1. 2: Courbe en baignoire du taux de défaillance [3]

#### Zone (A) : Période de jeunesse (rodage).

La première zone définit la période de jeunesse, caractérisée par une décroissance rapide du taux de défaillance. Pour un composant électronique cette décroissance s'explique par l'élimination progressive de défauts dus aux processus de conception ou de fabrication mal maîtrisé ou à un lot de composants mauvais. Cette période peut être minimisée pour les composants vendus aujourd'hui. En effet, les fabricants de composants électroniques se sont engagés à vérifier la qualité de leurs produits en sortie de fabrication.

#### Zone (B) : Période de maturité (pleine activité).

La deuxième zone définit la période de vie utile généralement très longue. Le taux de défaillance est approximativement constant. Le choix de la loi exponentielle, dont la propriété

principale est d'être sans mémoire, est tout à fait satisfaisant. Les pannes sont dites aléatoires, Leur apparition n'est pas liée à l'âge du composant mais à d'autres mécanismes d'endommagement. Les calculs prévisionnels de fiabilité se font presque souvent dans cette Période de vie utile.

### Zone (C) : Période de vieillesse ou d'usure.

La dernière phase est la période de vieillissement, elle est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance avec l'âge du dispositif. Ceci est expliqué par des phénomènes de vieillissement tels que l'usure, l'érosion, etc. Cette période est très nettement au-delà de la durée de vie réelle d'un composant électronique. Parfois, on réalise des tests de vieillissement accélérés pour révéler les différents modes de défaillance des composants.

### 1.2.6. Taux de défaillance pour des composants mécaniques

Les composants mécaniques sont soumis, dès le début de leur vie, au phénomène d'usure ou de vieillissement. Si on trace la courbe du taux de défaillance, en fonction du temps, on obtient une courbe qui ne présente pas le plateau de la (figure 1.3) la période de vie utile (taux de défaillance constant) n'existe pas ou elle est réduite. Le taux de défaillance du dispositif est une fonction non linéaire du temps et ceci dans chaque phase de sa vie.

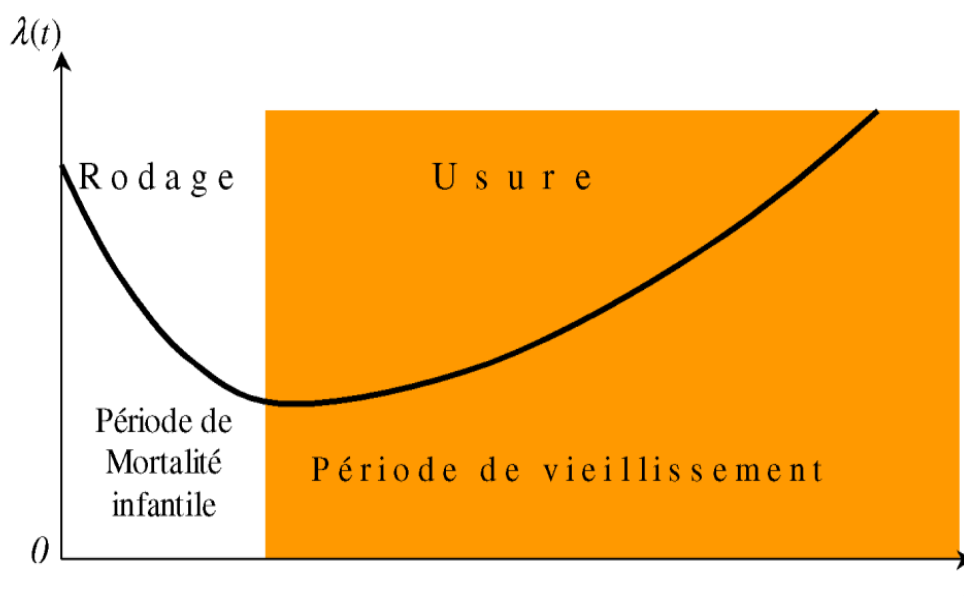


Figure 1. 3: Courbe du taux de défaillance en mécanique [3].



**Zone 1 :**

La première zone définit la période de mortalité infantile. C'est une durée de vie en principe très courte Elle décrite par une décroissance progressive du taux de défaillance avec le temps dû à une amélioration des caractéristiques internes (caractéristiques de défauts) et des interfaces, par un rodage préalable des pièces. Par conséquent il n'est pas souhaitable de tester les composants mécaniques dans cette période de leur vie.

**Zone 2 :**

La dernière zone définit la période de vieillissement qui comporte la majorité de la vie du dispositif. Elle est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance. Les pièces mécaniques sont soumises à des phénomènes de vieillissement multiples qui peuvent agir en combinaison : corrosion, usure, déformation, fatigue, et finalement perte de résilience ou fragilisation. Contrairement aux composants électroniques les calculs de la fiabilité pour des composants mécaniques se font essentiellement dans la période de vieillissement, en utilisant des lois de Probabilité dont le taux de défaillance est fonction du temps telles que la loi Log-normale, Weibull, ... etc.

**1.2.7. Evolution des coûts en fonction de la fiabilité**

Le non fiabilité augmente les coûts d'après-vente (garanties, frais judiciaires). Construire plus fiable, augmente les coûts de conception et de production. Le coût total prend en compte ces deux contraintes.

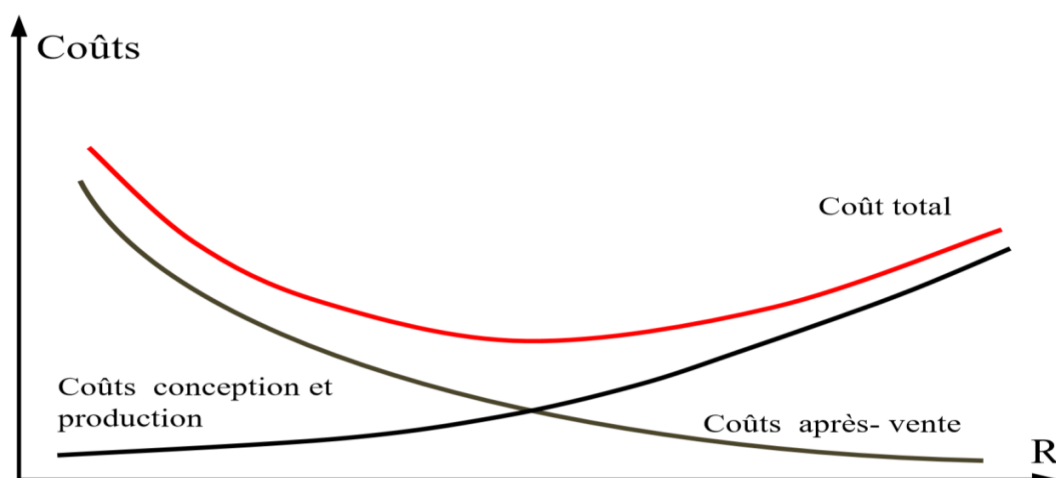


Figure 1. 4: Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité [3]

La fiabilité d'une machine a tendance à diminuer avec le nombre de ses composants ou de leurs complexités. La maîtrise de la fiabilité devient donc plus délicate.

Une très haute qualité pour chaque composant, n'entraîne pas nécessairement une grande fiabilité. Après assemblage, les interactions entre les composants diminuent la capacité de l'ensemble.

Une grande fiabilité sous certaines conditions, n'implique pas une grande fiabilité sous d'autres conditions (exemple : une huile moteur de synthèse prévue pour des moteurs moderne (multisoupapes et turbo) ne convient pas forcément pour un moteur de conception plus rudimentaire (tondeuse, moteur usé, voiture ancienne).

### **1.3. Optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF)**

#### **1.3.1. Présentation de la méthode**

C'est le secteur aéronautique qui a été précurseur en élaborant la méthode MSG (*Maintenance Steering Group*) à la fin des années 1960 pour définir les programmes de maintenance préventive des avions. Elle est à l'origine de la RCM (*Reliability Centered Maintenance*) développée aux États-Unis pour l'aviation militaire, puis reprise et adaptée par les exploitants de centrales nucléaires. Une norme de la en a repris les principes sous l'appellation francisée de MBF (Maintenance Basée sur la Fiabilité) pour en assurer une large diffusion à l'ensemble des secteurs industriels. Pour une présentation générale de ces méthodes et de leur historique, on pourra se reporter à l'article « Méthodes d'optimisation des stratégies de maintenance ». C'est en 1990 que, sur la base du MSG et de la RCM, EDF a commencé à développer la méthode d'optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF) pour réviser la maintenance préventive de ses centrales. Les premières études pilotes ont eu des résultats encourageants en montrant la faisabilité et les avantages de cette méthode. Elles ont donc conduit à prendre la décision de l'appliquer sur une grande échelle à l'ensemble des installations. Ensuite, l'analyse de nombreux systèmes a permis de démontrer l'intérêt économique de ces études. La méthode n'est pas restée cantonnée au nucléaire et, après avoir subi diverses adaptations, elle a été appliquée aux lignes de transport d'électricité et aux turbines à gaz. Puis la démarche a été complétée pour y inclure une analyse des matériels « passifs » tels que les tuyauteries et les supportages. Cette approche qui tient compte des

particularités de ce type de matériel est appelée « OMF-structures ». L'intérêt suscité par ces développements a fait tache d'huile et la méthode a été à nouveau adaptée pour être appliquée aux centrales conventionnelles, aux micro-turbines à combustion, aux éoliennes, aux aménagements hydrauliques, aux systèmes de compression d'air, etc. Enfin, les principes de l'OMF ont été utilisés pour considérer la maintenance et le soutien logistique dans la phase de conception des futurs réacteurs nucléaires. Les résultats de ces travaux sont devenus des recueils d'informations qui peuvent servir à alimenter de nouvelles études comme par exemple la définition des stocks de pièces de rechange, les effets sur la maintenance de nouveaux modes d'exploitation, la prévision de la durée d'exploitation de matériels ou de systèmes, etc [1].

### **1.3.2. Différentes situations d'application de la méthode**

En observant les différentes études qui ont été réalisées, on peut constater que la méthode OMF a été utilisée et adaptée pour être appliquée à différentes situations :

- Pour faire évoluer les programmes de maintenance préventive existants. Elle permet de réexaminer en profondeur les actions de maintenance en s'appuyant sur une approche rationnelle et formalisée qui tient compte d'un retour d'expérience.

Cela a par exemple été le cas pour les centrales nucléaires où les objectifs étaient :

- De réduire les coûts ;
- De maîtriser la disponibilité ;
- De maintenir la sûreté à un niveau élevé.

- Pour déterminer le programme de maintenance initial pour une installation nouvelle. On peut ainsi ajuster les préconisations des constructeurs aux conditions d'utilisation en considérant les conséquences des défaillances.

Ce cas a notamment été rencontré sur des turbines à combustion de forte puissance, sur des micro turbines de production autonome d'énergie, et sur des éoliennes.

- Pour redéfinir la maintenance préventive d'une installation à la suite de modifications significative des conditions d'exploitation.

Les centrales thermiques à charbon et au fioul constituent une bonne illustration de cette situation.

- Pour déterminer le programme de maintenance dès la phase de conception.

Cette utilisation, qui se situe dans le cadre plus large de l'intégration du soutien logistique, a été rencontrée dans le projet de développement des réacteurs nucléaires futurs avec pour objectif de limiter la durée des grands arrêts, les coûts d'exploitation et l'exposition du personnel aux radiations.

### **1.3.3. Définitions et grands principes de la méthode**

#### **1.3.3.1. Définitions**

On peut tenter de définir l'OMF (figure 1.5) en disant qu'il s'agit d'une méthode d'aide à la décision pour élaborer le programme de maintenance préventive d'une installation en respectant des contraintes et en optimisant des critères. Les critères sont généralement : la disponibilité, la qualité du produit ou du service rendu et les coûts d'exploitation. Parmi les contraintes, on trouve notamment la sécurité des personnes et la préservation de l'environnement.

Il faut dire sans la dévaluer que la méthode s'applique avant tout à organiser le bon sens. Sa principale originalité est de ne pas se limiter à la seule vision du matériel, souvent propre au personnel de maintenance, mais de tenir compte des conséquences des défaillances en introduisant une vision fonctionnelle qui est propre au personnel de conduite. Le « zéro panne » de la TPM (Total Productive Maintenance) qui vise à motiver le personnel d'exploitation est remplacé par un « zéro conséquence significative » qui exige du personnel de maintenance une analyse des effets et une évaluation de leurs gravités.

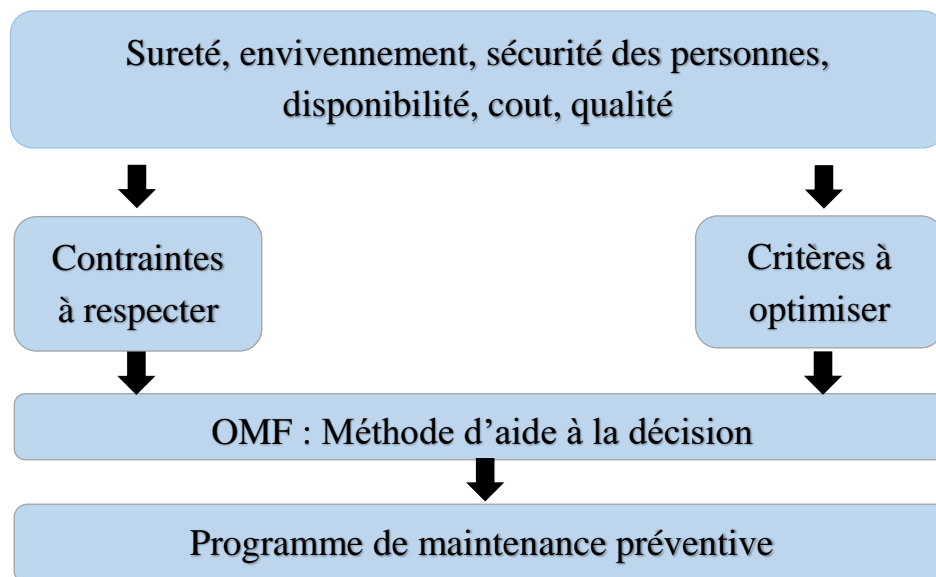


Figure 1. 5: Définition de l'OMF [1]

### 1.3.3.2. Principes de base

La fiabilité des matériels quelquefois vus comme un objectif est reléguée au rang d'indicateur. Ce n'est plus la fiabilité maximale qui importe mais le meilleur compromis entre la disponibilité, les coûts et la qualité du produit ou du service rendu, sous respect des contraintes : sécurité des personnes, environnement, etc.

L'objectif n'est pas de rendre le plus fiable possible le matériel dont on a la responsabilité. L'idée ma trisse de l'OMF consiste précisément à changer ce point de vue qui est la tendance naturelle d'activités trop parcellisées. Il faut chercher à porter un regard global pour améliorer les objectifs d'ensemble quitte à laisser dans certains cas une place plus grande à la maintenance corrective. Il peut parfois être plus raisonnable d'attendre la défaillance que de chercher à l'éviter. Il est donc important de classer les défaillances selon le niveau d'inquiétude qu'elles suscitent, allant de « l'acceptable, faute de mieux » jusqu'à l'insupportable, en passant par « l'éventuellement et l'exceptionnellement tolérable ».

L'OMF est une démarche rationnelle qui vise à limiter au mieux les conséquences sur l'installation, de défaillances dont les origines sont matérielles. Elle permet de déterminer :

- Où des actions préventives sont nécessaires (sur quels matériels) ;
- Quelles sont les actions à effectuer ;
- Quand (avec quelle fréquence) on doit les réaliser.

Pour cela, elle propose trois grandes phases (figure 1.6).

- Une phase d'analyse du retour d'expérience qui consiste à rechercher ce qui s'est passé sur les matériels (en termes de fiabilité, de disponibilité et de coûts), et ce qui a été fait comme actes de maintenance ou comme modifications.
- Une phase d'évaluation des risques qui consiste à envisager les événements graves qui pourraient se passer (le possible), et qui met en œuvre les techniques d'analyse du fonctionnement et du dysfonctionnement. Ce travail, qui se rapproche de celui du concepteur, est ensuite complété par une prise en compte de l'historique de maintenance plus proche de la vision de l'exploitant. Le possible et l'observé permettent d'envisager le probable. C'est pour prévenir les défaillances qui présentent une gravité et qui ont des chances de se produire qu'il faudra envisager d'effectuer des tâches de maintenance préventive.
- Une phase d'optimisation de la maintenance qui détermine les tâches à effectuer et leur fréquence en envisageant éventuellement des améliorations ou des modifications.

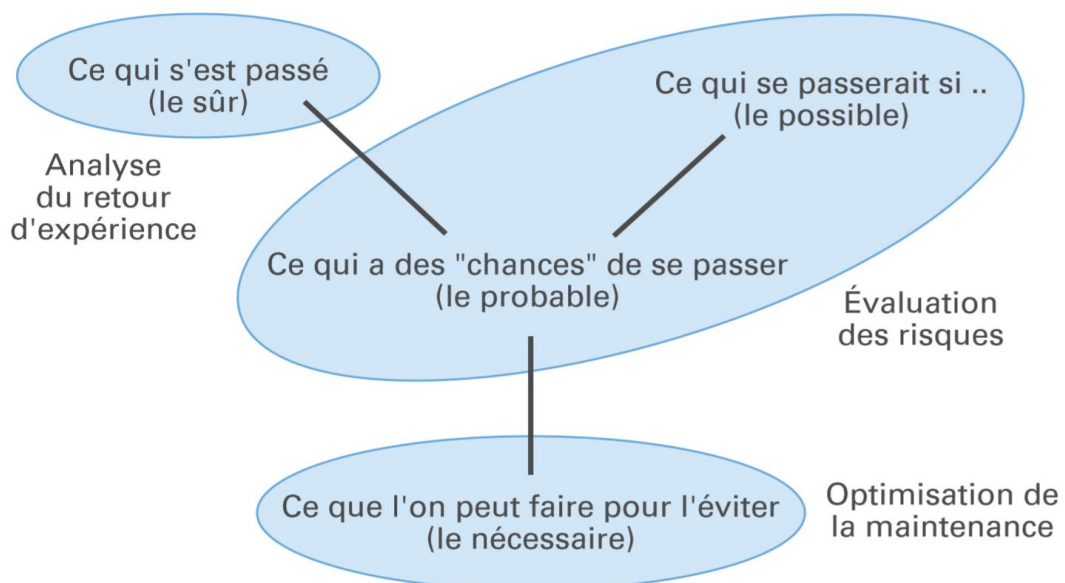


Figure 1. 6 : Les grandes phases de l'OMF [1]

**1.3.4. Description de la méthode**

Le tableau 1.1 présente les étapes de la méthode OMF qui vont être détaillées dans les paragraphes suivants.

Étapes	Résultats
Choix du sujet d'étude Constitution d'un groupe de travail Organisation de l'étude	Sujet d'étude  Groupe de travail  Programme de travail
Analyse fonctionnelle de l'installation et définition des objectifs de maintenance	Modes de défaillance de l'installation Gravités des modes
Analyse fonctionnelle du système	Découpage fonctionnel et découpage matériel
Analyse du dysfonctionnement du système	Modes de défaillance fonctionnels graves Matériels ou groupements de matériels à étudier
Analyse du retour d'expérience	Fréquences de défaillance et de dégradation
Analyse du dysfonctionnement des matériels	Causes de défaillance des matériels et modes de défaillance significatifs
Sélection des tâches de maintenance	Tâches de maintenance élémentaires
Regroupement des tâches	Programme de maintenance préventive

**Tableau 1. 1: les étapes de la méthode OMF**

### **1.3.5. Définition de l'OMF**

On peut tenter de définir l'OMF en disant qu'il s'agit d'une méthode d'aide à la décision pour élaborer le programme de maintenance préventive d'une installation en respectant des contraintes et en optimisant des critères :

#### **1.3.5.1. Retour d'expérience pour l'OMF**

L'étude OMF est une méthode d'aide à la décision de la stratégie de maintenance à mener. Elle sollicite le bon sens, mais cela ne suffit pas, on a aussi besoin de données quantitatives pour appréhender les problématiques de maintenance d'un point de vue pragmatique.

Le retour d'expérience technique s'intègre donc dans le système d'information et dans le management des entreprises, et est un point clé stratégique de la sûreté de fonctionnement industrielle. Le retour d'expérience n'est pas une fin en soi, mais un moyen contribuant à ces enjeux qui sont en somme, la maîtrise du matériel, et précisément :

- De la sûreté et l'environnement ;
- La disponibilité ;
- La qualité du produit ;
- Les coûts de maintenance ;
- La durabilité et la prolongation de la durée d'exploitation ;
- Et l'aide à la conception des installations futures.

Notons aussi que, dans l'industrie, le retour d'expérience intervient pendant tout le cycle de vie d'un produit ou d'une installation, de l'avant-projet sommaire à la fin de vie, pour ainsi dire, un processus d'amélioration continu.



**CHAPITRE 2**

**PRESENTATION DE LA**

**CENTRALE ET DE LA**

**TURBINE**

## **CHAPITRE 2    PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE**

### **2.1. HISTORIQUE DE LA CENTRALE DE JIJEL**

La wilaya de Jijel était alimentée en énergie électrique à partir de la centrale hydraulique de DERGUINAH (Wilaya de Sétif) qui date des années 1940 [4].

Suite à l'expansion de la Wilaya de Jijel (électrification rurale) et en prévision du renforcement du réseau national l'Etat a programmé la construction de la centrale thermique à Jijel qui est un investissement très lourd. Cette centrale thermique a été programmée à Jijel par rapport aux projets qui étaient planifiés dans le programme de développement de cette région (complexe sidérurgique) de Bellara – Zone branche port de Djen-Djen cale sèche Djen-Djen etc...) au site idéal de l'implantation ( au bord de la mer , déroulement de l'eau , à proximité du port) le projet a été confié à l'entreprise , mère SONELGAZ , le projet était de construire une centrale thermique équipée de trois turboalternateurs de puissance de 210 MW chacun , ainsi que (03) trois générateurs de vapeur d'une capacité de 670 t/h chacun , destiné à la combustion de gaz ou du fuel . La centrale thermique est d'un grand apport pour réseau national, elle participa à hauteur de 12%.

### **2.2. Le déroulement des travaux**

Les déroulements des travaux de construction de cette centrale a été lancé en 1984 après signature de contrat principal, les études de la fourniture des équipements, des travaux de mise en service et des essais de garantie des équipements de garantie font partie de volume des travaux de réalisation par la compagnie russe **technopromexport** (URSS avant la dissolution de l'union).

Les dates de mise en service des travaux sont les suivantes :

- Le 18/08/1984 : mise en rigueur du contrat principal.
- Le - /04/1986 : commencement des travaux de génie civil.
- Le - /12/1987 : début de montage de la charpente métallique.
- Le - / 01/1988 : début de l'arrivée des équipements.
- Le 06/06/1992 : mise en service de 1<sup>er</sup> groupe.
- Le 01/06/1993 : mise en service de 2<sup>eme</sup> groupe.
- Le 27/03/1994 : mise en service de 3<sup>eme</sup> groupe.

## CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

A partir du contrat principal représentant des investissements et portant sur le matériel des monoblocs (chaudières, turbo alternateur, transformateur) SONELGAZ a mis en place une série de contrats d'acquisition des équipements performant dans le souci d'améliorer la qualité de service et la fiabilité des équipements.

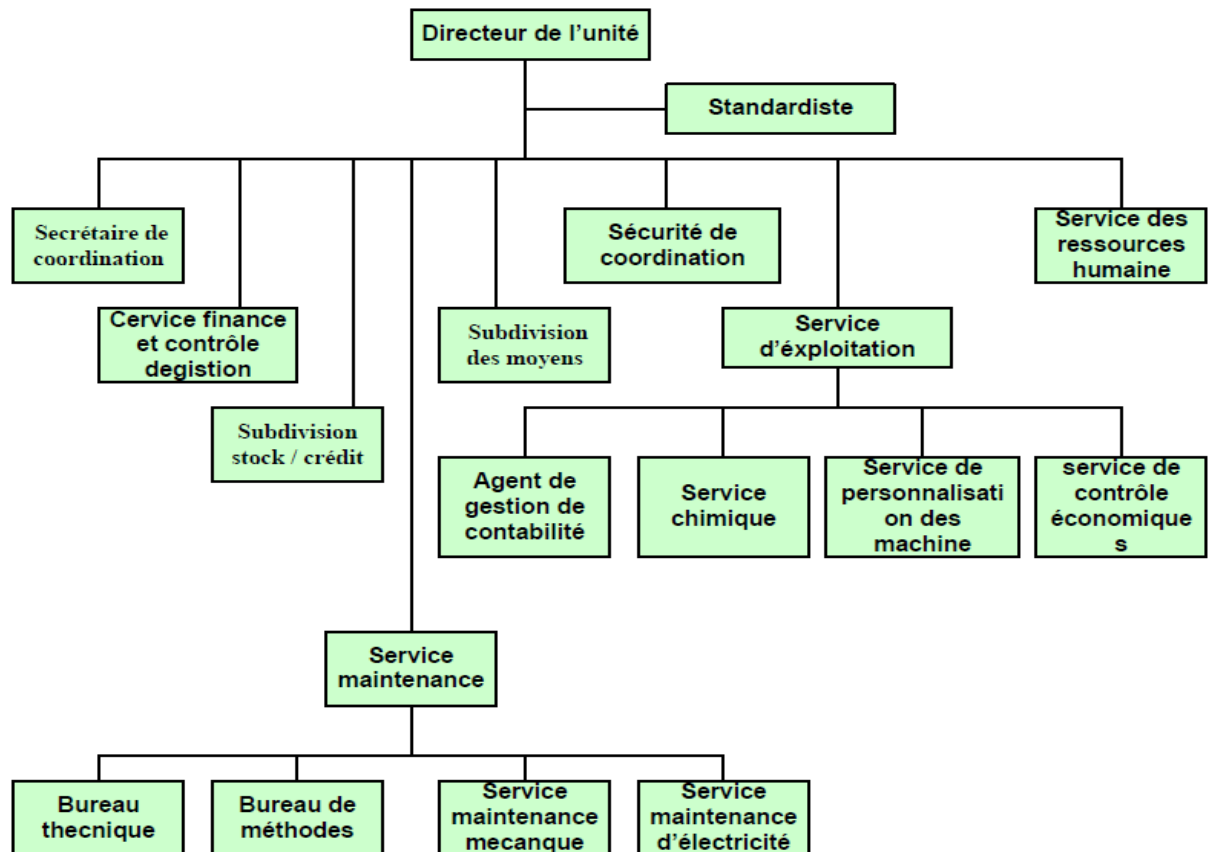


Figure 2. 1 : Organigramme de la centrale

### 2.3. PRESENTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE JIJEL :

La Centrale Thermique De Jijel est une usine de production d'électricité. Elle fournit une puissance électrique de 600 MW ; et comporte trois tranches chacune produit 210 MW. Toutes les fonctions importantes d'une tranche sont commandées et surveillées depuis la salle de commande.

C'est dans la salle de commande que sont centralisées les principales données relatives au fonctionnement de la tranche. C'est de là que partent les "ordres" transmis par les opérateurs aux différents composants et systèmes. Ce "pilotage" télécommandé fait largement appel à

## CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

l'automatisation et à l'informatique. Il s'agit d'aides indispensables pour les opérateurs. Mais ce sont eux qui restent les responsables à part entière du pilotage de la tranche et qui prennent les décisions prévues par les procédures.

Les opérateurs, veillent au bon fonctionnement de l'installation et ajustent la puissance à la demande du réseau électrique. Comme toutes unités de production d'électricité, chaque tranche de la centrale électrique de Jijel subit des révisions partielles (2 ans) et générale (5 ans).

### 2.3.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

La centrale utilise l'énergie fournie par la combustion d'un gaz naturel qui constitue la source de chaleur. L'objectif est de faire chauffer de l'eau à partir de la chaleur libérée afin de disposer une vapeur. Cette vapeur sous pression permet d'entraîner à grande vitesse une turbine accouplée à un alternateur qui transforme l'énergie cinétique de la turbine en énergie électrique produisant une tension alternative sinusoïdale. A la sortie de la turbine la vapeur est condensée et transformée en eau réutilisé comme source de vapeur et effectue alors un cycle thermodynamique.

Le principe de production de l'électricité dans la centrale peut donc être schématisé comme suit :

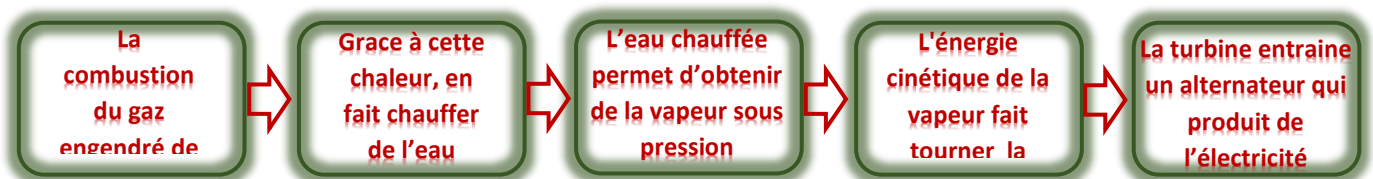


Figure 2. 2: Principe de production d'électricité dans les centrales à vapeur

### 2.3.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DE LA CENTRALE

- **La Chaudière En-670-13,8-545RM:**(générateur de vapeur) C'est un appareil qui est destiné à extraire l'énergie calorifique du combustible et à la céder à la vapeur, sa capacité est de 670 tonnes/heure, elle est constituée de :

## **CHAPITRE 2    PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE**

- **Le Foyer** :(chambre de combustion) c'est dans cette enceinte que l'on brûle le mélange air/combustible en produisant de la chaleur et des gaz (au voisinage de 1200 °C). C'est la zone la plus chaude de la chaudière. C'est dans cette chambre que se dégage toute l'énergie calorifique du combustible. Elle est généralement formée de tubes- écrans appelés aussi écran vaporisateur.
- **Les Brûleurs** : (10NM21-26W01 et 10NM31-36W01) Leurs but est d'engendrer et d'entretenir la combustion du combustible dont ils assurent le mélange intime et homogène avec le comburant (air). Ils sont positionnés sur deux plages (6 supérieurs et 6 inférieurs).
- **Ventilateurs de soufflage** : (NG10 ET 20D01) Ils ont pour but la fourniture de l'air nécessaire 475.10 m<sup>3</sup>/h à la combustion, les débits d'air (brassés par ces ventilateurs sont très importants. Les ventilateurs de soufflage aspirent de l'air atmosphérique et le refoules vers le foyer à travers un réchauffeur d'air.
- **Le Réchauffeur d'air 10NH10 et 20W01** : C'est un échangeur thermique dont le but est de :
  - Récupérer une partie de la chaleur encore contenue dans les gaz de combustion
  - Elever la température de l'air comburant pour améliorer la combustion.
- **Le Ballon 10NA10B01** : (réservoir) Il constitue une enceinte de mélange dans laquelle se trouve réunies la phase liquide /vapeur de l'eau de la chaudière. L'eau du ballon alimentant les écrans vaporisateurs à travers des tuyauteries non exposées à l'action des flammes, revient au ballon sous forme d'émulsion eau- vapeur.
- **Faisceaux vaporisateur** : Ils sont constitués presque uniquement de tube d'écrans d'eau tapissant les parois du foyer sous l'action de la chaleur dégagée par la flamme, l'eau contenue dans les tubes se vaporise sous forme de bulles.
- Les écrans sont alimentés à partir du ballon par l'intermédiaire de colonne d'alimentation extérieur au foyer et de collecteurs inférieurs. La vapeur produite se dégage dans les collecteurs supérieurs et des tubes de dégagement aboutissent au ballon chaudière.
- **L'Economiseur** : C'est un échangeur thermique qui a pour but de récupérer une partie de la chaleur restante dans les gaz de combustion pour élever la température (venant du réservoir à pression constante) d'alimentation avant d'être produite dans le réservoir (la vapeur surchauffée est dirigée vers la CHP)

## CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

- **Le Surchauffeur** : C'est un échangeur thermique dont le but est de récupérer une partie de la chaleur contenue dans les gaz de combustion et d'élever la température de la vapeur venant du réservoir à pression constante. La vapeur surchauffée est dirigée vers la CHP.
- **Le Resurchauffeur** : C'est un échangeur thermique parcouru par la vapeur ayant subi une 1<sup>ère</sup> détente dans le CHP. Pendant son trajet dans le resurchauffeur, la température de la vapeur s'élève une 2<sup>ème</sup> fois à pression constante, puis elle est envoyée vers les CMP et CBP où elle achève de se détendre.
- **La Cheminée** : Les trois cheminées sont élevées afin d'éviter le rabattement des gaz de combustion et obtenir leur plus grande dispersion dans l'atmosphère. Ils sont construits de la tôle (béton armé). Le sommet des cheminées est protégé contre l'action des gaz et les agents atmosphériques par un couronnement en fonte (cuivre rouge).
- **Ventilateurs de tirage : NR10 ET 20D01** : Le tirage naturel de la cheminée n'étant pas suffisant pour assurer la circulation des gaz depuis le foyer. Des ventilateurs de tirage (au Voisinage de  $680 \text{ m}^3/\text{h}$ ) sont installés à la base de la cheminée, ils aspirent les gaz de Combustion à leur sortie du foyer pour les refouler vers la cheminée.
- **Ventilateurs de recyclage (RD-20)** : les deux ventilateurs (NS10 et 20D01) aspirent (Au max  $200000 \text{ m}^3/\text{h}$ ) les fumées ( $400^\circ\text{C}$ ) à la sortie de la chaudière et les refoulent dans celle-ci en face des brûleurs. Cela permet de :
  - Augmenter le rendement de la chaudière.
  - Protéger les tubes d'écrans frontaux des flammes des brûleurs.
- **La turbine à vapeur** : Les trois turbines utilisées dans la centrale sont de marque Russe (LMZ) et de type K215-130-2 sa réalisation nécessite le recours à des aciers fortement alliés (Cr- Mb -Va) pour résister aux contraintes thermiques, mécaniques (force centrifuge) et chimique (corrosion par la vapeur).
- **Le condenseur** : Est un élément principal du cycle thermodynamique, car il fixe la température de la source froide qui intervient dans le rendement de l'installation, il reçoit et condense la vapeur provenant de l'échappement de la turbine, il joue le rôle de réserve d'eau pour la tranche.
- La circulation d'eau froide venant de la station de pompages, se circule dans des tubes provoque la condensation de la vapeur, cette vapeur condensée devient de l'eau tiède, ce dernier enlevé par une pompe d'extraction.
- **Pompe d'extraction** : Elle aspire l'eau du condenseur et la refoule au dégazeur.

## **CHAPITRE 2    PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE**

- **Le réchauffeur** : Le réchauffeur a un rôle très important dans le poste d'eau, ce rôle est énergétique car il rentre dans l'amélioration de rendement du cycle. On distingue deux types de réchauffeurs :
  - Réchauffeur basse pression.
  - Réchauffeur haute pression.
- **Le Réchauffeur basse pression** : Le deuxième type de réchauffeur se trouve après le dégazeur. L'eau réchauffée par le réchauffeur basse pression se dirige vers le dégazeur.
- **Le Réchauffeur haute pression** : Il se trouve après les pompes alimentaires.
- **Le dégazeur** : Il intervient dans le poste d'eau comme un réchauffeur par mélange, c'est un échangeur qui réchauffe l'eau d'extraction jusqu'à la température de saturation de la vapeur de chauffe, il assure le dégazage physique afin d'extraire les gaz dissous qui peuvent provoquer des corrosions dans la chaudière. L'eau à dégazer et la vapeur de soutirage Parcourant la tourelle dans le même sens du haut vers le bas.
- **Bâche alimentaire** : C'est une bâche de stockage d'eau dégazée, cette réserve d'eau est contenue dans une bâche cylindrique en acier, cette importante réserve d'eau utilisée lors des perturbations qui affectent les circuits en amont de cette bâche en maintenant dans ces conditions l'alimentation du générateur de vapeur.
- **Pompe alimentaire** : Aspire l'eau de la bâche alimentaire et la refoule à travers les réchauffeurs haute pression vers la chaudière, elle alimente le générateur de vapeur en quantité nécessaire d'eau pour maintenir le niveau normal du ballon de la chaudière.[4]

### **2.4. FONCTIONNEMENT TECHNOLOGIQUE :**

#### **2.4.1. Introduction**

La centrale thermique à vapeur, comme son nom l'indique, utilise la vapeur d'eau comme élément moteur de la turbine, ainsi on aura besoin de très grandes quantités d'eau, d'où la nécessité de construire ce type de centrales au bord de la mer.

Le fonctionnement technologique consiste en la procuration de la vapeur vive, sous certaines conditions (température, pression et débit) à la turbine pour la maintenir en fonctionnement stable et continu selon des consignes préalablement définies .

## CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

1. Chaudière à vapeur
2. Electrofiltre
3. Turbine à vapeur
4. Alternateur
5. Transformateur
6. Condenseur
7. Tour de refroidissement

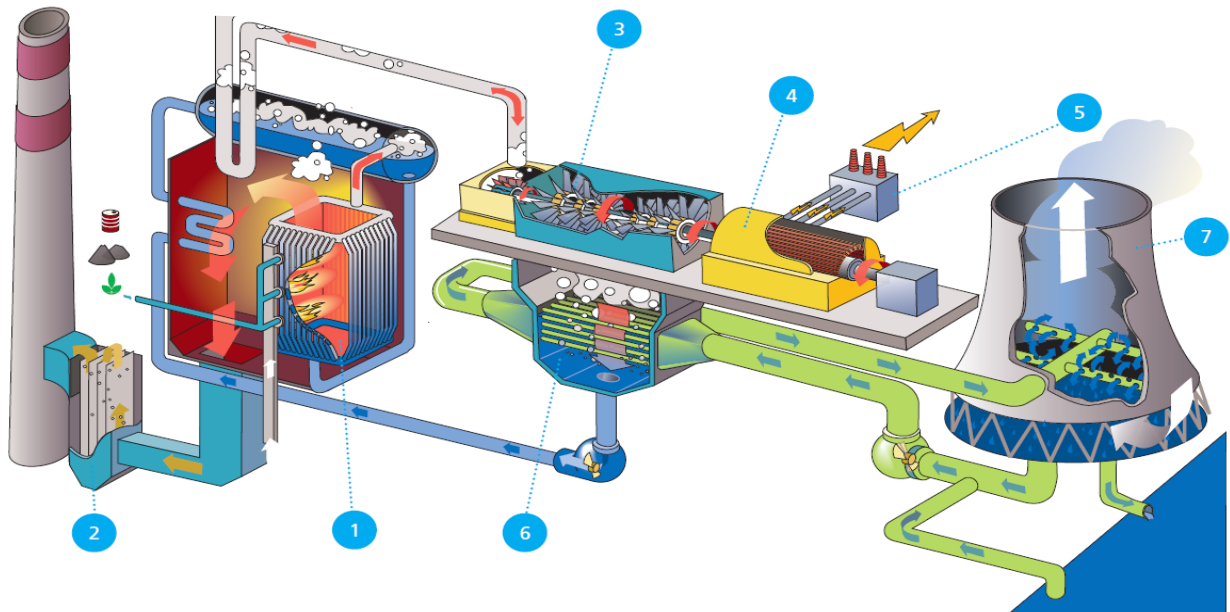


Figure 2. 3: Equipements technologiques d'une centrale Turbine à Vapeur.[4]

### 2.4.2. Principe de fonctionnement

Le fonctionnement technologique d'une centrale thermique peut être divisé, en gros, en trois étapes principales :

- Le gaz brûle dans le générateur de vapeur (la chaudière), qui est tapissé de tubes à l'intérieur desquels circule l'eau à chauffer, qui se vaporise sous pression à une température d'environ  $1200^{\circ}\text{C}$  ;
- La vapeur est progressivement détendue dans la turbine (CHP) et passe à travers une série de roues équipées d'ailettes, ce qui entraîne la rotation de la turbine (3000 tr/mn), la vapeur ne transmet pas toute son énergie thermique dans le CHP, elle est renvoyée vers la chaudière pour y être resurchauffer et passer ensuite dans le CMP puis dans le CBP, au fur et à mesure de la détente, la pression de la vapeur diminue. Pour récupérer le maximum d'énergie mécanique, les ailettes des trois corps de la turbine (CHP, CMP et CBP) ont une taille inversement proportionnelle à la pression (c à d plus la pression diminue,



## CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

plus leurs tailles augmentent), à la fin de la détente la vapeur s'échappe avec une pression de 50 mbar.

- La vapeur issue de la turbine est condensée (liquéfiée) dans un échangeur (condenseur) composé de dizaines de tubes de petit diamètre dans lesquels circule l'eau de refroidissement (eau de mer) qu'est restituée par la suite, l'eau condensée est récupérée par des pompes d'extraction et subit un cycle de réchauffage pour être à nouveau introduite dans le générateur de vapeur pour un nouveau cycle thermodynamique.

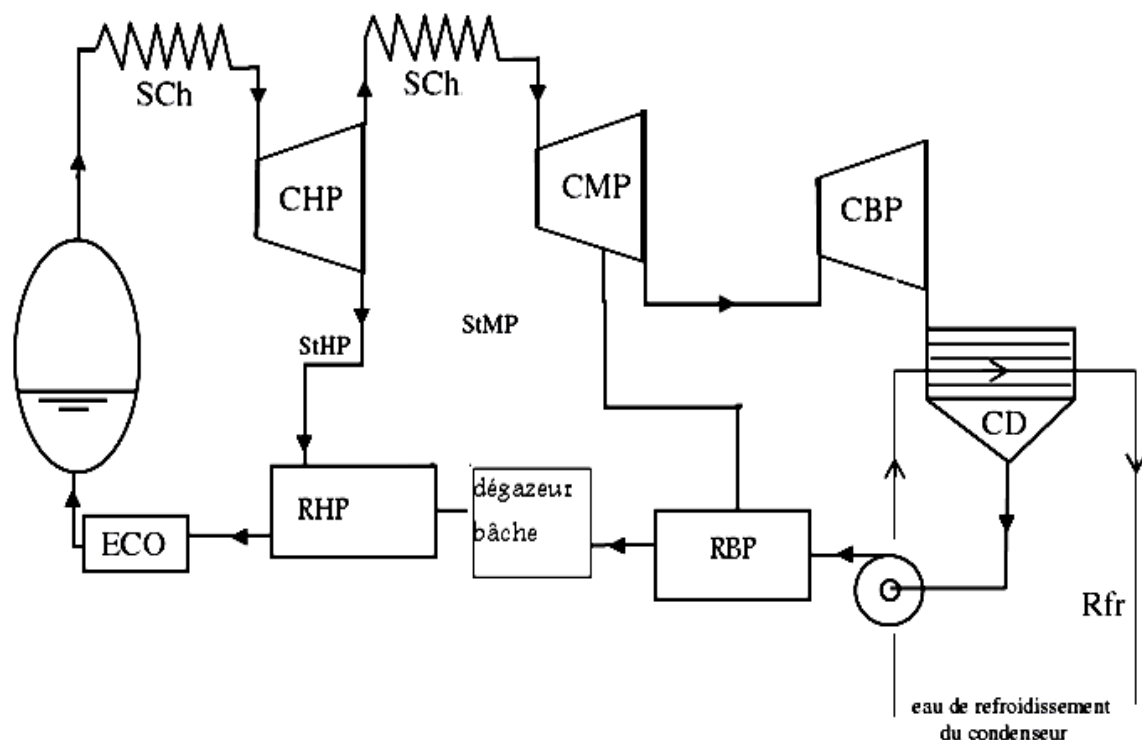


Figure 2. 4: schéma simplifié de l'installation.[4]

### 2.5. La turbine

#### 2.5.1. Définition d'une turbomachine

On appelle turbomachine, toute machine dans laquelle un fluide échange de l'énergie avec une ou plusieurs roues (ou rotor) munies d'aubes (ou ailettes) et tournant autour d'un axe, les aubes ménagent entre elles des canaux par lesquels le fluide s'écoule. Les aubes sont des obstacles profilés, plongés dans l'écoulement.

## **CHAPITRE 2    PRÉSENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE**

On appelle grille d'aubes, un ensemble fixe ou mobile d'obstacles, déduits les unes des autres par un déplacement géométrique périodique, utilisé pour guider l'écoulement du fluide et pour échanger avec lui des efforts mécaniques.

### **2.5.2. Différents types des turbomachines**

#### **2.5.2.1. Turbomachine réceptrice :**

Les turbomachines peuvent avoir pour fonction, de faire passer le fluide d'une pression inférieure à une pression supérieure ou encore de lui assurer un accroissement d'énergie cinétique, dans ce cas sa rotation absorbe de la puissance et elle constitue une turbomachine réceptrice (les ventilateurs soufflantes et compresseur.....).

#### **2.5.2.2. Turbomachine motrice :**

Le fluide peut s'écouler d'un milieu à haute pression vers un milieu à basse pression, ou encore il peut avoir son énergie cinétique diminuée, la machine a alors pour fonction, de recueillir l'énergie libérée par cette détente ou ce ralentissement, elle constitue une turbomachine motrice (les turbines hydrauliques, les turbines à vapeur, les moulins à vent ...).

#### **2.5.2.3. La turbine à vapeur :**

C'est une turbomachine motrice dont le rôle est de transformer l'énergie calorifique en énergie mécanique par l'intermédiaire de la vapeur d'eau. La pression de la vapeur à la sortie est très proche du vide (0.03; 0.05 bar), cette pression correspond à la température de la vapeur saturée à la sortie La turbine et elle dépend de l'eau froide qui passe par le condenseur.

Les turbines à condensation sont aussi utilisées pour la fabrication simultanée de l'énergie électrique et de la chaleur par exemple le chauffage urbain.

##### **2.5.2.3.1. La turbine à vapeur à 3 corps**

Composée de 3 corps haute, moyen et basse pression :

La vapeur venant de la chaudière attaque la turbine par le corps HP ou elle subit une détente, les paramètres de vapeurs sont réduits, reconditionné de nouveau dans la chaudière et transmise vers le corps MP de la turbine ensuite vers le corps basse pression.

## CHAPITRE 2 PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

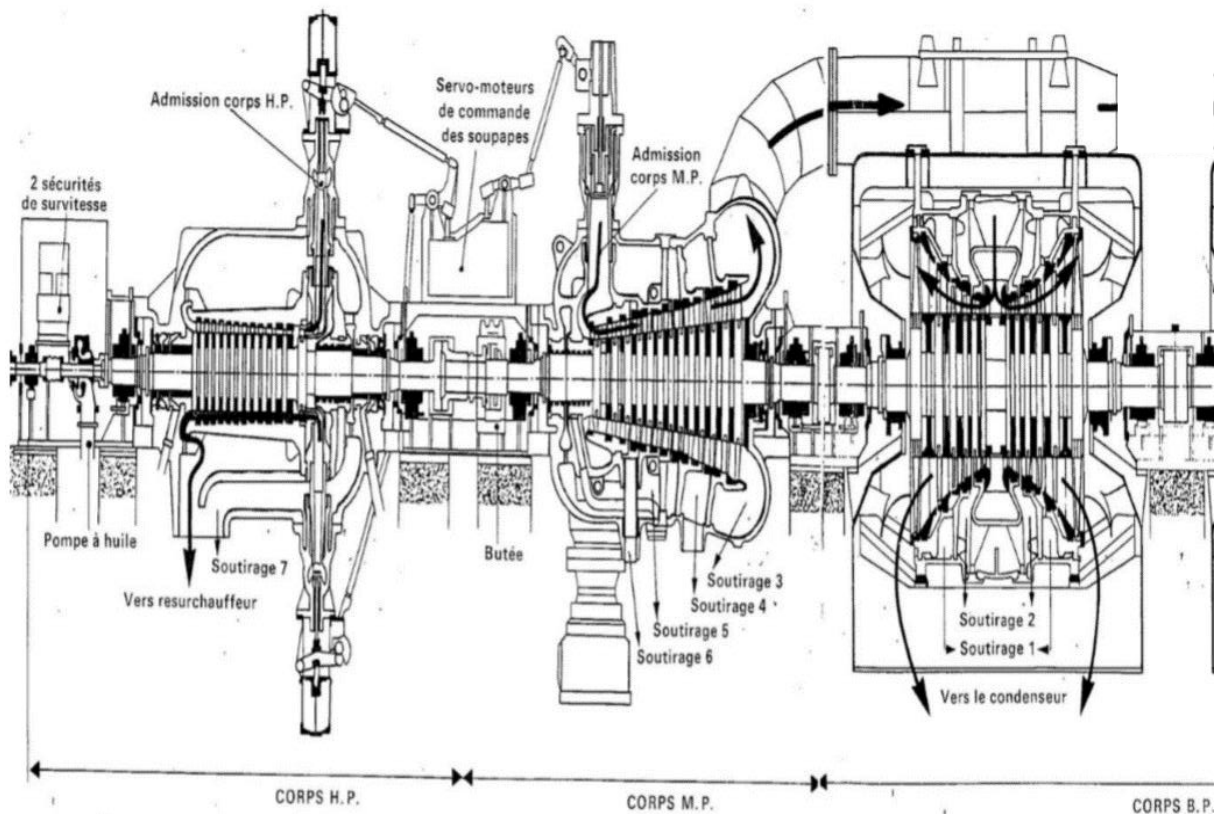


Figure 2. 5: turbine à vapeur à 3 corps.[4]

### Le corps HP

Il permet la 1<sup>ère</sup> détente de la vapeur (caractéristiques de la vapeur), la pression et la température à la sortie sont donc plus basses qu'à la sortie, pour éviter une condensation de la vapeur on l'a fait passer dans les résurchauffeurs (pour limiter la création des gouttelettes d'eau et pour augmenter le rendement)

Il contient des soutirages de vapeur pour alimenter les résurchauffeurs HP.

### Le corps MP

Frère à le corps HP sauf qu'il est plus grand pour permettre la vapeur de se détendre d'avantage Il contient des soutirages de vapeur pour alimenter les résurchauffeurs BP.

### Le corps BP

Constitue de deux carter qui transforme le reste d'énergie thermique disponible dans la turbine, à la sortie de cette partie placer un condenseur.

## CHAPITRE 2    PRESENTATION DE LA CENTRALE ET DE LA TURBINE

	<b>Corps HP</b>		<b>Corps MP</b>		<b>Corps BP</b>	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Pression (bars)	<b>127,5</b>	<b>26,7</b>	<b>23,4</b>	<b>1,25</b>	<b>1,25</b>	<b>0.0527</b>
Température (°C)	<b>540</b>	<b>329</b>	<b>540</b>	<b>174</b>	<b>174</b>	<b>40</b>

**Tableau 2. 1 : Température et pression dans les corps de la turbine.[4]**

# **CHAPITRE 3**

# **METHODES**

# **D'ANALYSE**

### 3.1. METHODE DE PARETO (« ABC » OU « 20/80 »)

#### 3.1.1. Introduction

Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant leur fréquence d'apparition. Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20 % des catégories produisent 80 % du nombre total d'effets.

Cette méthode permet donc de déterminer rapidement quelles sont les priorités d'actions. Si on considère que 20 % des causes représentent 80% des occurrences, agir sur ces 20 % aide à solutionner un problème avec un maximum d'efficacité. Un diagramme de Pareto est généralement présenté sous forme d'histogramme en colonne. Les catégories sont affichées en abscisses, par ordre décroissant de fréquence. Le nombre d'apparition est indiqué sur l'axe des ordonnées. Une courbe en ligne contenant les valeurs cumulées complète le diagramme.

Le diagramme de Pareto est également appelé :

\* Méthode "ABC".

\* Règle des 80/20.

#### 3.1.2. Histoire

A la fin du *XIX<sup>ème</sup>* siècle, un statisticien, Vilfredo PARETO, réalisa une étude sur la collecte des impôts en Italie. Pareto remarque en analysant la répartition des terres entre les différents propriétaires terriens que certains phénomènes sont caractéristiques. L'analyse ABC permet de limiter le problème, en sélectionnant sur un ensemble de donnée, l'importance du ou des critères qui justifient l'étude. Juran en tire l'idée que, pour un phénomène, 20% des causes produisent 80% des effets. Par exemple, pour un stock de produits en vente, 80% du chiffre d'affaires est généré par 20% des produits. Il utilisa ce modèle, en le détournant de sa première finalité, mais lui gardera le nom de son auteur initial. Pour Juran, cette répartition s'applique pour représenter plusieurs points cruciaux de la démarche industrielle :

- La répartition des défauts d'une production (les 20/80)
- La détermination des objectifs prioritaires de la politique
- L'approche critique du management de la qualité (boucle de contrôle)

### **3.1.3. L'objectif de digramme de Pareto**

Le diagramme de Pareto est un moyen simple de classer les phénomènes par ordre d'importance. Parmi les objectifs on cite :

- Faire apparaître les causes essentielles du phénomène
- Hiérarchiser les causes du problème
- Évaluer les effets d'une solution
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre

### **3.1.4 L'objectif de l'analyse ABC**

L'analyse ABC est une analyse permettant :

- D'établir la proportionnalité ou l'importance de chaque élément étudié dans l'ensemble des éléments.
- De trier et donc de classer les éléments les uns par rapport aux autres.
- De tirer les enseignements de cette proportionnalité.
- De vérifier la concentration grâce à l'indice de concentration de Gini
- De déterminer l'importance relative de causes ou d'autres critères.
- De les classer par ordre d'importance.
- De dégager les axes prioritaires

### **3.1.5. Méthodologie et démarche :**

Le diagramme de Pareto est élaboré en plusieurs étapes :

- Déterminer le problème à résoudre.
- La collecte de données

La collecte des données est une action essentielle car toute l'analyse va être basée sur la validité des informations recueillies.

Il convient donc de vérifier :

- La justesse des périodes de mesures.
- La véracité des enregistrements.
- Les unités de mesure identiques pour l'ensemble de la source de données.
- La cohérence des catégories.
- Le regroupement des causes mineures en une seule catégorie "Divers".
- Classer les données en catégories et prévoir une catégorie "Divers" pour les catégories à peu d'éléments.
- Quantifier l'importance de chaque catégorie et déterminer le pourcentage de chacune par rapport au total.
- Classer ces pourcentages par valeur décroissante, la catégorie "Divers" est toujours en dernier rang.
- Représenter les données sous forme d'un histogramme. L'histogramme peut être complété par "La courbe des valeurs cumulées" dont les points sont déterminés par l'addition des valeurs de tous les catégories (ou causes) identifiés précédemment, jusqu'à obtenir 100%.

La courbe « ABC », quant à elle, découpe la courbe de Pareto en trois segments A, B et C :

- "A" représente 75 à 80% de l'ensemble
- "A" + "B" représente 90 à 95% de l'ensemble
- "A" + "B" + "C" représente 100% de l'ensemble

Ainsi, lorsque les causes correspondant au segment "A" sont traitées, 75 à 80% des problèmes sont supprimés. Par cet outil, les priorités d'action sont donc rapidement visualisées.[9]

## **3.2. METHODE AMDEC**

### **3.2.1. Principe de base**

L'AMDEC est une technique pour faciliter l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la Sûreté de Fonctionnement (Sécurité, Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité).



L'AMDEC doit analyser la conception du moyen pour préparer son exploitation, afin que le moyen soit fiable, puis maintenable dans son environnement opérationnel. Pour parvenir à ce but, l'exploitant du moyen demande :

- Une installation intrinsèquement fiable et maintenable,
- Des pièces de rechange et des outillages adaptés,
- Des procédures ou aides pour minimiser le Temps d'intervention (diagnostic + réparation ou échange + remise en service),
- Des hommes formés,
- Une maintenance préventive adaptée, afin d'éviter si possible la panne.

Sur un bien d'équipement, l'AMDEC doit être pratiquée sur tous les nouveaux sous-ensembles, notamment ceux qui sont spécifiques ou complexes. Dans le cas d'un sous-ensemble fiabilisé et connu (standard, de type catalogue,), l'AMDEC porte sur les interactions de celui-ci avec les autres sous-ensembles, le produit fabriqué ou l'environnement, en prenant en compte ses conditions d'utilisation. Elle concerne toutes les activités conduisant à l'élaboration et à l'utilisation de tout bien d'équipement. Elle implique la mise en commun des compétences nécessaires à l'analyse, et pour cela, la constitution d'un groupe de travail réunissant les concepteurs du moyen, les Méthodes, la Fabrication et la Maintenance.

L'AMDEC est une étape de l'étude de fiabilité, de la disponibilité et de la sécurité d'un système. Elle fait appel à deux analyses complémentaires : l'AMDE, Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets, et l'analyse de leur Criticité. L'AMDE met en évidence les défaillances potentielles du moyen et les conséquences que peuvent subir les différents utilisateurs du moyen. L'AMDE détermine donc :

- Le Mode de Défaillance qui est la manière par laquelle la défaillance est observée, et qui correspond à une perte totale ou partielle de fonctions assurées par le moyen.
- La Cause potentielle de la défaillance qui est l'événement initial susceptible de conduire au mode de défaillance.
- L'Effet que peut avoir le mode de défaillance sur le bon fonctionnement du moyen de production ou sur l'utilisateur final du moyen. Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise (norme AFNOR expérimentale X 60-500). La

défaillance est observée à travers le mode et résulte d'une cause initiale. Elle se caractérise donc par le couple Cause-Mode.

L'Analyse de la Criticité permet d'estimer, pour chaque défaillance, sa Fréquence, sa Gravité et sa non- Détection. Elle met en évidence les points critiques pour les réduire en modifiant les plans ou les spécifications, ou, si c'est impossible ou insuffisant, en installant des moyens de détection ou de surveillance, et en programmant des actions de maintenance.

### **3.2.2. Initialisation**

Une AMDEC est demandée soit dans le cahier des charges définissant le système commandé au fournisseur, soit par un contrat spécifique, pour toute nouvelle conception de bien d'équipement. Elle doit être prévue dans le planning et les ressources du projet. Elle doit être engagée dès les premières phases de la conception du moyen et se poursuivre en phase d'étude lorsque les composants sont définis, et avant que les plans de détails ne soient figés.

Le demandeur d'une AMDEC sur un dispositif précis et le décideur ayant le pouvoir de mise en œuvre des actions correctives se fixent un délai et les limites de l'étude (niveau de précision, possibilités de remise en cause, ...) qui doivent être consignés dans un dossier de synthèse AMDEC.

Ils doivent réunir et préparer les supports nécessaires à l'étude du système, c'est-à-dire :

- Sa représentation concrète qui le définit (cahier des charges, plans, nomenclatures des composants, gamme, de fabrication et moyens de contrôle).
- Sa décomposition fonctionnelle, qui comprend :
  - Un découpage du système en sous-systèmes jusqu'au niveau de décomposition souhaité (composant élémentaire ou module dont on peut faire l'échange standard),
  - Une description des fonctions réalisées par chaque composant sur les différents sous-systèmes,
  - Des liens de dépendance (ou de cause à effet) existant entre ces fonctions.

### 3.2.3. Constitution du Groupe de Travail

Le demandeur constitue un Groupe de Travail pluridisciplinaire qui est composé de personnes responsables sur le sujet traité, pouvant apporter des informations nécessaires à l'analyse, grâce à leurs connaissances techniques ou à leurs expériences sur des moyens similaires déjà en exploitation. Le Groupe de Travail comprend impérativement :

- L'investisseur des services Méthodes (responsable du cahier des charges, des aspects techniques, des coûts, de la qualité et des délais),
- Le concepteur du moyen étudié (fournisseur responsable du moyen),
- Un utilisateur du moyen en production,
- Un agent en maintenance chargé de l'entretien du moyen mis en exploitation, L'étude AMDEC est gérée par le pilote (le demandeur ou l'investisseur), assisté par un animateur, personne ayant les compétences méthodologiques et la personnalité requise pour assurer l'organisation, le déroulement et l'animation de l'étude AMDEC Moyen de Production. Le groupe réunit aussi, en fonction des ordres du jour :
  - Un spécialiste ou expert d'un sujet traité ponctuellement,
  - Les services Qualité, Fiabilité, Sécurité. Essais. Achats. Automatismes, ...

AMDE : Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets

Pour chaque élément du dispositif ou système, il faut déterminer et énumérer dans le tableau AMDEC les éléments suivants :

#### 3.2.3.1. Modes de défaillance

Un mode de défaillance est la manière dont le dispositif peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement.

Il est relatif aux fonctions des composants. Pour chaque composant identifié dans la décomposition fonctionnelle, il faut rechercher sur chaque fonction qui lui est associée (il peut y en avoir plusieurs) :

- La perte totale de la fonction,
- L'apparition d'états dégradés de la fonction (performance inférieure à un niveau spécifié),
- La non réalisation de la fonction à l'instant où elle est sollicitée,

- L'apparition de fonctionnement intempestif lorsque la fonction n'est pas sollicitée.

Le mode est la façon, pour chaque composant, d'aboutir à un de ces quatre dysfonctionnements.

Un mode de défaillance peut être :

- Soit la perte totale de fonction : perte du guidage en rotation par rupture du roulement, ou par blocage, ...
- Soit à une dégradation de la fonction : mauvais guidage en rotation dû à un grippage partiel, ou à un jeu anormal, ...

### **3.2.3.2. Causes de défaillance**

Il faut rechercher et décrire les événements susceptibles de conduire au mode de défaillance.

Une cause de défaillance est l'événement initial (souvent une anomalie) pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode associé. Il peut y avoir plusieurs causes pour un même mode de défaillance. De même une cause peut provoquer l'apparition de plusieurs modes de défaillance sur plusieurs composants.

Exemples : Sous-dimensionnement, absence de frein d'écrou, manque de lubrifiant, joint mutilé, connecteur dur non encliqueté, vibrations, température, ...

### **3.2.3.3. Effets des défaillances**

Pour chaque mode de défaillance, il faut décrire les effets de la défaillance sur le système, qui concernant l'utilisateur du moyen de production. Les conséquences sont relatives :

- À l'arrêt de la production du moyen,
- À la non qualité du produit fabriqué,
- À la sécurité des biens et des personnes.

### **3.2.3.4. Détection**

Une cause (et/ou un mode) de défaillance étant supposée apparue, on dresse la liste de tout ce qui est prévu pour empêcher cette cause ou ce mode de défaillance d'arriver à

l'utilisateur du moyen, c'est-à-dire d'éviter que les effets ne se produisent. Elle est relative aux dispositions prises pour atténuer voire éviter un arrêt de production, pour assurer la qualité des pièces produites, ou pour traiter des problèmes de sécurité des personnes et des biens.

L'AMDE est ainsi basée sur la chaîne d'événements suivante : une cause potentielle étant apparue, elle conduit à un mode de défaillance du système, entraînant lui-même un effet pour l'exploitant, s'il n'y a pas de moyen de détection sur le mode ou sur la cause.

Exemples : Contrôle de fermeture de pinces, maintenance préventive, consigne visuelle, capteur automate, capteur de surcourse, calculs de dimensionnement, essais,...

### **3.2.3.5. Criticité**

Lorsque l'AMDE (globale ou d'un composant) est terminée, une analyse d'évaluation des risques est effectuée pour toutes les défaillances précédemment identifiées.

L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la Criticité, à partir de l'estimation des indices de Gravité, de Fréquence et de non-Détection.

La criticité permet :

- De noter l'importance du risque engendré par chaque cause de défaillance,
- Puis de hiérarchiser les défaillances. Cette hiérarchisation sert à prioriser les actions et mener, ainsi, des actions sur celles qui sont égales ou supérieures au seuil retenu.

L'indice de Criticité est calculé pour chaque cause de défaillance, en effectuant le produit de trois indices :

$$C = F \cdot G \cdot D$$

**F, G, D** sont définis ci-dessous. Ces indices peuvent également être écrit  $F'$ ,  $G'$ , et  $D'$  (et  $C'$ ) lorsqu'ils sont évalués après des actions correctives

#### **3.2.3.5.1. Indice de Fréquence « F »**

Il représente la probabilité que la cause de défaillance apparaisse et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré. Il faut donc tenir compte simultanément de la probabilité d'apparition de la cause et de la probabilité que cette cause entraîne la défaillance.

La note F correspond alors à la combinaison de ces deux probabilités. Le barème de cotation varie entre 1 et 4.

Note	FREQUENCE F	CRITERES DE SELECTION
1	Pratiquement inexistant	Défaillance pratiquement inexistant sur des installations similaires en exploitation, au plus 1 défaut sur la durée de vie du moyen
2	Rare	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation, à <i>titre indicatif</i> : 1 défaut par an ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire
3	Occasionnel	Défaillance apparue occasionnellement sur du matériel similaire existant en exploitation, à <i>titre indicatif</i> : 1 défaut par trimestre
4	Fréquent	Défaillance apparue fréquemment sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant sur une exploitation, à <i>titre indicatif</i> : 1 défaut par mois, ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance et il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire

**Tableau 3. 1 : Indice de Fréquence « F » [5]**

**3.2.3.5.2. Indice de Gravité « G »**

Les barèmes de cotation, variant de 1 à 5 (cf. Annexe 1), se basent sur les effets provoqués par la défaillance, en terme :

- De Temps d'Intervention (TI) qui correspond au Temps Actif de Maintenance Corrective (diagnostic + réparation ou échange + remise en service),
- De qualité des pièces produites,
- De sécurité des hommes ou des biens.

L'indice sanctionne uniquement l'effet le plus grave produit par le mode de défaillance, même lorsque plusieurs effets ont été identifiés.

La note G = 5 est automatiquement attribuée :

- Lorsque l'effet peut impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention, ou, lorsque l'effet peut entraîner une non-

conformité dans les opérations aval et, éventuellement, un dysfonctionnement pour le client final, si cette non-conformité n'est pas détectée dans le process. G ne change pas sauf en cas de nouvelle conception.

Note	GRAVITE G	CRITERES DE SELECTION (TI = Temps d'intervention *, Qualité et Sécurité)
1	Mineure	Défaillance mineure, aucune dégradation notable du matériel, <i>à titre indicatif, TI ≤ 3 min</i>
2	Moyenne	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée, <i>à titre indicatif, 3 min &lt; TI ≤ 20 min</i>
3	Majeure	Défaillance importante, nécessitant une intervention de longue durée, <i>à titre indicatif, 20 min &lt; TI ≤ 60 min</i> <b>ou</b> Non-conformité du produit, constatée et corrigée par l'utilisateur du moyen
4	Catastrophique	Défaillance grave, à titre indicatif, TI > 60 min, <b>ou</b> Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise), <b>ou</b> Dommages matériels importants (sécurité des biens)
5	Sécurité / Qualité	<b>Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention,</b> <b>ou</b> <b>Non-conformité du produit envoyé en clientèle (l'automobiliste)</b>

\* TI = Temps d'Intervention ou Temps Actif de Maintenance Corrective  
(= Diagnostic + Réparation + Remise en condition initiale)

**Tableau 3. 2: Indice de Gravité « G » [5]**

**3.2.3.5.3. Indice de Non-Détection « D »**

C'est la probabilité que la cause ou le mode de défaillance supposés apparus provoquent l'effet le plus grave, sans que la défaillance ne soit détectée au préalable. Le barème de cotation varie entre 1 et 4.

Note	NON-DETECTION D	CRITERES DE SELECTION
1	Détection totale	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave, provoqué par la défaillance pendant la production
2	Détection exploitable	La cause ou le mode de défaillance sont décelables, mais le risque de ne pas être perçus existe
3	Détection faible	La cause ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables
4	Sans détection	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise

**Tableau 3. 3: Indice de Non-Détection « D » [5]**

**3.2.3.5.4. Hiérarchisation des risques**

A partir des indices de criticité, il est possible de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur à une limite constante et contractuellement imposée, par exemple par le cahier des charges. Le seuil de criticité varie selon les objectifs de fiabilité ou les techniques traitées.

A titre indicatif on peut citer les cas suivants :

- 12, lorsque les objectifs de fiabilité sont sévères,
- 16, le plus utilisé pour les organes mécaniques,
- 24, sur des composants électriques ou électroniques, où l'indice de non-Détection est presque toujours égal à 4.

Des actions correctives sont engagées pour toutes les causes de défaillance dont C atteint ce seuil.

Toute note de G ou de F égale à 4 doit entraîner une action corrective de conception, même si la criticité n'atteint pas le seuil fixé.

La note de G = 5 doit obligatoirement entraîner :

- Une action corrective de conception, si elle existe, afin de rendre la gravité inférieure ou égale à 4 ( $G \leq 4$ ),
- Ou, s'il est impossible de faire disparaître l'effet ainsi noté (la note G restera à 5), une action corrective telle que les notes F de fréquence et D de non-détection soient toutes deux égales à 1 ( $F = 1$  et  $G = 5$  et  $D = 1$ ).



En résumé un point critique correspond soit à un point dont la criticité des défaillances est supérieure ou égale à un seuil donné, soit à un point où la gravité ou la fréquence des défaillances est supérieure ou égale à 4.

$(C \geq \text{Seuil})$  ou  $(G \geq 4)$  ou  $(F = 4)$

Tout point critique doit faire l'objet d'actions correctives pour tenter de l'éliminer. Si un point critique subsiste, il doit être largement justifié par le concepteur et faire l'objet de mesures particulières chez l'utilisateur.

### **3.2.3.5.5. Actions Correctives**

Après la mise en évidence des risques de défaillance critiques, des Actions Correctives sont décidées et appliquées. Elles ont pour objectif de diminuer la criticité des défaillances.

Une diminution de C peut être obtenue :

- En agissant sur le moyen, de la conception jusqu'à la mise en exploitation, par une action du Fournisseur dans les domaines :
  - Du respect de la conformité des caractéristiques du produit réalisé par le moyen,
  - Du respect des conditions de travail et de la sécurité des personnes,
  - De la fiabilité,
  - De la maintenabilité intrinsèque,
- En agissant sur la logistique, par une action du Client dans les domaines :
  - De la politique de maintenance,
  - De la formation du personnel exploitant,
  - De l'organisation (pièce de rechange, ...)

Dans tous les cas, une action corrective de conception doit être préférée à une action corrective de logistique.

De même, une action corrective de conception améliorant la fiabilité doit être envisagée avant une action corrective améliorant la maintenabilité.

La diminution de la criticité passe par celle d'un ou de plusieurs indices :

- L'amélioration de la note de fréquence, F, s'obtient par une action sur la fiabilité du composant incriminé, ou sur les conditions d'utilisation, ou par une action de maintenance préventive systématique, ... C'est l'action à rechercher en priorité.
- L'amélioration de la note de non-détection, D, s'obtient en agissant sur la validation de la conception (calculs, essais, ...), sur une aide à la supervision, par une maintenance préventive, ...
- L'amélioration de la note de gravité, G, s'obtient par une action sur la maintenabilité ou l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. Cela peut aussi entraîner des modifications de conception (suivi de la qualité produite, confinement des risques, ...).

Une fois les actions correctives identifiées, le décideur valide la mise en application des actions correctives proposées par le groupe, en tenant compte des délais (dates, ou étapes contractuelles) et des coûts d'investissement, d'exploitation, et de maintenance.

### **3.2.4. Conclusion**

L'AMDEC est une méthode d'analyse prévisionnelle de la Sûreté de Fonctionnement (Sécurité Fiabilité Maintenabilité et Disponibilité). Son efficacité est fonction :

- D'un travail en groupe bien formalisé (ordre du jour des réunions précis, travail entre réunions planifié, conduite de réunions maîtrisée, ...),
- Du fait que l'on analyse et corrige en commun un dispositif au lieu d'attendre que ce dispositif soit en service et révèle ses défaillances, ou entraîne une non-qualité des pièces produites,
- De la mise en commun des expériences d'origines diverses et des banques de données (qualitatives et quantitatives),
- Du fait que les participants soient responsables de l'évaluation du dispositif et des actions d'amélioration entreprises,
- À l'utilisation d'une méthodologie simple et objective, mise en oeuvre par l'animateur,
- À l'existence d'indices de criticité permettant de hiérarchiser les défaillances.

Il faut noter malgré tout, que pour des problèmes de qualité et de fiabilité apparaissant en exploitation, l'AMDEC peut être utilisée efficacement pour déclencher les actions curatives et

préventives, à partir des défaillances réelles observées. Nous ne sommes plus alors dans une AMDEC prévisionnelle mais en AMDEC opérationnelle.

# **CHAPITRE 4**

# **ANALYSE DES**

# **DONNES**

### **4.1. INTRODUCTION**

Dans cette partie de travail, nous réalisons une étude et une analyse de travail de la turbine pour essayer de déterminer les causes les plus probables qui infectent son travail et donner par la suite des solutions qui visent à améliorer son travail.

Pour cela nous avons adopté la stratégie suivante :

1. Utiliser le retour d'expérience de la centrale c'est-à-dire l'historique pour déterminer les équipements pénalisants son travail. Il s'avère que les turbines viennent en premier lieu.
2. Dans la deuxième étape nous avons passé à l'étude des turbines elles même et déterminer les éléments les plus touchés par les pannes. Des méthodes d'analyses ont été utilisées à savoir ABC et PARETO.
3. La troisième étape consiste à étudier qualitativement les défauts et les pannes de la turbine et déceler les plus critiques entre elles.
4. Une analyse fonctionnelle a été réalisée et notre système est découpé en sous-systèmes pour faciliter la tâche de l'étude. La méthode AMDEC a été utilisée.
5. Finalement et une fois les éléments les plus pénalisants et les pannes les plus critiques ont été déterminés, un nouveau plan de maintenance et de recommandations a été proposé.
6. Pour faciliter la tâche des exploitants travaillant sur la turbine et pour la bien gérer, nous avons créé une application qui permet d'informatiser toutes les taches effectuées sur la turbine notamment les taches de maintenance

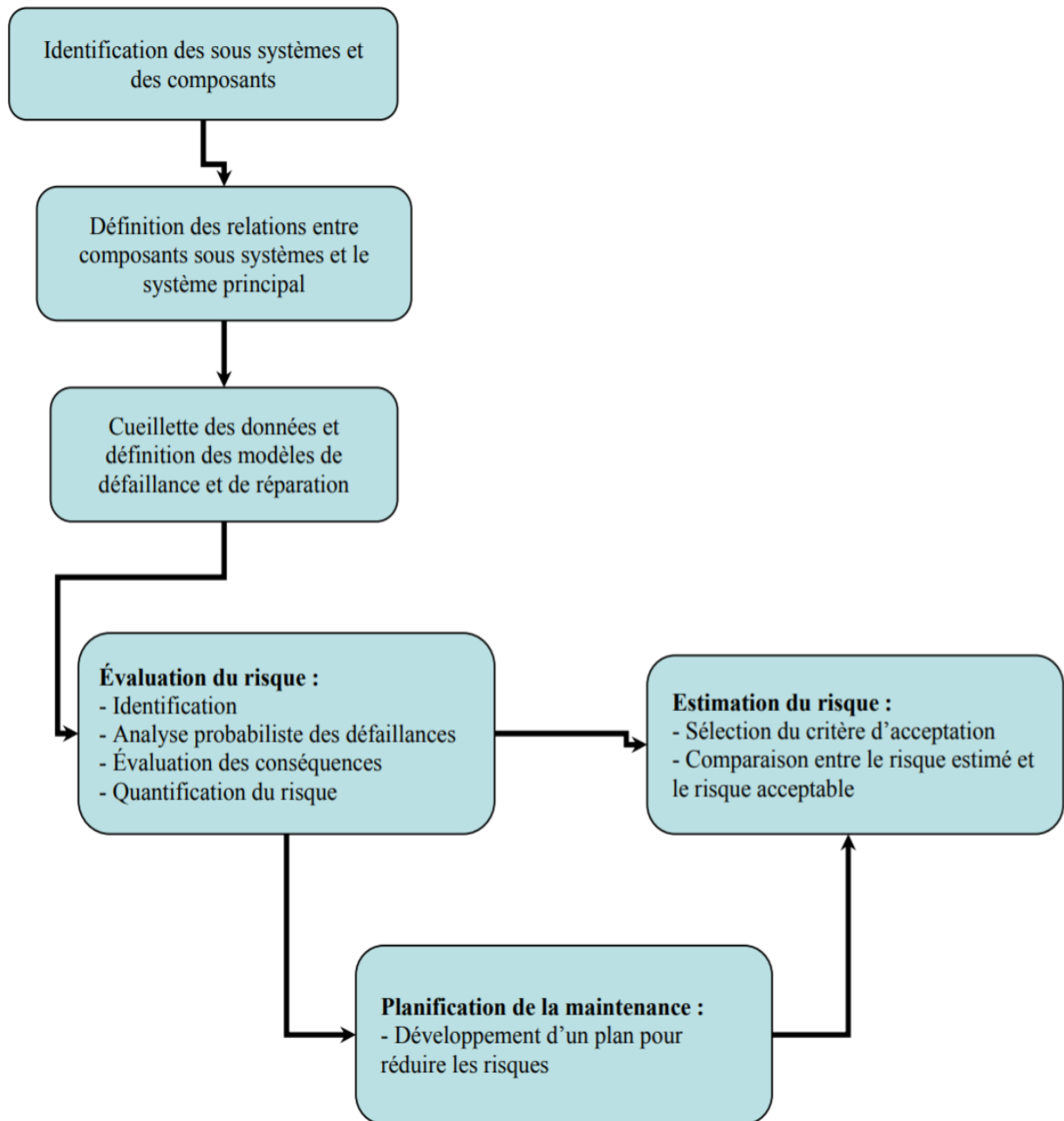


Figure 4. 1 : Stratégie de l'analyse

## 4.2. Analyse et étude des pannes de la centrale

Dans la période de notre présence dans la centrale électrique de Jijel pendant le stage, nous avons collecté l'historique des données sur les pannes durant 10 dernières années (2009-2019), que nous avons organisées et analysées dans le tableau suivant.

	Turbine	POSTE D'EAU	Chaudière	Alternateur	TRANSFORMATEUR	Total
Nombre des pannes	176	21	12	11	3	223
G-1	78.92%	9.42%	5.38%	4.93%	1.35%	100%
Nombre des pannes	143	25	18	10	7	203
G-2	70.44%	12.32%	8.87%	4.93%	3.45%	100%
Nombre des pannes	148	27	23	13	5	216
G-3	68.52%	12.5%	10.65%	6.02%	2.31%	100%

Tableau 4. 1 : historique des pannes de la centrale électrique

### 4.2.1. Méthode PARETO des pannes de la centrale

Nous utilisons dans ce qui suit la méthode PARETO pour étudier la distribution des pannes de la centrale sur l'ensembles de ses équipements. Les histogrammes ci-dessous représentent les résultats de cette analyse.

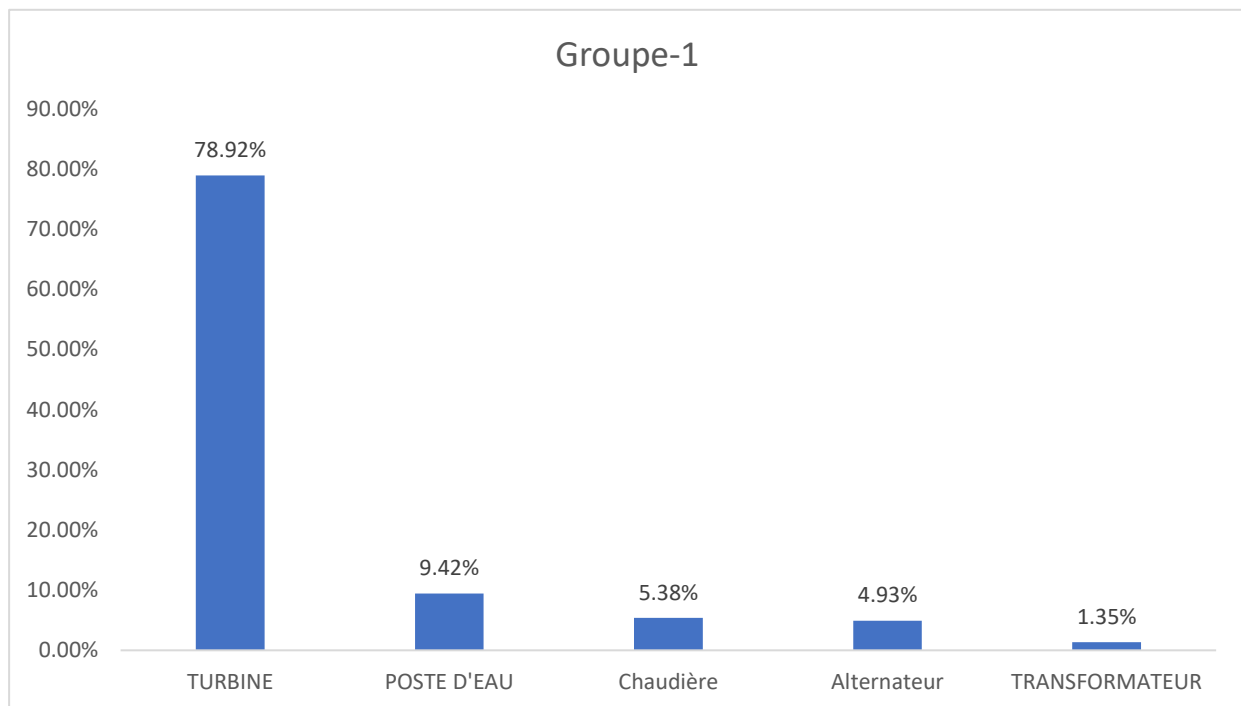


Figure 4. 2: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-1

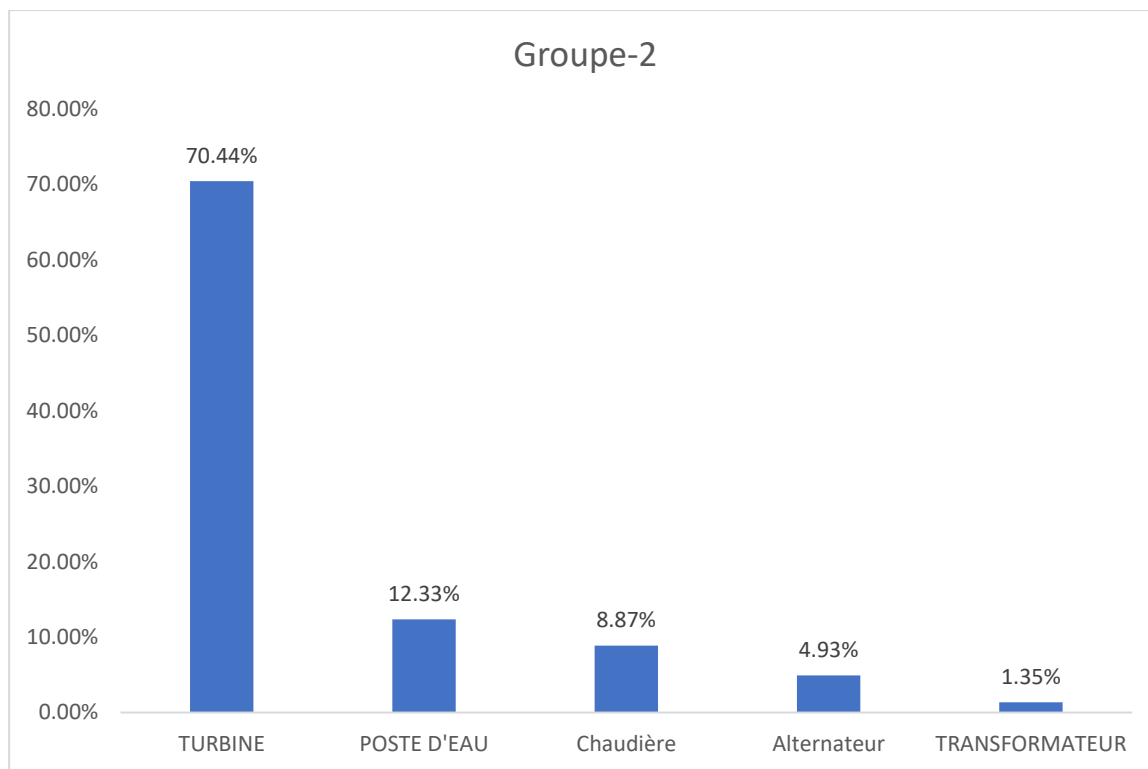


Figure 4. 3: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-2

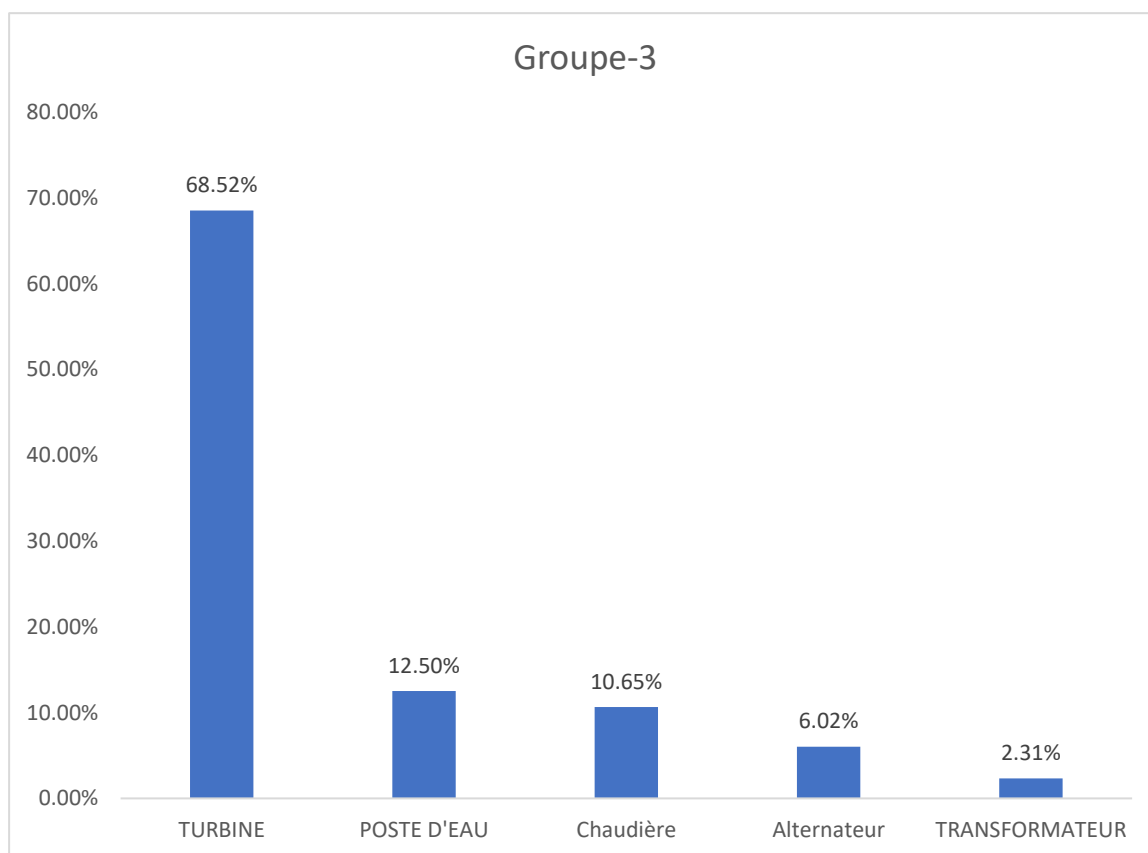


Figure 4. 4: Histogramme représente les pannes des équipements du groupe-3



4.2.2 résultats et discussion

La méthode du PARETO A été utilisée pour étudier et analyser les données. Nous constatons qu'environ 80% des pannes dans la centrale électrique touchent les turbines qui représentent 20% de l'équipement total, la pompe alimentaire vient en deuxième position. Une attention particulière doit être donnée à ces turbines vu leurs rôles important au sein de la centrale.

Dans la suite de notre travail nous nous concentrons sur l'étude des turbines avec une analyse et étude des pannes de ces dernières pour essayer de connaître les causes, les effets et les conséquences et donner par la suite des solutions pour améliorer le travail de ces turbines.

Remarque :

D'après le tableau qui précède le groupe le plus touché par les pannes est le groupe n°1, pour cela nous le prenons comme exemple pour notre étude.

4.2.3 Analyse des pannes de la turbine

L'analyse fonctionnelle de la turbine nous a permis de découper la turbine en cinq sous-systèmes à savoir : Figure 4.5

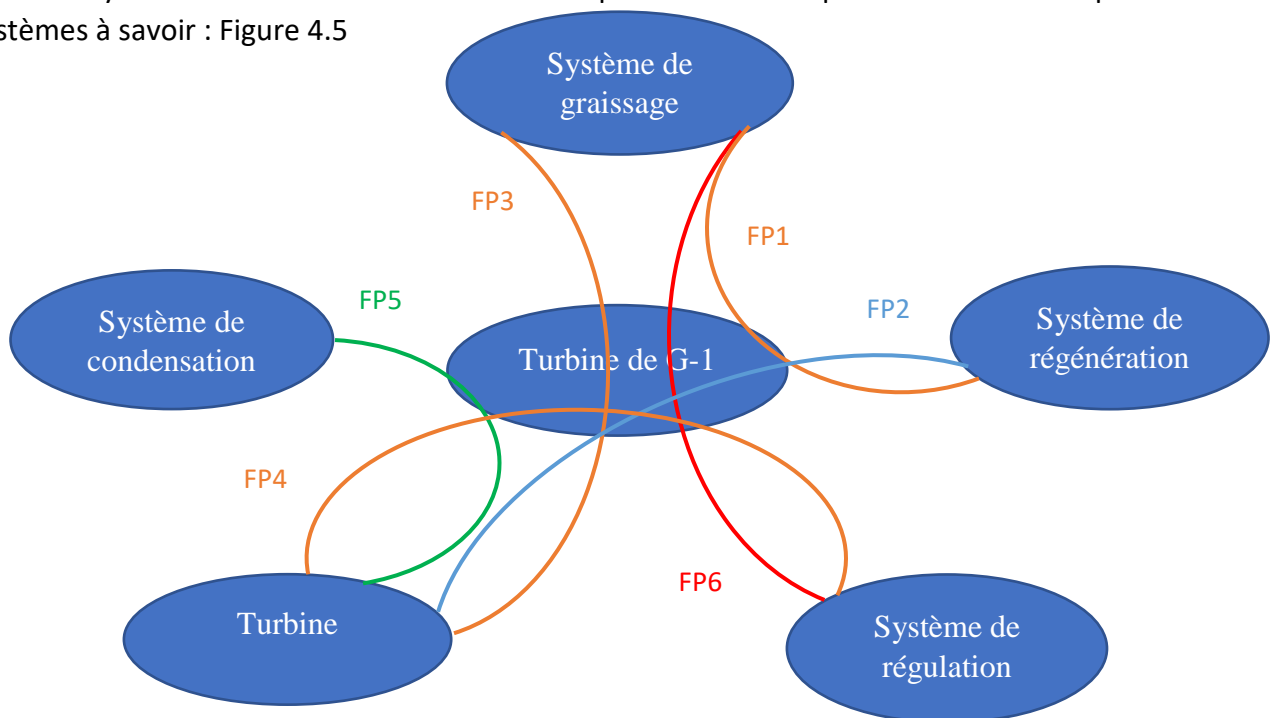


Figure 4. 5: analyse fonctionnelle de la turbine

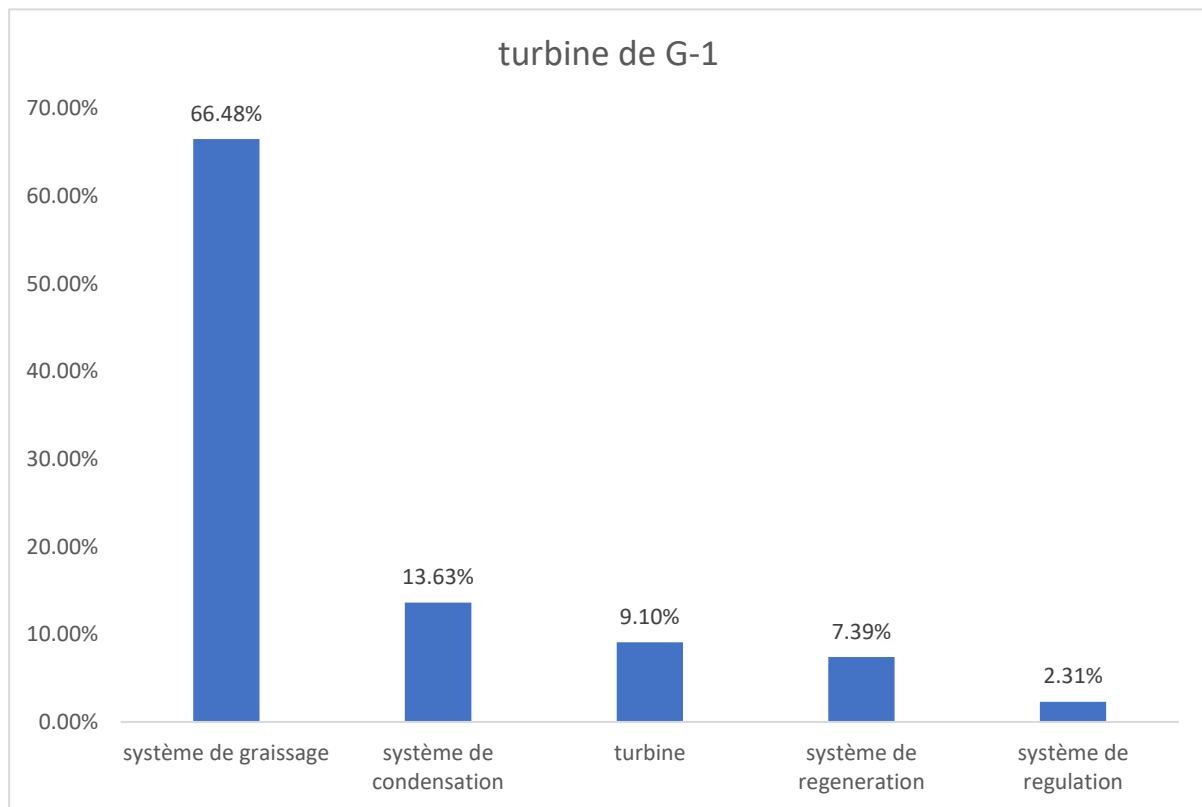
Le tableau ci-dessous nous résume l’historique des pannes de notre turbine à étudier :

Turbine de G-1	Système de graissage	Système de condensation	Turbine	Système de régénération	Système de régulation	Total
<b>Nombre de pannes</b>	117	24	16	13	6	176
<b>Pourcentage</b>	66.48%	13.63%	9.1%	7.39%	3.41%	100%

**Tableau 4. 2: l’historique des pannes de notre turbine**

**4.2.3.1. Méthode PARETO de la turbine**

La figure suivante présente un histogramme de distribution des pannes de la turbine nous utilisons la méthode PARETO



**Figure 4. 6: Histogramme des pannes des différents systèmes de la turbine du groupe-1**

**4.2.4. Résultats et discussion**

En ce qui concerne les résultats de l’analyse de la turbine à vapeur, les diagrammes de Pareto nous révèlent qu’environ quatre-vingt pour cent des indisponibilités de cet équipement sont causées par des pannes de système de graissage alors une attention

particulière doit être donnée à ce système. Les pannes rencontrées au niveau système de condensation, la turbine et système de régénération ne représentent ensemble que trente pour cent mais il faut les prendre en considération à l’avenir puisqu’ils peuvent être se développer et devenir considérables. Alors que les pannes du système de régulation sont négligeables et ne représentent que deux pour cent de l’ensemble des pannes.

**4.3. Analyse de la turbine par la méthode AMDEC**

Pour pouvoir connaître les pannes les plus critique et pénalisation de notre système, nous avant mené une étude quantitative par la méthode AMDEC.

A la fin de cette analyse nous aurons une image sur l’ensembles des pannes et défauts ce qui nous permet de concentrer sur les panes critiques. Les tableaux suivants résumé notre étude.

**4.3.1. Analyse de Système de graissage**

		AMDEC								Page 1 /5
		Système : turbine à vapeur Sous-système : Système de graissage		Phase de fonctionnement : Marche normale						
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective.
						F	G	D	C	
L’huile	Graissage Lubrification	Dégradation de leur propriétés	La haute température	Usure	Faire l’analyse	3	4	3	36	Vidange et changement de l’huile
Pompes	Distribuée l’huile dans les organes de la turbine	Défauts électriques Blocage	Court-circuit Température Les impuretés	L’arrêt de graissage Déclanchement de la turbine	Visuel (voltmètre)	1	2	2	4	Réparation
Conduites	Transport de l’huile	Fuites Colmatage	Oxydation	L’arrêt de graissage Déclanchement de la turbine	Visuel	1	2	1	2	Contrôler l’état de conducteur
Filtre	Filtrer l’huile	Colmatage	Les impuretés	L’arrêt de graissage Déclanchement de la turbine	Visuel	3	4	2	24	Nettoyage

**Tableau 4. 3: Analyse de système de graissage par la méthode AMDEC**

4.3.2. Analyse de Système de régulation

		AMDEC								Page 2 /5
		Système : turbine à vapeur		Phase de fonctionnement :						
		Sous-système : Système de régulation		Marche normale						
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective.
						F	G	D	C	
Capteurs	Détecter et contrôler	En dommage	Poussier Haut température	Mauvais résultats de mesure	/	2	2	4	16	Changement de capteur
Câbles	Transporté les signaux électriques	En dommage	La température	Aucun accès des informations	Visuel (voltmètre)	1	2	2	4	Changement des câbles
Tableau d'affichage	Afficher les information	Blocage Électrique	Poussière	Tromper l'observateur	Test	1	2	1	2	Changement des câbles
Les interrupteurs électromagnétiques	Ouverture et fermeture de VHP et VMP	Ne fonctionnent pas	Manque de Pression	Déclanchement des vannes	Test	2	2	1	4	Réparation
Servomoteurs	Commande des soupapes de réglage et vannes électriques	Ne s'ouvrent pas	Les tiroirs de sécurité du régulateur ne sont pas amortis	Influence sur L'ouverture et la fermeture des soupapes	Test	1	3	3	9	Mis en position des servomoteurs

Tableau 4. 4: Analyse de système de régulation par la méthode AMDEC

4.3.3. Analyse de Système de condensation

		AMDEC								Page 3 /5
		Système : turbine à vapeur		Phase de fonctionnement :						
		Sous-système : Système de condensation		Marche normale						
Élément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective.
						F	G	D	C	
Verres indicateurs	Indique le niveau d'eau	Dégradation de leur propriétés	Poussière	Tromper l'observation	Visuel	2	2	1	4	Nettoyage
Les vacuomètres	Mesurer la pression de vapeur dans les tubes à vide	Blocage	Température Les impuretés Corrosion	L'arrêt de graissage Déclanchement de la turbine	Visuel (voltmètre)	1	2	2	4	changement
Les robinets et les vannes de vidange	Transporté l'huile	Fuites Colmatage	Oxydation	L'arrêt de graissage Déclanchement de la turbine	Visuel	1	2	1	2	Contrôler l'état de conducteur
Filtre	Filtrer l'huile	Colmatage	Les impureté	L'arrêt de graissage Déclanchement de la turbine	Visuel	3	4	2	24	

Tableau 4. 5: Analyse de système de condensation par la méthode AMDEC

4.3.4. Analyse de Système de la turbine

		AMDEC								Page 4 /5
		Système : turbine à vapeur Sous-système : Mécanique de la turbine		Phase de fonctionnement : Marche normale						
Élément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective.
						F	G	D	C	
Les corps des cylindres	Envelopper et porter les organes de la turbine	Délimitation	Haut température Humidité	Mauvais résultats de mesure	Capteurs	1	2	2	4	Réparation
Les paliers	Basé l'arbre de la turbine	L'usure	Impureté dans l'huile de graissage	Crée les vibrations	Visuel ou par CND	4	4	2	32	Renouveler le régule des paliers Contrôler l'alignement des paliers
Arbre	Liée la turbine avec l'alternateur	Flexion Usure	Haut température avec petite vitesse de rotation Poussière	Vibrations	Contrôle	1	5	1	5	Contrôler L'axialité de l'Arber
Les soupapes	Commande a l'entrer et la sortie de vapeur	Blocage Usure	La fermeture n'est pas complète	Pert de pression et de la vapeur	Visuel	2	4	1	8	Réglages
Les ailettes	Tourner la turbines	Usure Déformation	Gouttes d'eau et phénomène de cavitation	Vitesse de rotation	Visuel	2	3	4	24	Changement de la pièce
Les garnitures d'étanchéités	Limiter les pertes par les fuites	Usure	Les impuretés d'huile	Pert de pression et de la vapeur	Visuel	2	4	3	24	Changement de la piece

Tableau 4. 6: Analyse de la turbine par la méthode AMDEC

4.3.1. Analyse de Système de régénération

		AMDEC								Page 5 /5
		Système : turbine à vapeur Sous-système : Système de Régénération		Phase de fonctionnement : <i>Marche normale</i>		Date de l'analyse				
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective.
						F	G	D	C	
La robinetterie de l'installation de régénération	Commande a	Corrosion Blocage	L'humidité	Perturbation de débit de vapeur	Visuel	2	3	2	12	Changement des robinet
Tuyaux d'aspiration d'air des réchauffeur	Aspiration d'air des réchauffeurs allant vers le condenseur	Fuite	Corrosion	Perturbation de débit de vapeur	Visuel	1	4	2	8	Changement

Tableau 4. 7: AMDEC pour le système de régulation

4.4. Solutions et recommandations

Après l'étude et l'analyse de la turbine et la base des résultats obtenus ainsi que discussion avec le personnel travaillant sur la turbine et pour assurer et améliorer le travail de cette dernière nous proposons un nouveau plan de sa maintenance puisque nous pensons que le plan établi par le constructeur est dépassé et n'est plus valable vu la durée de sa vie et le vieillissement de ses éléments.

Le tableau suivant résume ce plan :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE

Machine : turbine à vapeur

Opérations exécutables en fonctionnement et en arrêt		Fréquence					Temps	Observations
		J	M	T	S	A		
Système de graissage	Vérifier la qualité de l'huile dans le système de graissage		X				60 min	La viscosité Les impuretés
	Purifier ou remplacer l'huile					X	1jours	Renouveler l'huile
	Evacuer le dépôt d'eau du réservoir d'huile					X	6 heures	Ouvrir la vanne d'évacuation
	Contrôler le niveau d'huile dans le réservoir				X		10 min	Manomètre
	S'assurer que les tiges des indicateurs à flotteur du niveau d'huile dans le réservoir ne sont pas coincées et vérifier le fonctionnement des dispositifs de signalisation des niveaux limites					X	6 heures	Visuelle
	Vérifier la réserve d'huile pour le recomplètement du système				X		10 min	Manomètre
	Vérifier l'état des vannes, les clapets antiretours et des limiteurs de course des vannes de la tuyauterie d'huile			X			8 heures	Visuelle Manuellement
	Ouvrir et mettre sous plombage en cette position les vannes suivantes des tuyauteries d'huile sur la ligne d'aspiration de toutes les pompes électriques du système de graissage et du système de régulation, et à l'entrée et la sortie d'huile des refroidisseurs d'huile mis en marche	X					10 min	Manuellement
	Vérifier que les pompes sont remplies d'huile, en ouvrant les robinets de purge d'air	X					10 min	Visuelle Manomètre
	S'assurer que les paliers des pompes et moteurs électriques sont dûment lubrifiés		X				1 heures	Visuelle Manomètre
	Fermer les vannes sur la ligne de refoulement des pompes à huile	X					5min	Manuelle
	Fermer la vanne sur la tuyauterie d'huile du by-pass des refroidisseurs d'huile	X					5min	Manuelle
	Déverrouiller les pompes électriques, en plaçant les commutateurs des blocages sur la position de « débloqué »	X					3min	Visuelle
	S'assurer que la pompe fonctionne normalement. Examiner la tuyauterie d'huile, s'assurer de l'étanchéité absolue de tout système de graissage				X		8heurs	Visuelle
	Vérifier que la quantité d'huile vidangée de tous les paliers est bien suffisante, les trous de visite de la vidange d'huile des paliers doivent être transparents et éclairés			X			2 heures	Visuelle Manuelle



	Visiter les refroidisseurs d'huile	X				30 min	Thermomètre
	Vérifier la pression d'eau réfrigérante dans les refroidisseurs d'huile	X				5 min	Baromètre
	Surveiller les déplacements absolus des corps palier 1 et 2	X				5min	Capteur
	Vérifier ouverture et la fermeture des vannes d'arrêt	X				2min	Visuelle
	Vérifier le canal de sorti d'huile de la turbine	X				2min	Visuelle
	Surveiller l'alignement de rotor du groupe turbo-alternateur	X				2min	Capteurs
	Surveiller les dilatations relatives de tous les rotors	X				2min	Capteurs
	Vérifier la température d'huile en aval des refroidisseurs d'huile et à la vidange d'huile	X				10min	Thermomètre
	Vérifier la température du régule des paliers de butée turbine et des plaques de palier radiaux	X				10min	Thermomètre
	Contrôler le vide dans le condenseur	X				5min	Manomètre
	Vérifier la température du métal VHP, VMP, CHP, CMP, des tuyaux de by-pass	X				10min	Thermomètre
	Vérifier ls températures de vapeur direct et de vapeur en aval de la surchauffe intermédiaire, de vapeur dans l'étage de réglage CHP, a l'échappement RHP et dans la chambre de l'étage de réglage CMP	X				10min	Thermomètre
	Contrôler les pressions de vapeur directe et de vapeur en aval de la surchauffe intermédiaires, pression dans l'étage de réglage CHP et CMP	X				10min	Baromètre
	Contrôler la pression a l'échappement RHP	X				10min	Thermomètre
	Contrôler la pression d'huile dans le système de graissage	X				10min	Thermomètre
	Débit de vapeur pour la turbine	X				15min	Capteurs
	Niveau dans le condenseur RBP et RHP	X				5min	Manomètre
<b>Système de régulation</b>	Vérifier que le mécanisme de commande sur la position O de l'échelle, et les servomoteur hauts et moyenne pression et des soupapes de réglage CHP-CMP doivent être fermés	X				5min	Visuelle
	Vérification du fonctionnement du relais à vide -du capteur de désaxage de relais de chute de pression de graisse -De l'équipement de protection d'après l'augmentation du niveau dans chaque RHP	X				5min	Faire un essai avec délivrance du signal

	-De l'équipement de protection d'après la baisse de température de vapeur direct							
	Vérifier le bon état du câblage			X			6 heures	Visuelle
	Vérifier le bon fonctionnement du capteur			X			4 heures	Teste
	Vérification du bon fonctionnement des aiguilles et feux d'alarme			X			3heurs	Test
	Vérifier que le limiteur de puissance sur a position O de l'échelle	X					5min	Visuelle
	Vérifier l'ouverture des soupape VHP SA01S001, SA02S001et AMP SA18S001, SA19S001et les soupapes de réglage CHP-CMP s'assurer que les soupapes s'ouvrent progressivement		X				5min	En tournant le volant du mécanisme de commande en sens contraire d'horloge
	Vérifier que le tiroir de commande a la position « O » et la pression dans la ligne d'amorçage du tiroir du régulateur de sécurité TRS n'est pas moins de 0,2bar		X				5min	En tourne le volent du mécanisme de commande en sens d'horloge
	Vérifier qu'a la pression du bouton de l'interrupteur électromagnétique et qu'au déplacement de la touche à gauche il se produit la surcourse de l'interrupteur sans enclenchement des tiroirs du régulation du sécurité			X			1heurs	Test
	Vérifier le fonctionnement du limiteur de puissance LP		X				5min	A l'aide du volant du mécanisme de commande
	Vérifier le fonctionnement du mécanisme de raccord du servo-moteur de la soupape de réglage CHP CMP et de blocage des vannes électriques sur la ligne d'évacuation du CHP dans le condenseur		X				10min	Test
	Les vannes à vapeur principales RA12S101, RA11S101, en amont de la turbine et leur by-pass RA13S101, RA13S002, RA14S101, RA14S002 doivent être étroitement verrouillées	X					5min	Visuelle
<b>Système de condensation</b>	S'assurer que les verres indicateurs de niveau d'eau sont intacts et dument illuminés, que les vacuomètres sont branchés sur les goulottes des condenseurs		X				5min	Visuelle
	Verrouiller tous les robinets et vannes de vidange de l'espaceement d'eau et de vapeur des condenseurs	X					5min	Visuelle
	La vanne sur la ligne de recirculation de condensat de la turbine doit être ouverte	X					5min	Visuelle
	Vérifier que les vannes de vidange des chambres d'eau des condenseurs et des trappés dans les couvercles sont verrouillées	X					5min	Visuelle
	Vérification de l'ouverture des vannes d'aspiration de l'air du condenseur	X					5min	Visuelle

	Vérification de l'ouverture des robinets de vidange de condensat de la vapeur chauffante de l'aspiration de vapeur des éjecteurs	X					5min	Visuelle
	Déverrouiller les vannes électriques sur la conduite d'air on avale des éjecteurs de démarrage SD12S101 OU SD11S101	X					10min	Manuelle
	Vérification de l'ouverture les robinets de visite sur les tuyauteries de vapeur direct, de surchauffe intermédiaire et les tuyaux du by-pass. Assurer que l'eau manques dans les conduites de vapeur	X					5min	Visuelle
<b>L'installation de régénération.</b>	Vérification de l'état des appareils de contrôle et de mesure et de la robinetterie de l'installation de régénération				X		8heurs	Test
	Vérifier l'ouverture des robinets sur les tuyaux d'aspiration d'air des réchauffeurs allant vers le condenseur	X					5min	Visuelle
	Vérification de la fermeture des vannes des bouilleurs et d'autres consommateurs de vapeurs qui ne font pas partie du système de régénération	X					5min	Visuelle
	Vérification de la rapidité de fonctionnement de la commande hydraulique de clapets antiretour		X				5min	Ouverture et fermeture des vannes solénoïdes Manuellement
	Vérifier le fonctionnement des soupapes de réglage et de la protection du système de régénération		X				30min	Manomètre
<b>Système mécanique de la Turbine</b>	S'assurer de l'écoulement de l'huile de tous les paliers et vérifie tous les appareils de contrôle et de mesure (manomètre thermomètre thermocouple) La signalisation et la protection sont en état de service		X				1heurs	Capteurs Test
	Vérification des joints d'étanchéité DSR VHP et VMP					X	5 heurs	Instruments de mesure
	Vérification des joints d'étanchéité des soupapes de réglage CHP et CMP					X	5heurs	Instruments de mesure
	Il est nécessaire d'avoir un appareil portatif pour la mesure de la vibration			X			2heurs	
	S'assurer tous les indicateurs de positionnement des Vannes correspondant à la course des Vannes	X					5min	Visuelle
	Contrôler les vibrations des paliers turbine	X					5min	Capteurs Appareil calibré
	La turbine doit être maintenue dans un état de propreté, il est nécessaire de la nettoyer de la poussière et de la boue. La même chose pour les corps de palier, des assemblages par clavette et des articulation			X			1 heur	Nettoyage
	Vérifier de l'état d'isolation des corps des cylindre et des conduits de vapeur d'entrée	X					10 min	Visuel

**Tableau 4. 8: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE**

**5.Base de données, application avec Visual basic**

Pour un retour d'expérience efficace, il est important de déterminer un format de la base de données, adapté à notre sujet d'étude et à ces besoins, afin d'assurer une qualité des données, une traçabilité détaillée des événements et une prise en main facilitée et optimisée en temps et en moyens.

Les bases de données informatiques conçues pour l'industrie sont certes très performantes, mais sont soumises à des licences, et coutent relativement chère. Dans le cas de notre entreprise, la maintenance à besoin surtout d'un outil au service de l'étude de maintenance, de récolte, le tri, et de suivi des stratégies de maintenance, avec une prise en main immédiate, et modifiable avec l'évolution de la maintenance (accès code source du programme). Donc créé sur-mesure pour les besoins de notre installation et de la main d'œuvre.

Avec la participation d'un informaticien pour la partie programmation, nous avons mis au point cette application faite avec l'environnement de programmation visuel basic , servant de base de données contenant l'essentiel, qui remplacera les fiches et registres dont l'efficacité et la qualité étaient compromises.

Cette base de données est constituée de plusieurs interfaces d'enregistrement et de modification des données concernant les multiples matériels répertoriés au début de notre étude.

Une base de données des matériels, fiches techniques des machines, information sur l'exploitation etc. Une base de données de maintenance, (base de données événementielle) assurant la qualité des données concernant les pannes et un suivie du programme de maintenance préventive. Une base de données générique, de plans de maintenance et autres schémas regroupant ainsi les données génériques disponibles de chaque matériel.

Avec une interface intuitive sans superflue et facile à partager, sans procédure d'installation et un fonctionnement immédiat.

## 5.1. Présentation de l'application

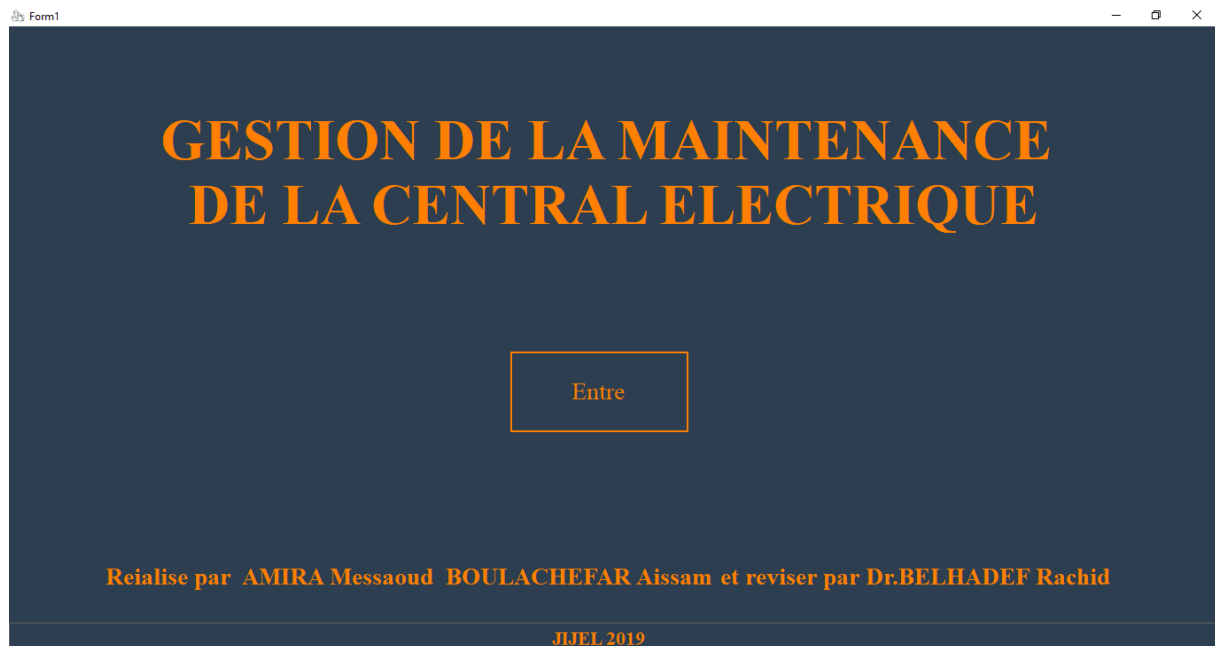


Figure 4. 7: interface de l'application

L'application s'ouvre directement sur les trois groupes de la centrale

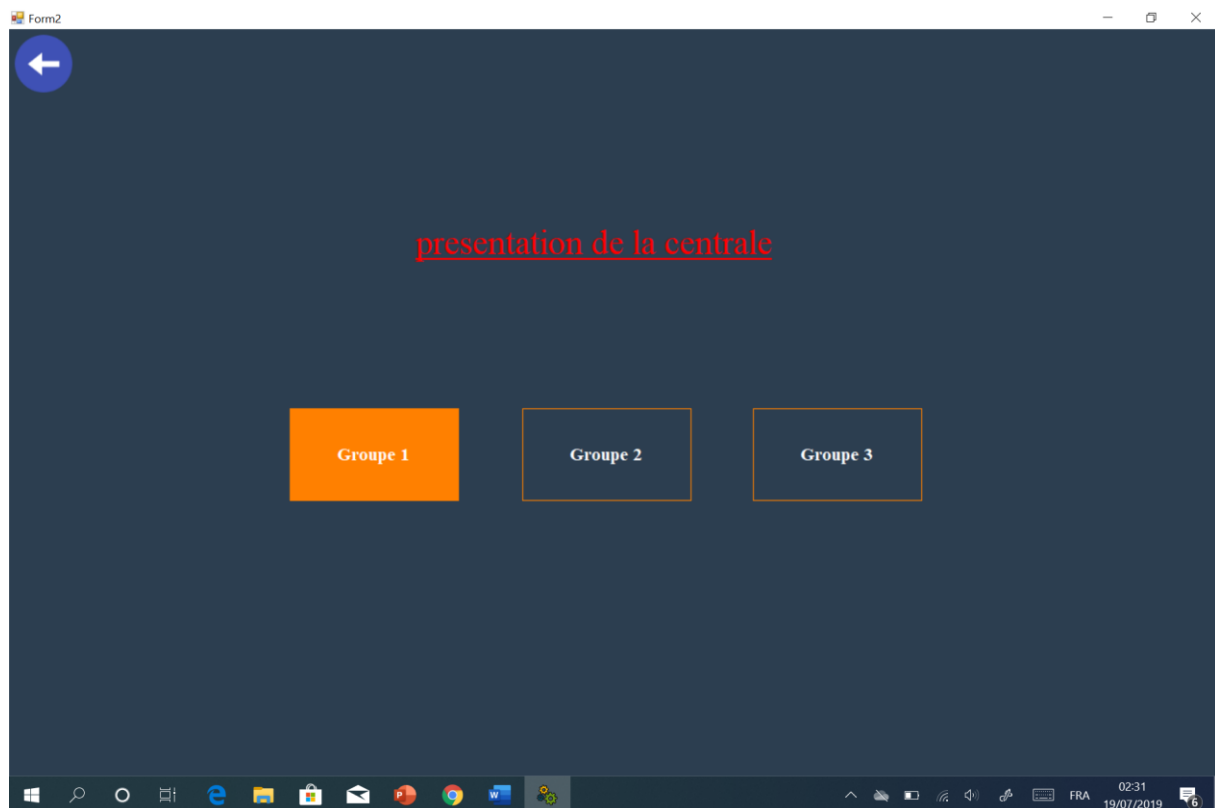


Figure 4. 8 : Les trois groupes de la centrale

En cliquant sur un des boutons, il s'affiche l'ensembles des équipements de ce groupe

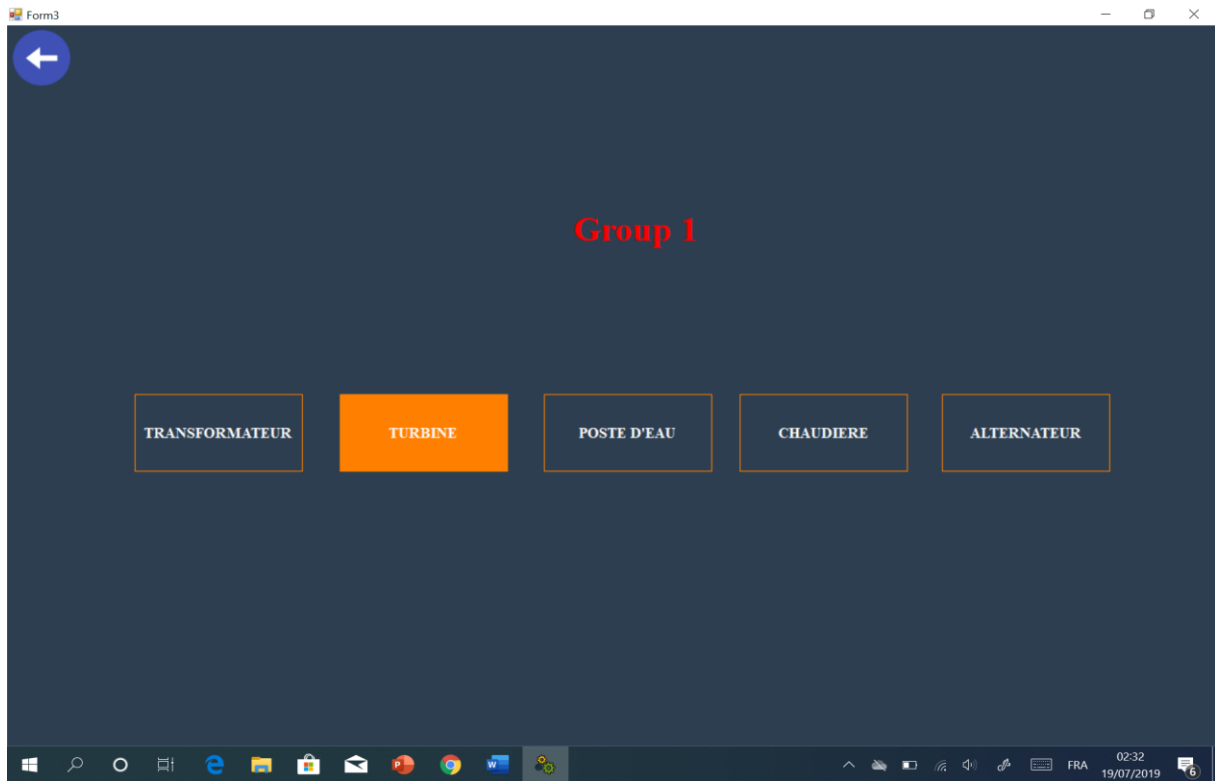


Figure 4. 9: L'ensemble des équipements d'un des groupes de la centrale

Le clique sur un des éléments constituant le groupe fait apparaître ses sous-systèmes. On prend exemple le système mécanique de la turbine

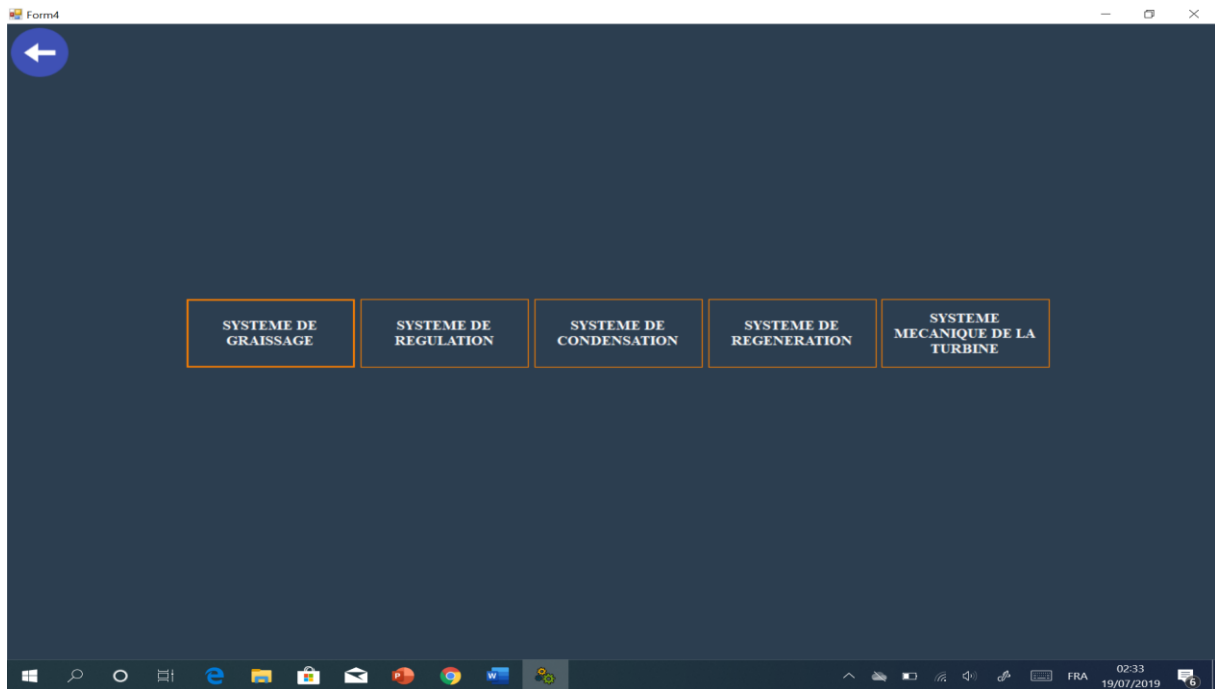


Figure 4. 10: Les sous-systèmes de chaque système

Une interface apparait et affiche trois boutons (équipement, historique des pannes et plan de maintenance) et un autre bouton pour ajouter une nouvelle panne

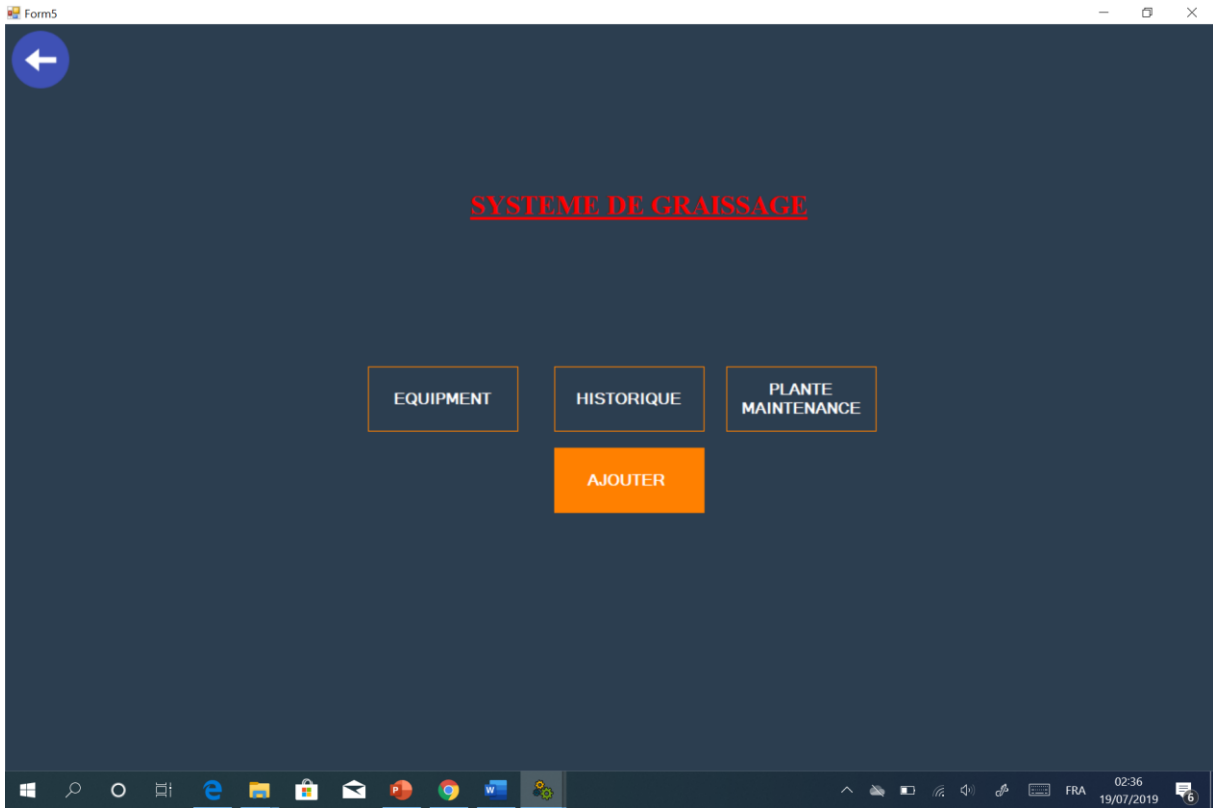


Figure 4. 11: La zone de modification

Et la fenêtre suivante pour ajouter une panne dans l'historique des pannes

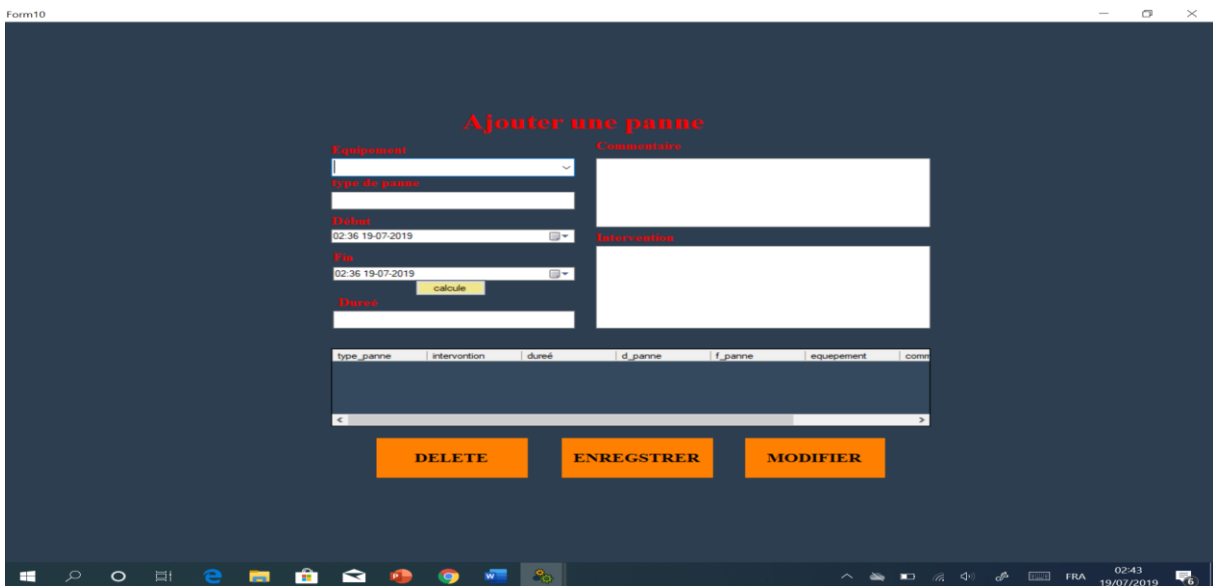


Figure 4. 12: Fenêtre pour ajouter les pannes

Après l'ajoute du panne elle s'affiche dans l'historique des panne

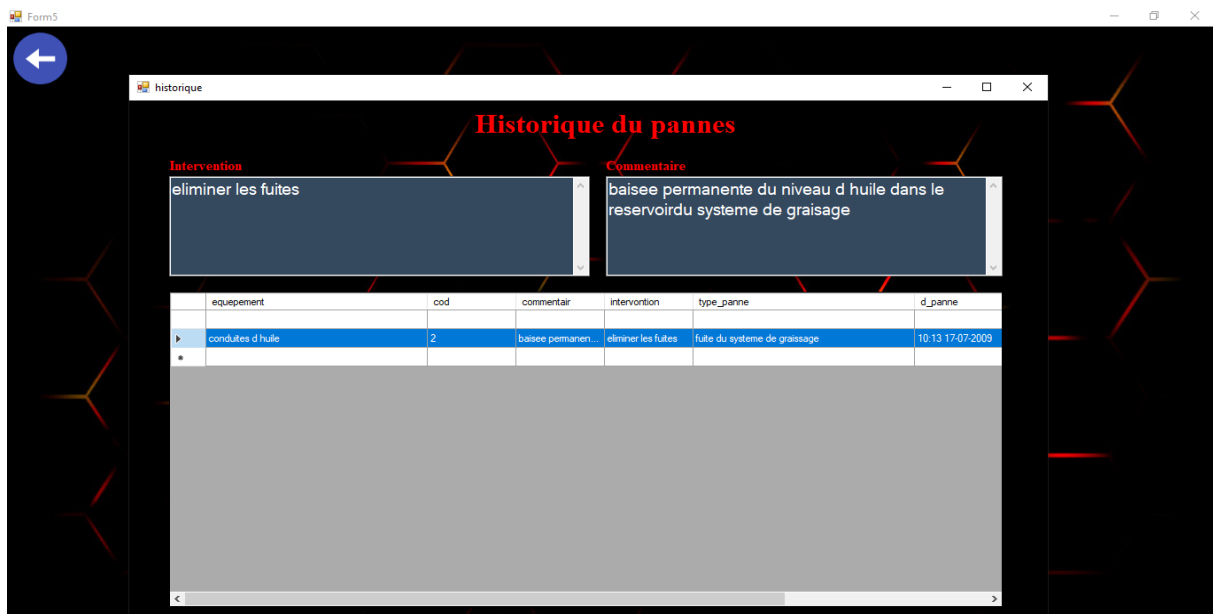


Figure 4. 13: La zone qui affiche l'historique des pannes



# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

---

La maintenance est une des fonctions qui contribue à la prospérité des entreprises, à condition cependant qu'elle soit adaptée à leur situation. C'est pourquoi qu'il s'agit de bien choisir la stratégie de maintenance la mieux adaptée pour maîtriser à la fois les coûts de maintenance, la disponibilité de l'outil de production et la qualité des produits et des services.

Ce travail de Master réalisé au niveau de la centrale électrique de Jijel nous a permis de diagnostiquer les équipements en fonctionnement et de faire des contrôles périodiques qui ont permis de trouver des erreurs d'exploitation et un mauvais suivi des équipements.

L'étude a commencée par une collecte de données sur le travail de l'ensemble des équipements de la centrale et cela en se basant sur les fichiers historiques et la discussion avec le personnel. L'analyse de ces données nous permet en premier lieu de connaître les équipements les plus touchés, la loi de PARETO et ABC ont été utilisées pour y arriver. Les turbines occupent les premières places.

Notre étude s'est orientée alors sur la turbine qui constitue un goulot d'étranglement, car son arrêt perturbe la production. Notre stratégie s'est basée toujours sur l'exploitation du retour d'expérience.

Notre système (la turbine) est décomposé en sous-systèmes grâce à une analyse fonctionnelle. Nous avons ensuite utilisé la méthode d'analyse AMDEC pour déterminer les éléments les plus critiques pénalisants ainsi la turbine en particulier et la production en général. Il s'avère que le système de graissage (conduites, pompe et filtres) est la partie ou l'élément qui cause plus de pannes sévères par rapport aux autres éléments de la turbine. Une attention particulière doit être allouée à ce système pour éliminer ou minimiser les pannes qui en proviennent. Les tableaux, AMDEC en particulier, peuvent servir de base pour lancer des projets visant à développer la maintenance conditionnelle, ou être le point de départ pour des études sur le soutien logistique.

A la fin Dans notre travail :

1. Nous recommandons d'assurer une bonne maintenance pour éliminer toutes les causes spéciales, en particulier une maintenance préventive basée sur des contrôles et des

## Conclusion générale

---

inspections périodiques, avec un suivi rigoureux de ces organes sensibles qui peuvent provoquer l'arrêt des équipements et une perte de production importante et coûteuse.

2. Nous avons proposé un nouveau plan de maintenance de la turbine puisque nous pensons que le plan établi par le constructeur n'est plus valable vu la durée de vie de cette dernière et le vieillissement de ses éléments.
3. Pour faciliter la tâche des exploitants travaillant sur la turbine et l'ensemble des équipements de la centrale et pour la bien gérer, nous avons créé une application qui permet d'informatiser toutes les tâches effectuées sur ces équipements notamment les tâches de maintenance.

L'impact et l'effet de notre travail ne seront visualisés qu'avec d'autres études complémentaires que nous espérons mener avec d'autres étudiants à l'avenir et corriger d'éventuelles fautes et erreurs commises.

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques :

- [1] Antoine DESPUJOLS , Optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF), Techniques de l'ingénieur, 2004
  
- [2] Normalisation française publié par AFNOR, Mai 2002), Site Google :  
[http://www.ehpadneuilly.com/cariboost\\_files/FDX\\_60-000.pdf](http://www.ehpadneuilly.com/cariboost_files/FDX_60-000.pdf)
  
- [3] Ahmed Bellaouar, M.A. Salima Beleulmi, Fiabilité, maintenabilité, disponibilité, Université de Constantine, 2014
  
- [4] Documentation interne de la centrale thermique de Jijel
  
- [5] J. GOUTIERE, moyens de production méthode AMDEC, 2011
  
- [6] François Monchy, Jean-Pierre Vernier, Maintenance méthodes et organisations, DUNOD, Paris, 2000
  
- [7] Rausand & Høyland, La maintenance corrective et la maintenance préventive, 2004
  
- [8] ISET Nabeul, Introduction à la maintenance, 2014
  
- [9] Taladidia Thiombiano, La loi de PARETO, une loi sur l'inégalité ou sur la pauvreté, 1999