REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electromécanique
Spécialité : Mécatronique

Amélioration de la disponibilité d'une turbine à gaz par la méthode AMDEC

Présenté par

- **HAISSAM Adel**
- **RABEHI Amine**

Dirigé par

Dr GUEMANA Mouloud

Promotion 2019

Remerciement

Nous remercions avant tout, Allah le tout puissant, pour nous avoir permis de présenter ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs Remerciements à : Notre promoteur **Dr GUEMANA Mouloud**, pour ces conseils, son assistance, son suivis et son soutien, pour nous avoir longuement soutenu et aidé sans relâche nonobstant ses taches journalières sans répit.

Nous adressions aussi nos remercîments à tous les enseignants de l'université, et surtout nos professeurs durant notre cursus, pour la connaissance que vous avez toujours su nous transmettre. Notre bonheur est d'avoir été vos étudiants et permettez-nous de le rester.

Nos vifs remerciements aux ingénieurs de la centrale SKB spécialement Sofiane, Kaiss et Daoud.

Nos vifs remerciements à nos chers parents qui rêvaient de nous voire le pied à l'étrier, sans oublier nos collègues qui par leur suggestion et leur attitude à la fois pleine d'humour et de sérieux ont énormément facilité notre travail.

Espérant à la fin Je tiens également à adresser mes remerciements aux membres du jury que notre travail va satisfaire tout en acceptent leur évaluation qui nous fait plaisir.

Dédicace

A Mes chers parents

Pour leur soutien, leur patience, leur sacrifice et

leur amour, vous méritez tout éloge

A mes sœurs, et mon frère

A mes chers grands parents

A toute ma famille sans exception

A tous mes proches amis

A tous les professeurs et enseignants

A toute ma promotion de génie mécanique

A mon binôme Amine

Avec qui j'ai passé mes meilleurs moments qui restent un bon souvenir pour toujours

Adel

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents et que je remercie Allah de les avoir protégés pour être témoin de ma réussite

A mon très cher frère

A ma très chère sœur

A toute ma famille sans exception

A tous les professeurs et les enseignants

A mon binôme Adel

A tous mes amis

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

Amine

مُلخَّص

تعد صيانة معدات الإنتاج تحديا أساسيا لتحقيق مردود أفضل للشركة. طريقة تحليل أنماط الأعطال وآثارها هي أداة منهجية تتيح التحليل المنتظم للأعطال المحتملة من أجل تحسين أداء معدات الإنتاج وتفعيل جاهزيتها. يتناول هذا العمل تطبيق هذه الأداة على التوربينات الغازية. وهو يهدف إلى تحسين الصيانة الوقائية وإلى إدارة المعدات وعمل موظفي الصيانة بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: الصيانة الوقائية، الصيانة التصحيحية، تحليل أنماط الأعطال وآثارها، التوربينات الغازية، الحرجية، إتاحة.

Résumé

La maintenance des équipements de production est un enjeu clé pour un rendement maximal. La méthode AMDEC est un outil méthodologique permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels en vue d'améliorer la disponibilité de l'outil de production. Le présent travail porte sur l'application de l'AMDEC machine sur la turbine à gaz. Il a donc pour objectif d'améliorer la maintenance préventive et corrective et de mieux gérer les matériels et les personnels de maintenance.

Mots clefs : maintenance préventive, maintenance corrective, AMDEC machine, turbine à gaz, Criticité, Disponibilité.

Abstract

Maintaining production equipment is a key issue for maximum efficiency. The FMEA method is a tool allowing the systematic analysis of potential malfunctions in order to improve the availability of the production tool. The present work deals with the application of the functional FMEA on a gas turbine. It therefore aims to improve predictive maintenance and corrective and better manage equipment and maintenance personnel.

Key words: predictive maintenance, corrective maintenance, functional FMEA, gas turbine, criticality, Availability.

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation de lieu de stage

I.1 Présentation générale de la centrale 2

I.1.1 Les caractéristiques générales de l'unité 3

I.2 Description de la centrale 4

I.2.1 Unités de production d'électricité 4

I.2.2 Salle des machines 5

I.2.3 Système d'évacuation de l'énergie 5

I.2.4 Système de Contrôle Commande SPPA T3000 5

I.2.5 Système d'Alimentation en Combustibles 6

I.2.6 Ouvrages Annexes communs pour les deux unités 6

Chapitre II : Généralités sur la turbine à gaz V94.3A

II.1 Introduction 8

II.2 Historique de la turbine à gaz 8

II.3 Classification des turbines à gaz 9

II.3.1 Par le mode de construction 9

II.3.2 Par le mode de travail 10

II.3.3 Par le mode de fonctionnement thermodynamique 10

II.4 Principe de fonctionnement de la turbine à gaz 11

II.5 Domaines d'utilisation des turbines à gaz 11

II.6 Description de la Turbine à gaz SIMENSE V94.3A 12

II.6.1 Fonctionnement 12

II.6.2 Système d'aspiration 13

II.7 Caractéristique de la turbine à gaz SIMENS V94.3 15

II.8 Eléments constituant une turbine à gaz 15

II.8.1 Compresseur 15

II.8.2 Chambre de combustion 17

II.8.3 Turbine 19

II.8.4 Alternateur 22

II.8.5 Le transformateur 23

II.8.6 Caractéristique de gaz naturel et de l'air 24
II.9 Systèmes axillaires 24
II.9.1 Système de drainage 25
II.9.2 Système d'eau de Rinçage 25
II.9.3 Système de distribution électrique 25
II.9.4 Système de lubrification et de soulèvement 26
II.9.5 Système de Gaz Combustible 27
II.9.6 Système de Combustible Liquide (fioul) 28
II.9.7 Système de Gaz d'Allumage 28
II.9.8 Système d'Air d'Etanchéité 28
II.9.9 Système d'Huile Hydraulique 28
II.9.10 Systèmes d'Air de la Turbine 29

Chapitre III : Maintenance de la turbine à gaz SIEMENS V94.3A

III.1 Introduction à la maintenance industrielle 31
III.2 Définition de la maintenance industrielle 31
III.3 Les différentes formes de maintenance 32
III.3.1 La maintenance corrective 33
III.3.2 La maintenance préventive 34
III.3.3 La maintenance préventive systématique 34
III.3.4 La maintenance préventive conditionnelle 35
III.4 Les opérations de maintenance 36
III.4.1 Les opérations de maintenance corrective 36
III.4.2 Les opérations de maintenance préventive 36
III.5 Les fonctions et les tache de maintenance 37
III.5.1 Etudes et méthodes 37
III.5.2 Exécution / Mise en œuvre 38
III.5.3 La fonction documentation et ressources 38
III.6 Les choix de type de maintenance 39
III.7 Maintenance pour la une turbine à gaz SIEMENS V94.3A 39
III.7.1 Maintenance systématique 39
III.7.2 La maintenance conditionnelle (inspection en fonctionnement) : 40
III.8 Conclusion 40

Chapitre IV : Présentation de la méthode l'AMDEC

IV.1 Introduction 41
IV.1.1 Définition 41
IV.2 Méthodologie de la réalisation d'une AMDEC 43
IV.2.1 Choix du sous-système à étudier et des objectifs à atteindre 43
IV.2.2 Constitution du groupe de travail 43
IV.2.3 Mise au point de la fiche d'analyse 43
IV.2.4 Analyse fonctionnelle 44
IV.2.5 Analyse des défaillances potentielles 44
IV.2.6 Analyse de la criticité de chaque mode de défaillance 45
IV.2.7 Hiérarchisation des problèmes 46
IV.2.8 Propositions d'améliorations 46
IV.3 Les modes de défaillance génériques 47
IV.4 Autres exploitations possibles de L'AMDEC 48
IV.4.1 Détecter des causes communes de défaillance 48
IV.4.2 Traiter les effets communs par un arbre de défaillance 48
IV.4.3 Mettre en place de la maintenance conditionnelle 48
IV.5 Les arbres de défaillances 48
IV.5.1 Historique et domaine d'application 48
IV.5.2 Principe 49
IV.5.3 Définition de l'événement redoute 50
IV.5.4 Élaboration de l'arbre 51
IV.5.5 Exploitation de l'arbre 52
IV.5.6 Limites et avantages 58
IV.6 Conclusion 58

Chapitre V : Application de l'outil AMDEC sur turbine SIEMENS V94.3A

V.1 Introduction 59
V.2 Initialisation de l'étude 59
V.3 Analyse fonctionnelle du système 60
V.3.1 Décomposition de la turbine en sous ensemble 60
V.3.2 Décomposition de système auxiliaire : 61
V.4 Analyse AMDEC 61

V.2.1 Application de la méthode AMDEC sur le Système huile de graissage 62
V.2.2 Application de la méthode AMDEC sur le Système commande hydraulique ……66
V.2.3 Application de la méthode AMDEC sur le Système commande pneumatique ……68
V.2.4 Application de la méthode AMDEC sur le Système alimentation de combustible liquide 69
V.2.5 Application de la méthode AMDEC sur le Système air alimentation turbine ……71
V.2.6 Application de la méthode AMDEC sur le Système d'alimentation gaz....72
V.2.7 Application de la méthode AMDEC sur le Groupe de virage....73
V.2.8 Application de la méthode AMDEC sur le Compresseur axial....74
V.2.9 Application de la méthode AMDEC sur le Section combustion....77
V.2.10 Application de la méthode AMDEC sur la Section turbine 80
V.3 Interprétation des résultats de l'analyse AMDEC 84
V.4 Grille de Synthèse AMDEC 85
V.5 Actions d'amélioration 88
V.6 Les opérations préventives 89
V.7 Conclusion....91
Conclusion générale....92
Bibliographies....93

Liste des figures

Figure I.1: tableau de commande de la salle de contrôle 3
Figure II.1: Schéma de turbine à un arbre et turbine à deux arbres 9
Figure II.2: Schéma de turbine à action et turbine à réaction 10
Figure II.3: Principe de fonctionnement d'une turbine à gaz à compresseur axial 11
Figure II.4: Vue d'ensemble de la turbine à gaz SIEMENS V94.3A 12
Figure II.5: Système d'aspiration d'air 14
Figure II.6: Rotor de la turbine V94.3A 14
Figure II.7: Compresseur axiale 16
Figure II.8: Vu externe de la chambre de combustion 17
Figure II.9: vu interne de la chambre de combustion 18
Figure II.10: L'aubages de la turbine 20
Figure II.11: Système de refroidissement des aubes 22
Figure II.12: Transformateur principal 23
Figure II. 13: Système de distribution électrique 26
Figure II.14: Système de gaz combustible 27
Figure II.15: Systèmes d'Air de la Turbine 30
Figure III.1: les différentes formes de maintenance 33
Figure IV.1: Modes de défaillance générique 48

Liste des tableaux

Tableau IV.1: Exemple de feuille AMDEC – moyen de production 44
Tableau IV.2: la grille de cotation de la criticité 45
Tableau IV.3: Niveau de la criticité 46
Tableau IV.4: Modes de défaillance génériques 47
Tableau V.1: Analyse AMDEC de la turbine à gaz 83
Tableau V.2: Actions de maintenance à engager 88
Tableau V.3: Les opération préventives 90

Les abréviations

HCO : Système hydraulique d'optimisation des jeux

OSI : Organisation des systèmes International

CCA : Centre de Contrôle d'Alimentation

SFC : Système de démarrage statique.

SSE : Statique Excitation Equipment

SO2 : d'oxydes de soufre

CR : compresseur d'air

CC : chambre de combustion

CH : charge

TU : turbine

TE1 : turbine d'entrainement de compresseur

TE2 : turbine d'entrainement de la charge

HP : haute pression

BP : basse pression

TG : Turbine à Gaz.

TV : Turbine à vapeur.

$\lambda(t)$: Taux de défaillance

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

Introduction générale

Introduction générale

La maintenance d'un équipement pour une manufacture se doit d'être rigoureuse. Il est donc souhaitable de contrôler au lieu de subir les pannes imprévues. Ces pannes peuvent amener une augmentation des coûts de maintenance, des dangers pour les travailleurs ou un arrêt de production.

Afin de faire une bonne maintenance, il faut bien connaître son équipement ainsi que les différents modes de défaillances. Il est possible par la suite de déterminer les causes probables des pannes et d'en évaluer l'impact sur l'environnement. La méthode utilisée pour faire cette tâche laborieuse est la méthode AMDEC.

Cette analyse est donc une étude AMDEC d'une turbine à gaz de procédé pour la compagnie SIEMENS. Cette étude a pour but d'améliorer la disponibilité de l'équipement. Nous subdivisons notre Mémoire en cinq parties développées sous forme des chapitres :

Le premier chapitre intitulé : " Présentation générale de l'entreprise ", dans ce chapitre, nous avons relaté historique, développement, organisation de la centrale électrique de Berrouaghia.

Au deuxième chapitre intitulé : " Généralités sur les turbines à gaz ", nous avons donné un aperçu général sur les caractéristiques de la turbine à gaz en général et sur la SIEMENS V94.3A en particulier. On donne dans ce chapitre le principe de fonctionnement ainsi que les différents éléments constitutifs d'une turbine à gaz et système auxiliaires de la turbine.

Le troisième chapitre : " Maintenance de la turbine à gaz SIEMENS V94.3A ", nous avons abordé les différents types de maintenance appliquée à la turbine à gaz SIEMENS V94.3A (systématique et conditionnelle).

Le quatrième chapitre : " Présentation de la méthode l'AMDEC ", dans ce chapitre, nous avons détaillé les différentes étapes et conditions d'application des méthodes l'AMDEC.

Cinquième chapitre : " Application de l'outil AMDEC sur turbine SIEMENS V94.3A ", nous avons appliqué la méthode AMDEC machine sur notre turbine SIEMENS V94.3A et élaborer d'un programme des actions de maintenance convenable pour améliorer leur disponibilité.

Chapitre I : Présentation de lieu de stage

I.1 Présentation générale de la centrale

La centrale électrique est composée de deux groupes dont chacun se compose de deux unités ; une turbine à gaz SIEMENS V94.3A d'une puissance de 271 MW chacune, qui peut fonctionner soit avec du gaz naturel appelé combustible principal et aussi avec du Gas-oil qui est appelé combustible de secours et un générateur SIEMENS TLRI50-16.5.

Les groupes sont installées dans des enceintes appelées « package » dans une salle de machine commune ventilée et insonorisée avec une exploitation à partir d'une salle de commande centralisée qui donne accès à différents tableaux de commande (Figure (I.1)).

La centrale électrique de Berrouaghia a réussi son premier allumage de la turbine à gaz de la première unité le 15/05/2007 et pour la deuxième unité le 21/06/2007.

La date initiale de la mise en service industrielle étaient fixé au 21/09/2006 pour la 1 ére unité et le 21/10/2006 pour la 2 éme unité. L'exploitation commerciale le 30/11/2007.

Les fournitures des équipements sont d'une conception bien approuvée, apte à fonctionner aux conditions de marche de service de base et de pointe pour les conditions spécifiques du site. Les groupes peuvent démarrer rapidement à partir de l'état de froid et à absorber les gradients de température importants en régime transitoire après un déclenchement rapide. Ils sont prévus aussi pour ce type d'installation et nécessitent un faible entretien. Les matériaux utilisés sont conçus de telle façon à résister à la corrosion et à l'érosion.

Les conditions nominales du site sont :

Température moyenne : 15.5°

Humidité relative : 67%

Pression atmosphérique : 0.906 bars

Altitude : 928m

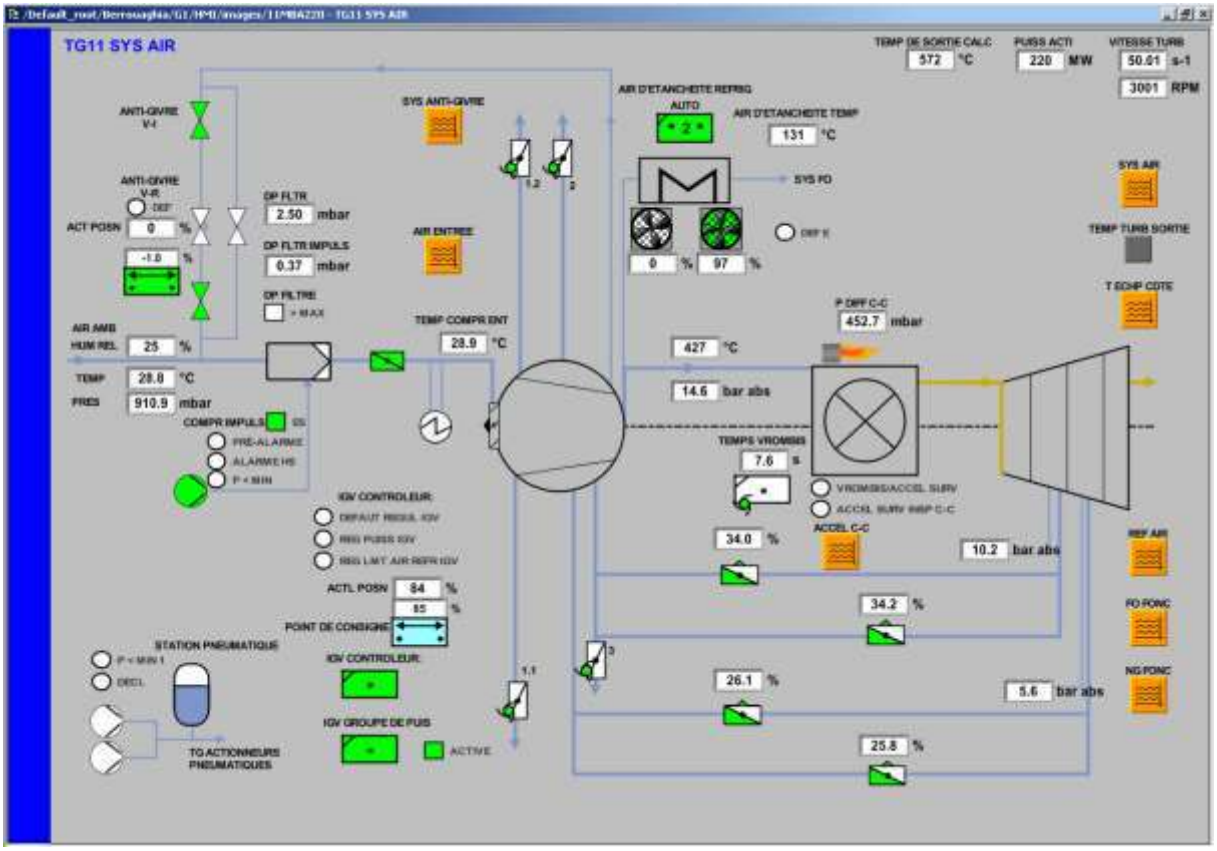


Figure I.1: tableau de commande de la salle de contrôle

I.1.1 Les caractéristiques générales de l'unité

- Type de centrale : Cycle Simple.
- Puissance : 2 x 245 MW (Aux conditions site).
- Consommation spécifique au PCS **: 2,45** th / KWh .
- Combustible : Gaz Naturel.
- Combustible de secours **:** Gas-oil.
- Evacuation d'énergie **:** Deux transformateurs 16.5/225 KV.
- La centrale est constituée de :
  - ✓ **Deux unités de production composées chacune de :**
    - Turbine à gaz SIEMENS du type : V94.3A (4) SGT5-4000(E).
    - Générateur.
    - Transformateur principal.
    - Transformateur des auxiliaires.
  - ✓ Un Bloc administratif et salle de contrôle :
  - ✓ Magasin pièces légères.
  - ✓ Magasin pièces lourdes.

- ✓ Atelier de maintenance.
- ✓ Un Poste Gaz.
- ✓ Une Station de pompage du gas-oil.
- ✓ Une station d'air comprimé.
- ✓ Une station anti-incendie.
- ✓ Une Station de traitement de l'eau.
- ✓ Un laboratoire.

I.2 Description de la centrale

I.2.1 Unités de production d'électricité

La Centrale électrique à cycle simple à turbines à gaz de 2x271 MW (ISO) est dotée de :

- ✓ Deux (02) Turbine à gaz SIEMENS du type V94.3A(4) SGT5-4000(E)
- ✓ Deux Alternateurs SIEMENS (WESTING HOUSE-USA) du type sGen5-1000A d'une puissance de 308 MVA et d'une tension de 16.5KV par groupe
- ✓ Des systèmes auxiliaires dimensionnés de manière à permettre une marche en service de base continu à savoir :
  - Système de filtration de type autonettoyant de l'air d'admission à la turbine.
  - Système auto réfrigérant huile/air de l'huile de la turbine.
  - Système air comprimé basse pression avec compresseur, sécheur d'air et réservoir pour générer l'air nécessaire au système autonettoyant.
  - Système de ventilation du package turbine.
  - Skid final gaz de séparation / filtration.
  - Système de l'huile de graissage, de soulèvement et de virage.
  - Système de l'huile de commande hydraulique.
  - Système hydraulique d'optimisation des jeux (HCO).
  - Système de contrôle des vibrations et de la température des paliers.
  - Système d'alimentation sans coupure 230 Vca pour l'instrumentation.
  - Bâtiment de contrôle de puissance (PCC) avec :
    - Système de démarrage statique (SFC) avec auxiliaires.
    - Système d'excitation statique (SSE) de l'alternateur.
- ✓ Système d'échappement.
- ✓ Système de détection et d'extinction automatique au dioxyde de carbone
- ✓ Pour le compartiment et les auxiliaires de la turbine et de l'alternateur.

- ✓ Système de contrôle des émissions (CO, O2, NO, SO2)
- ✓ Disjoncteur de groupe.
- ✓ Jeu de barres sous gaines coaxiales.
- ✓ Transformateur auxiliaire de soutirage.
- ✓ Transformateur de puissance 16.5/225 KV et ses auxiliaires.
- ✓ Equipements de détection et de protection électrique.
  - Protection alternateur.

I.2.2 Salle des machines

La salle des machines est équipée avec les services :

1. Mécaniques : Eau et Air comprimé de service

2. Électrique : Éclairage

3. Moyens de manutention : Pont roulant

4. Système de Filtration et de Ventilation

5. Système d'extraction

I.2.3 Système d'évacuation de l'énergie

L'évacuation de l'énergie produite par chaque unité de production se fait aux bornes hautes tension de chaque transformateur principal relié directement à un poste 220 KV de GRTE via un système de sectionneurs, de câbles sous terrain et de disjoncteurs220KV.

I.2.4 Système de Contrôle Commande SPPA T3000

La centrale est conçue pour fonctionner de façon automatique, est équipé du système de contrôle commande distribué Télé perm XP plus (SPPA T3000), permettant l'automatisation générale à savoir :

- ➢ Contrôle
- ➢ Supervision
- ➢ Conduite
- ➢ Surveillance
- ➢ Archivage du processus

Et assurant les fonctions de sécurité (protections) et les fonctions de régulation de la turbine (vitesse & puissance).

I.2.5 Système d'Alimentation en Combustibles

L'alimentation des turbines en combustible principal (gaz naturel) et de secours (gasoil) est assurée par deux systèmes

I.2.5.1 Système Gaz Naturel

Le poste gaz, alimenté par le gazoduc en provenance de **Hassi R'Mel** sous une pression absolue allant de 33 à 71 bars, conditionne le gaz pour atteindre la pression de 28 bars requise par la turbine.

I.2.5.2 Système Gasoil

Deux réservoirs, chacun d'une capacité de 10 000 mètres cubes, assure le maintien en service de la centrale avec une autonomie de 06 jours, en cas d'une interruption dans l'alimentation en gaz naturel.

I.2.6 Ouvrages Annexes communs pour les deux unités

La centrale requiert les ouvrages annexes d'utilités dont notamment :

- Les systèmes auxiliaires de la centrale tels que :
  - Poste d'alimentation en gaz naturel
  - Station d'alimentation en gasoil
  - Système d'alimentation électrique principale (MT&BT) et de secours
  - Système de détection et de protection incendie
  - Système d'air comprimé de service et instrumentation
  - Groupes électrogènes
  - Circuit de terre général
  - Système : Eau de service, Eau potable et Eau déminéralisée
  - Système gaz d'allumage de propane
  - Compteurs d'électricité aux bornes de l'alternateur, auxiliaires et usine.
  - Système de neutralisation des rejets
  - Bâtiment administratif comprenant : les bureaux, la salle de contrôle, le local électrique, l'infirmerie et la cantine, équipés d'un système de ventilation et de conditionnement de l'air
- Deux (02) magasins, l'un pour les pièces lourdes et l'autre pour les pièces légères, équipés d'un système de ventilation et de conditionnement de l'air et de moyens de Manutention

- Atelier d'entretien équipé de machines à outils, d'un système de ventilation et de conditionnement de l'air et des moyens de manutention (pont roulant, Clark…etc.)
- Poste de garde.
- Aménagement du site (Voies d'accès, clôtures, système anti-intrusion, éclairage et drainage). [1]

Chapitre II : Généralités sur les turbines à gaz

II.1 Introduction

La turbine à gaz est un moteur à combustion interne de tous les points de vue. Elle peut être considérée comme un système autosuffisant. En effet, elle prend et comprime l'air atmosphérique dans son propre compresseur, augmente la puissance énergique de l'air dans sa chambre de combustion et convertit cette puissance en énergie mécanique utile pendant les processus de détente qui a lieu dans la section turbine.

L'énergie mécanique qui en résulte est transmise par l'intermédiaire d'un accouplement à une machine réceptrice, qui produit la puissance utile pour le processus industriel.

Sous sa forme la plus simple une turbine à gaz comprend un compresseur axial qui aspire l'air à la pression atmosphérique, une chambre de combustion, ou l'air comprimé est réchauffé à pression constante par la combustion d'une certaine quantité de combustible (gaz naturel, gasoil ou kérosène) et enfin une turbine de détente des gaz jusqu'à la pression atmosphérique.

Une turbine à gaz se définit par :

- Son type à un arbre ou deux arbres.

- Sa machine à entraîner fixe ou mobile.

- La nature de son cycle thermique, simple ou avec récupération.

De nos jours la turbine à gaz connaît une large utilisation et dans différents domaines et en particulier dans le domaine des hydrocarbures à cause de leur grande gamme de puissances et leurs propres avantages.

II.2 Historique de la turbine à gaz

Dans l'histoire de la turbine à gaz, on peut distinguer trois périodes :

En 1791, l'Anglais John Barber brevetait un appareil hybride puisque cette turbine à gaz

Comportait un compresseur alternatif. Pour les turboréacteurs, c'est le Français Lorin qui, en 1911, en fait breveter le principe.

Entre 1901 et 1906, les recherches des Français Armengaud et Le Male aboutissent au premier turbomoteur autonome avec un rendement global à 3%.

En 1930 : Brevets par Frank Whittle de moteurs à réaction d'aviation qui sont des turbines à gaz

Années 1950 : utilisation des turbines pour la production d'électricité avec un rendement de 30%

Années 1960 : diminution du coût du gaz, utilisation des turbines à gaz se multiplie dans le domaine industriel notamment dans l'industrie pétrolier et de gaz. [1]

II.3 Classification des turbines à gaz

II.3.1 Par le mode de construction

L'objectif pour lequel, on utilise la turbine à gaz définit le type qu'on doit choisir.

Dans l'industrie, on trouve les turbines à un seul arbre, dites aussi **mono-arbre.** Elles sont généralement utilisées dans le cas où on cherche un fonctionnement avec une charge constante (pour entrainer les générateurs d'électricité) Un deuxième type, englobe les turbines à deux arbres, dites aussi **bi-arbres.** Elles ont l'avantage d'entrainer des appareils à charges variables (pompes, compresseur, …). Elles se composent de deux parties, le premier assure l'autonomie de la turbine (GG), la deuxième est liée à la charge. Un troisième type peut être aussi cité, ce sont les turbines dites dérivées de l'aéronautique ; elles ont une conception spéciale suivant le domaine dans lequel elles sont utilisées. Dans ce troisième type, la partie qui assure l'autonomie de la turbine existe toujours, est l'énergie encoure emmagasinée dans les gaz d'échappement est utilisée pour créer la poussée, en transformant cette énergie (thermique et de pression) en une énergie cinétique de jet dans une tuyère.

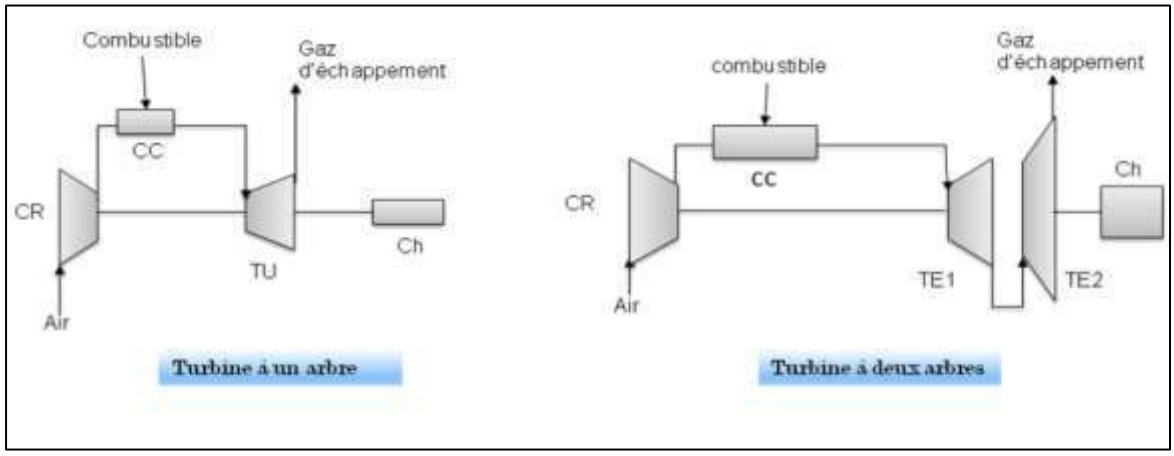


Figure II.1: Schéma de turbine à un arbre et turbine à deux arbres

II.3.2 Par le mode de travail

II.3.2.1 Turbine à action

Où l'énergie thermique est transformée complètement en énergie cinétique dans la directrice. L'évolution des gaz dans la roue se fait sans variation de pression statique P1>P2=P3.

II.3.2.2 Turbine à réaction

Une partie de l'énergie thermique est transformée dans la roue en énergie cinétique et mécanique. L'évolution des gaz dans la roue se fait avec variation de la pression statique P1>P2>P3.

Le taux de réaction ε caractérisera le pourcentage d'énergie thermique totale.

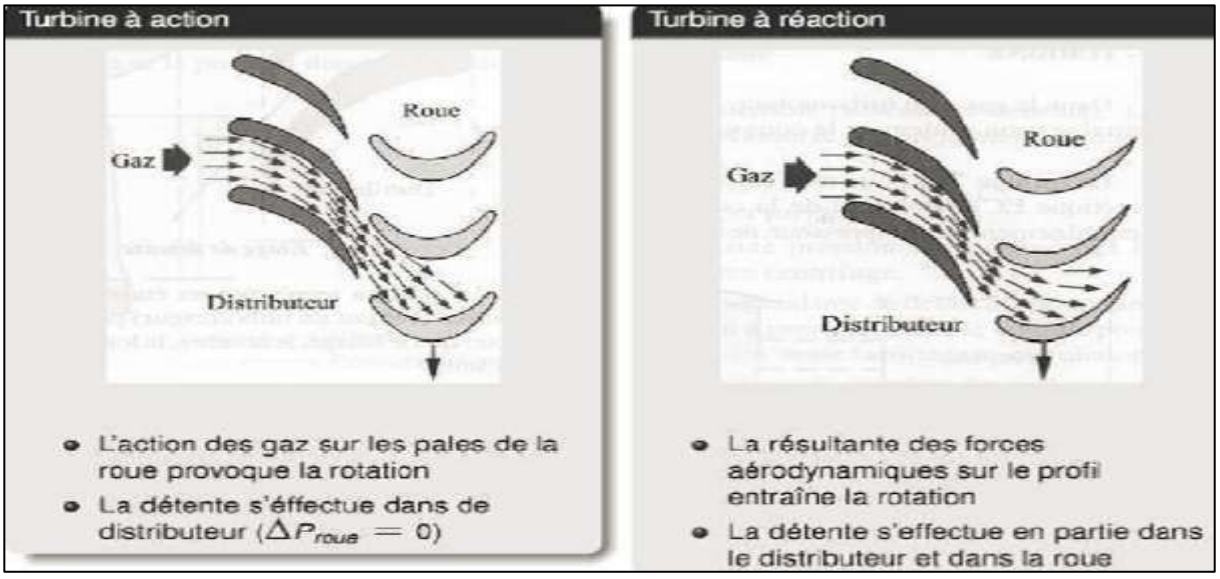


Figure II.2: Schéma de turbine à action et turbine à réaction

II.3.3 Par le mode de fonctionnement thermodynamique

Il existe deux cycles thermodynamiques :

II.3.3.1 Turbine à gaz à cycle fermé

Dans laquelle le même fluide est repris après chaque cycle.

II.3.3.2 Turbine à gaz à cycle ouvert

C'est une turbine dont l'aspiration et l'échappement s'effectuent directement dans l'atmosphère, ce type de turbine qui est le plus répandu se divise en deux classes

II.3.3.2.1 **Turbine à cycle simple**

C'est une turbine utilisant un seul fluide pour la production d'énergie mécanique, après la détente les gaz possèdent encore un potentiel énergétique qui est perdu dans l'atmosphère à travers l'échappement.

II.3.3.2.2 **Turbine à cycle régénéré**

C'est une turbine dont le cycle thermodynamique fait intervenir plusieurs fluides moteurs dans le but d'augmenter le rendement de l'installation. [2]

II.4 Principe de fonctionnement de la turbine à gaz

L'air froid aspiré de l'environnement extérieur est comprimé et réchauffé en traversant le compresseur. La réalisation de cette phase nécessite la consommation d'une certaine quantité d'énergie mécanique, en la soustrayant de l'énergie cinétique de la turbine à travers le rotor.

A l'intérieur de la chambre de combustion, la réaction chimique entre l'air et le carburant, produite une augmentation de température et de pression. En passant de la turbine, les gaz chauds se répandent, leur pression et leur température diminuent en conséquence.

Cette phase dégage une grande quantité d'énergie mécanique dont une partie requise par le compresseur et la partie la plus importante sera dirigée vers le réseau à travers le générateur et le transformateur principal. [2]

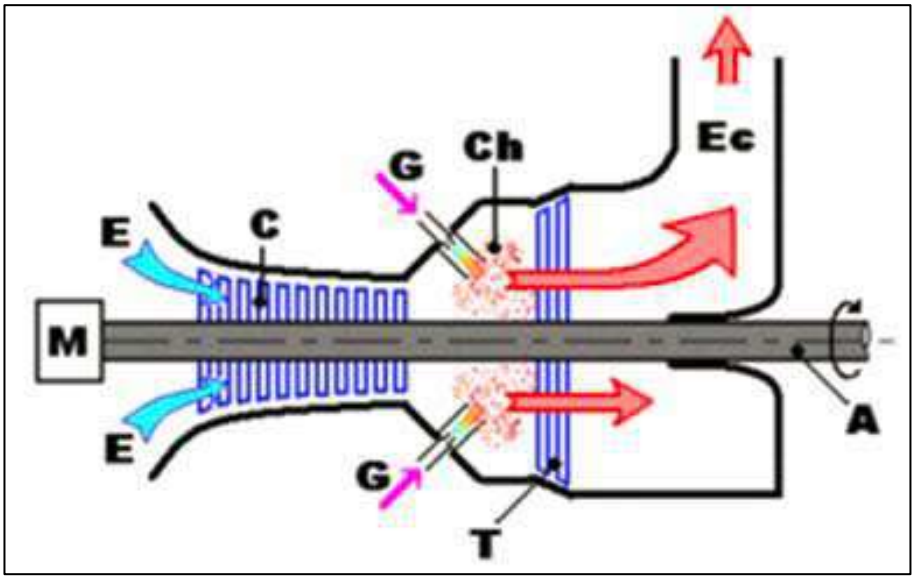


Figure II.3: Principe de fonctionnement d'une turbine à gaz à compresseur axial

II.5 Domaines d'utilisation des turbines à gaz

- **Applications terrestres et maritimes :** la production d'électricité, entraînement des machines, cogénération, propulsion des navires.

- **Applications aéronautiques :** élément principale dans les avions pour produire la poussé et entraîner les hélices. [3]

II.6 Description de la Turbine à gaz SIMENSE V94.3A

La turbine à gaz est une turbine SIEMENS de type V94.3A, d'une puissance de 265,74 MW dans les conditions ISO, à quatre étages et constituée par plusieurs roues fixées sur un arbre unique qui entraîne également le compresseur et l'alternateur. Son système de combustion est constitué d'une chambre annulaire équipée de brûleurs de type 'bas-Nox' sans injection d'eau. Représente sur la Figure II.4.[1]

Le groupe turboalternateur comprend les principaux éléments suivants :

- Alternateur.
- Arbre intermédiaire.
- Compresseur.
- Chambre de combustion.
- Turbine.

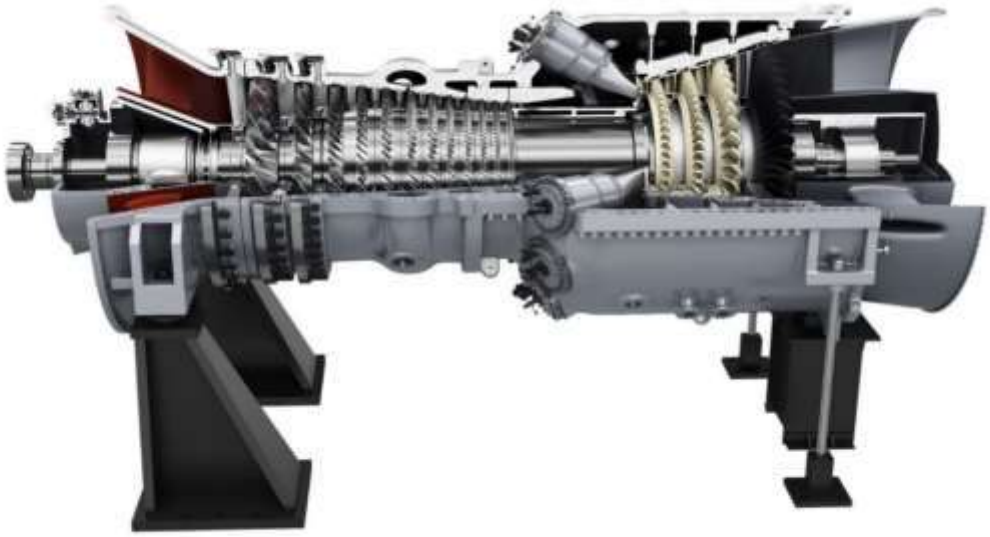


Figure II.4: Vue d'ensemble de la turbine à gaz SIEMENS V94.3A[1]

II.6.1 Fonctionnement

La fonction d'une turbine-générateur à combustion est de convertir l'énergie chimique contenue dans des combustibles fossiles en énergie électrique. Le moteur Siemens V94.3A est un turbogénérateur à combustion qui est conçu et usiné pour fournir à l'utilisateur un système de génération d'électricité complet et en un seul bloc. Tous les composants et sous-systèmes sont soigneusement choisis et optimisés afin de former une centrale compacte, logée dans des enceintes, conçus pour résister aux conditions ambiantes tout autant que pour être esthétiquement plaisant.

La Turbine à combustion propose une construction modulaire pour faciliter l'expédition et l'assemblage. Le système est prémonté jusqu'au degré maximum autorisé par les limitations d'expédition. Dans la mesure du possible, des sous-systèmes sont groupés et installés en sous-ensembles auxiliaires pour réduire au minimum l'espace d'assemblage. Ces sous-ensembles sont complètement assemblés et câblés à l'usine et exigent seulement l'interconnexion sur place. Des parcs à tiges sont fournis pour éliminer le besoin de tuyauterie supplémentaire pendant la construction. Tous les matériaux d'interconnexion entre les modules standards sont fournis. La turbine à combustion exige une alimentation électrique externe pour démarrer et pour le système de contrôle réparti. Les turbines à combustion peuvent fonctionner indépendamment, simultanément avec d'autres unités, ou comme composant d'un cycle combiné La turbine à combustion comprend le matériel et sous-ensembles suivants : le filtre à air, la turbine à combustion, le générateur, le centre de commande de puissance (PCC : Power Control Center), les boîtiers électriques et les béquilles de support du système. [1]

II.6.2 Système d’aspiration

L’entrée d’air dans les turbines à gaz a pour fonction de capter le fluide actif à l’infinité en amont de la machine pour le délivrer à l’entrée du compresseur dans les meilleures conditions possibles ; c’est pour cela que le système d’aspiration est équipé des filtres à nettoyage automatique (système à filtres autonettoyant) par jets intermittents d’air comprimé bien éprouvée et apte à fonctionner aux condition de service spécifiées du site et assurer qu’aucune impureté ne soit absorbé par le compresseur. Pour réduire le niveau sonore, la centrale est équipée d’un silencieux, les rangées d’écran du silencieux sont installées dans le caisson du silencieux. Le caisson est constitué d’une double paroi avec une entrée isolée acoustiquement est boulonnée au logement di filtre. [1]

Pour satisfaire les exigences d'isolation, le système de prise d'air possède un design en sandwich avec une isolation intérieur de la canalisation inférieur jusqu'au silencieux.



Figure II.5: Système d'aspiration d'air

II.6.2.1 Le rotor

Le rotor est la partie mobile de la machine, il est constitué de trois sections d'arbre creux maintenus ensemble par un tirant central, chaque disque porte une seule couronne d'aube. Le rotor est supporté par deux paliers qui sont implantés à l'aspiration du compresseur est à l'échappement de la turbine. Ce sont des zones qui ne sont pas exposées de fortes pressions.[1]



Figure II.6: Rotor de la turbine V94.3A

II.6.2.2 Le stator

C'est la partie fixe. Il est doté à son entrée d'un seul étage d'aubes à orientation

Variable. Elles sont destinées :

- D'une part, à maintenir constante la température des gaz d'échappement pour éliminer les baisses de rendement.

-D'autre part, à assurer la stabilité du compresseur et éviter le phénomène d'anti-pompage pour le compresseur. [1]

II.7 Caractéristique de la turbine à gaz SIMENS V94.3

- Marque……V94.3
- Fabricant……. SIEMENS
- Cycle……Simple
- Rotation de l'arbre……Anti-horaire
- Type de fonctionnement……Continu
- Vitesse nominale de l'arbre de puissance……3000tr/min
- Commande……TELPERM XP PLUS (SPPA T3000)
- Température à l'échappement ……. 580°C
- Température Chambre de combustion ……1250°C
- Température sortie Compresseur axial…… 390°C
- Rapport de compression (P sortie compresseur/P atm) ……17(condition ISO)
- Puissance nominale GG(Input)……271MW (condition ISO)
- Puissance nominale mécanique turbine…… 275MW (condition ISO)
- Système de démarrage ……. Moteur électrique
- Rendement thermique……≈39% (condition ISO)
- Débit de flux de gaz naturel ……12.5Kg/S
- Atténuation du bruit…… Silencieux d'admission et d'échappement

II.8 Eléments constituant une turbine à gaz

II.8.1 Compresseur

Le compresseur de type turbomachine est soit un compresseur axial, soit un compresseur hélicoïdal, soit encore un compresseur centrifuge, suivant la forme donnée à la veine fluide.

Les compresseurs axiaux généralement employés pour les machines de forte puissance, où la minimisation du maître couple est un impératif, comportent une succession d'étages. Chaque étage est constitué d'un disque tournant muni d'ailettes et d'une rangée d'aubes fixes, l'ensemble des disques mobiles étant solidaire de l'arbre. La turbine fournit la puissance nécessaire à l'entraînement du compresseur. Le transfert d'énergie, depuis l'arbre vers le fluide, est assuré par l'ensemble des ailettes mobiles. Celles-ci impriment au fluide un moment cinétique dirigé dans le sens de rotation de l'arbre. Ce moment cinétique est ensuite annulé dans la rangée d'aubes fixes suivante. [4]

Le compresseur utilisé par la centrale est porté sur la Figure II.7 Ses caractéristique sont résumées comme suit :

- Nombre des étages du compresseur axial …… 15 étages
- Type du compresseur ……. Écoulement axial
- Plan de joint……..... Bride horizontale
- Types d'aubes directrices d'entrée …… Variable
- Pression a l'admission……. 0.914bars
- Pression de refoulement……. Environ 15 bars



Figure II.7: Compresseur axiale

II.8.2 Chambre de combustion

II.8.2.1 Description

La chambre de combustion est équipée d'un cylindre torique et de vingt-quatre (24) brûleurs hybrides répartis régulièrement sur son périmètre afin de garantir une zone de température homogène. [3]

La chambre de combustion comporte :

- L'enveloppe.
- Le tube à flamme (ou chemise).
- La pièce de combustion.
- L'injecteur de combustible.
- Les bougies d'allumage.
- Les détecteurs de flamme.
- Les pièces d'interconnexions.

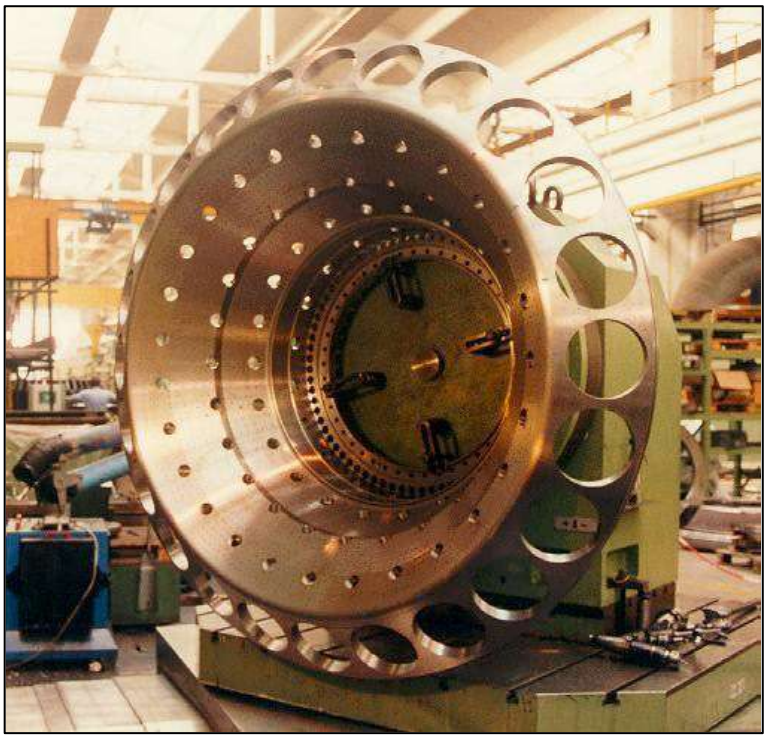


Figure II.8: Vu externe de la chambre de combustion

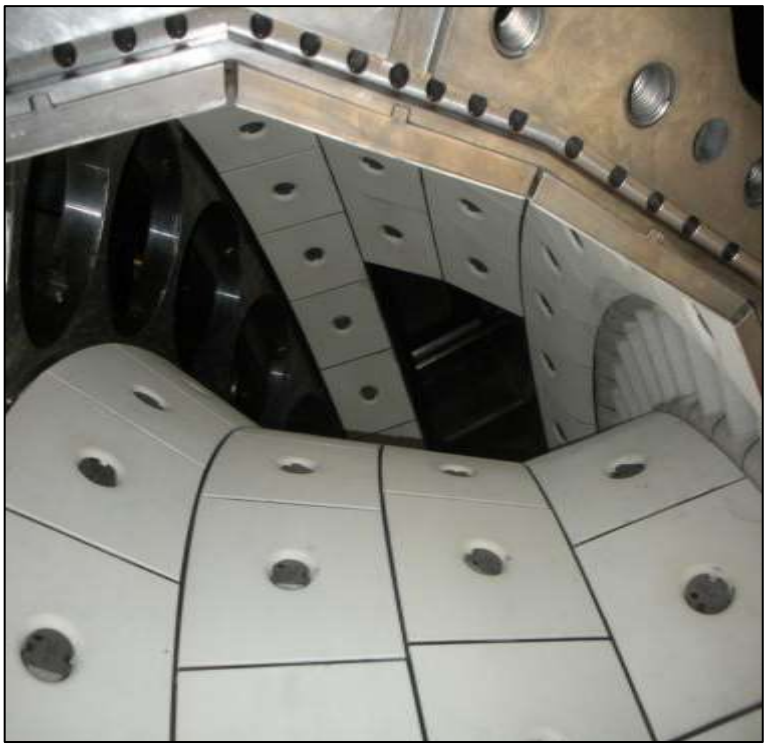


Figure II.9: vu interne de la chambre de combustion

II.8.2.2 Contrôle de la chambre de combustion

Les instruments de mesure associés à la chambre de combustion permettent de détecter les chutes de pression à travers les instabilités du processus de combustion et les retours de flamme. [3]

Les différents instruments de mesure sont :

-contrôle de chute de pression.

-monitorage des flammes.

-monitorage du combustible.

II.8.2.3 Caractéristique de la chambre de combustion [4]

- Type ……chambre annulaire
- Nombre des bruleurs hybrides……24
- Combustible……Gaz naturel et fuel (comme secours)
- Nombre de disposition d'allumages par bruleurs……1

II.8.2.4 Bruleur hybrides

Les bruleurs hybrides autorisent les modes de fonctionnement suivantes :

II.8.2.4.1 Marche au combustible gazeux

-Mode diffusion par fonctionnement jusqu'à demi-charge.

-Mode pré mélangé pour fonctionnement entre environ la demi-charge et la pleine charge.

II.8.2.4.2 Marche au combustible liquide

Les bruleurs de fioul en mode diffusion vaporisent le fioul de façon à ce qu'il puisse s'enflammer complètement dans la chambre de combustion. [4]

II.8.3 Turbine

Les turbines axiales sont réservées pour les machines de forte puissance, tandis que les turbines centripètes sont utilisées pour les puissances modestes et dans les cas où la température des gaz de travail est modérée du fait que ces machines ne sont pas refroidies et que les calories sont drainées vers l'axe, donc vers les paliers.

Chaque étage de turbine axiale comporte une rangée d'aubages fixes ou distributeur destiné à créer un moment cinétique et une roue mobile munie d'ailettes. La fonction de la roue mobile est d'annuler le moment cinétique incident, ce qui entraîne la création d'un couple sur l'arbre de la turbine. Les aubages de la roue mobile sont de deux types : soit à action, soit à réaction. Dans le premier cas, la pression reste sensiblement constante à la traversée de la roue mobile, et la déviation des aubages est importante. La poussée axiale sur l'arbre est alors faible. Cette configuration est réservée aux coupes de pied des ailettes mobiles. La seconde disposition, qui donne une baisse de pression dans la roue, se rencontre sur les coupes de tête des aubages. La poussée axiale sur le rotor est alors conséquente. [4]



Figure II.10: L'aubages de la turbine

II.8.3.1 Caractéristiques de la turbine

- Nombre des étages de la turbine ……4
- Vitesse nominale ……3000 tr/min
- Taux de pression ……. (Condition ISO)
- Directrice du deuxième étage ……fixe
- Débit massique de gaz d'échappement…… 629 Kg/s.
- Température des gaz d'échappement……... 571°C.

Les gaz chauds issus de la combustion se détente en passent par quatre étages d'aubes. Cette opération est suivie de la création d'une grande quantité d'énergie mécanique faisant entrainer le rotor de la turbine à gaz.

L'air de refroidissement des aubages de la turbine provenant du soutirage du compresseur protège les pièces de la turbine des échauffements excessifs et améliore leur résistance à la corrosion a haute température.il permet également de réchauffer les disques de la turbine après un démarrage à l'état froid.

II.8.3.2 Système de refroidissement de la turbine

Le système de refroidissement de la turbine refroidit le rotor et l'aubage de la turbine sans faire appel à un système de refroidissement externe. L'aubage de la turbine doit être refroidi afin d'éviter un dépassement des températures admissibles des matériaux. Grâce à l'air de refroidissement qui l'environne de toute part, le rotor n'est pas soumis aux pointes de contraintes thermiques qui pourraient provoquer sa déformation lors des variations de charge due au démarrage rapide. Le fait de refroidir le rotor de la turbine avec de l'air venant du compresseur permet également de réchauffer les disques de la turbine après un démarrage de l'état froide.

Les différents étages de la turbine nécessitent de l'air de refroidissement est extrait du compresseur en différents points :

-Etage1 : L'air de refroidissement destiné au premier étage de la turbine est soutiré à l'échappement du compresseur

-Etage2 : L'air de refroidissement destiné au deuxième étage d'aubes fixes de la turbine est soutiré du quinzième étage du compresseur. Des conduites dirigent l'air du compresseur à l'enveloppe de la turbine. De là, il pénètre dans les aubes directrices par des orifices percés dans

la porte d'aubes. Les zones mobiles sont refroidies par de l'air soutiré en aval du 15éme étage du compresseur. Cet air pénètre dans les pieds des aubes par des orifices pratiqués dans le disque du rotor et dans le tube répartiteur d'air puis ressort par le sommet des pales.

-Etage3 : Les aubes du troisième étage sont refroidies de la même manière que celle du deuxième étage. Pour le refroidissement des aubes fixes, deux conduites amènent l'air soutiré du 10éme étage du compresseur a l'enveloppe de la turbine. L'air destiné aux aubes mobiles est soutiré du 14éme étage du compresseur

-Etage4 : Une simple conduite amène l'air soutiré du 5éme étage du compresseur à l'enveloppe de la turbine. De là, il parvient aux aubes fixes de la turbine de la même façon que pour les étages 2 et 3. Au $4^{éme}$ étage, seul le pied des aubes mobiles est refroidi par l'air venant du $14^{éme}$ étage du compresseur. L'air de refroidissement sert aussi d'air de barrage et empêche les gaz chauds de pénétrer dans les parties creuses de l'enveloppe de la turbine. [4]

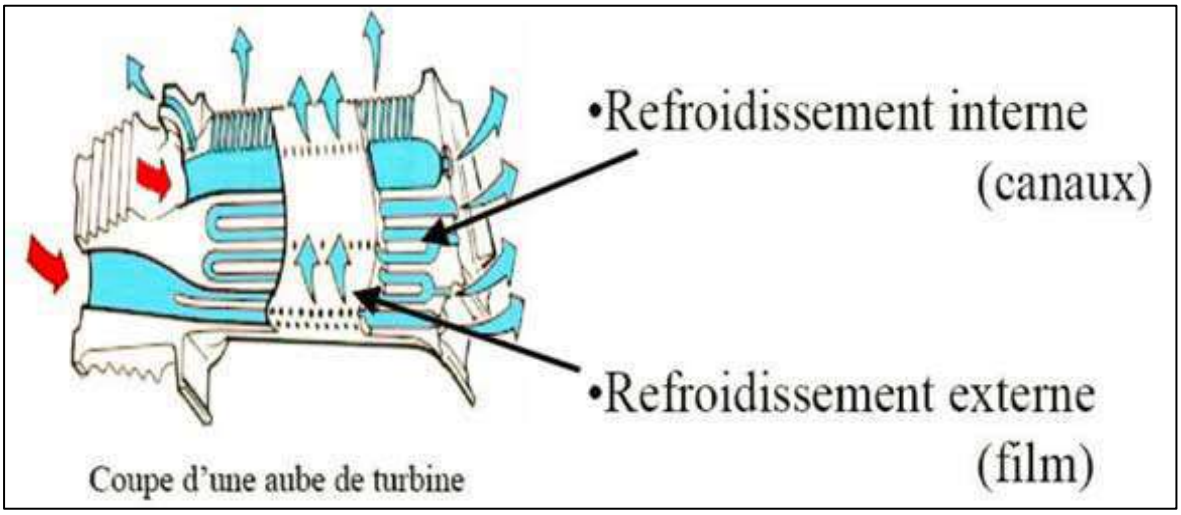


Figure II.11: Système de refroidissement des aubes

II.8.4 Alternateur

Les alternateurs électriques sont des dispositifs permettant de produire de l'énergie électrique à partir d'une autre forme d'énergie (mécanique).

II.8.4.1 Différents composants

Le générateur est constitué d'un rotor (partie tournante) et d'un stator (partie fixe).

- **Le rotor est l'inducteur :** Il peut être un aimant permanant, la régulation de la tension de sortie sera effectuée en régulant la vitesse de rotation de l'alternateur, c'est le principe de la dynamo de vélo qui est en fait un petit alternateur.

- **Le stator est l'induit :** Il est constitué d'enroulements qui vont le siège de courant électrique alternatif induit par le champ magnétique en mouvement de l'inducteur.

II.8.4.2 Caractéristique de générateur SIEMENS TLRI50-16.5

- Type de l'alternateur……TLRI50-16.5
- Fabricant……SIMENS
- Système électrique……Triphasé
- Fonctionnement……Continue
- Puissance apparente nominale……308MVA
- Facteur de puissance ……Cosφ=0.8
- Fréquence nominale……50Hz
- Variation de tension en marche nominale……±7.5
- Tension nominale……16.5KV
- Rendement sous condition normale……98.60%
- Enroulement stator……Air
- Enroulement rotor……Air
- Enroulement fer stator……...Air

En plus l'alternateur de la centrale de Berrouaghia est utilisé comme moteur de démarrage pour la turbine à gaz au moyen du convertisseur statique de fréquence (SFC). Le SFC fait fonctionner la turbine à gaz à 70% de sa vitesse nominale au moment du démarrage, puis la turbine à gaz allumée accélère et atteint la vitesse nominale de 3000 TPM.

II.8.4.3 Fonctionnement

Le rotor excite par un courant continu, produit un champ tournant au cours de sa rotation, ce champ tournant engendre des forces électromotrices induit dans chacune des phases de l'enroulement du stator, cette force est engendrée par le champ tournant est en fonction de courant de démarrage et de la vitesse d'entrainement.

Ainsi la tension aux bornes de la sortie de l'alternateur est plus faible de la F.E.M (E), à cause de la chute de tension dans l'impédance du circuit statique. [3]

II.8.5 Le transformateur

C'est un transformateur élévateur de tension qui sert à transmettre l'énergie par l'alternateur au réseau 225 KV. [3]



Figure II.12: Transformateur principal

II.8.6 Caractéristique de gaz naturel et de l'air

Sachant que le gaz naturel et le combustible principal pour le fonctionnement de la turbine, sauf en cas de problème technique d'acheminement de ce dernier.

II.8.6.1 Caractéristique de l'air

Constituants %molaire

- Azote……0.79
- Oxygène……...0.21

II.8.6.2 Caractéristique de gaz naturel [2]

- Constituants% ……molaire
- Méthane CH4 …… 78,36
- Ethane C2H6 ……... 7,42
- Propane C3H8 …… 2,88
- Butane C4H10 ……... 1,72
- Pentane C5H12 …… 0,84
- C6+……3 ,02
- Azote N2 …… 5,56

- Dioxyde de carbone CO2 …….. 0,20
- Total……...100

II.9 Systèmes auxiliaires

Les systèmes auxiliaires d'une turbine à gaz sont très importants, car la continuité de service et la durée de vie de la turbine dépendent en grande partie de leurs caractéristiques de précision, rapidité et leurs temps de réponse la majorité de l'équipement auxiliaire mécanique et électrique nécessaires au lancement et au fonctionnement de la turbine à gaz est rassemblée dans le compartiment des auxiliaires. Ce compartiment et l'équipement qui lui est propre sont montés sur le même socle que la turbine.

De nombreux systèmes auxiliaires interviennent pour le fonctionnement de la turbina à gaz plusieurs de ces systèmes possèdent des auxiliaires ou des mécanismes spéciaux qui sont regroupés au sein des systèmes auxiliaires, à savoir : les systèmes de lancement, d'alimentation, de lubrification et les systèmes hydrauliques et d'eau de refroidissement [2]

II.9.1 Système de drainage

La fonction du système de drainage est d'évacuer les solutions de nettoyage qui s'écoulent de la turbine à combustion durant le nettoyage du compresseur, ainsi que d'évacuer toute trace de combustible liquide de l'unité après un démarrage raté du système de combustible liquide. La solution de nettoyage et l'eau projetée dans le compresseur pendant le nettoyage se rassemblent dans les points bas du compresseur et de la turbine. Le système de drainage est conçu pour éliminer ces liquides avant de redémarrer le compresseur. [1]

II.9.2 Système d'eau de Rinçage

Le système d'eau de rinçage fournit une quantité suffisante d'eau déminéralisée nécessaire à différentes fonctions. L'eau de rinçage est nécessaire à chaque fois que le système de Pré mélange de fioul de la turbine à gaz ou le système de diffusion de fioul sont à l'arrêt. Le rinçage nettoie respectivement les bruleurs à combustible liquide et empêche le cokage de tous résidus encore présents. L'eau de rinçage peut être également utilisée pour diverses opérations de refroidissement et de remplissage du système de combustible liquide. [1]

II.9.3 Système de distribution électrique

L'appareillage électrique est conçu pour assurer une disponibilité et une fiabilité élevées de la centrale dans tous les modes de fonctionnement.

La sortie de la turbine génératrice 16.5 kV est branchée par un rupteur de sortie de générateur vers le transformateur élévateur de 16.5/225 kV puis vers le poste d'interconnexion de 225kV. La puissance de 6600 VAC nécessaire à la turbine de combustion est fournie par le commutateur VAC. L'appareillage de commutation de 6600 VAC est actionné à partir des transformateurs auxiliaires ou via des interconnexions avec la deuxième unité. L'appareillage de commutation de 6600 VAC approvisionne le transformateur de 6.6/2.5 kilovolts pour le convertisseur de fréquence de démarrage (Start Up Frequency Converter - SFC), le transformateur de 6600/480 V pour le matériel statique d'excitation (Statique Excitation Equipment - SEE), les transformateurs abaisseurs 400 VAC et un meilleur auxiliaire et équilibrage des moteurs de pompes de la turbine à combustion. Pour fournir les charges les plus essentielles quand d'autres sources de puissance ne sont pas disponibles, les liaisons 6.6kV peuvent être fournies par quatre générateurs diesel de secours. Les liaisons 400VAC fournissent les charges de 400 VAC des turbines à combustion et à vapeur. Les liaisons 400 VAC fournissent également les liaisons de 230/24 Volts DC à travers des chargeurs de batteries et des convertisseurs. Les alimentations d'énergie des chargeurs de batterie peuvent être actionnées à partir des différentes liaisons 400V de sorte que deux rupteurs d'alimentation fournissent la puissance aux batteries pour des raisons de fiabilité. En cas de perte de courant alternatif, la puissance de 230/24 volts est rétablie pour arrêter sans risque les turbines à combustion et à vapeur. [1]

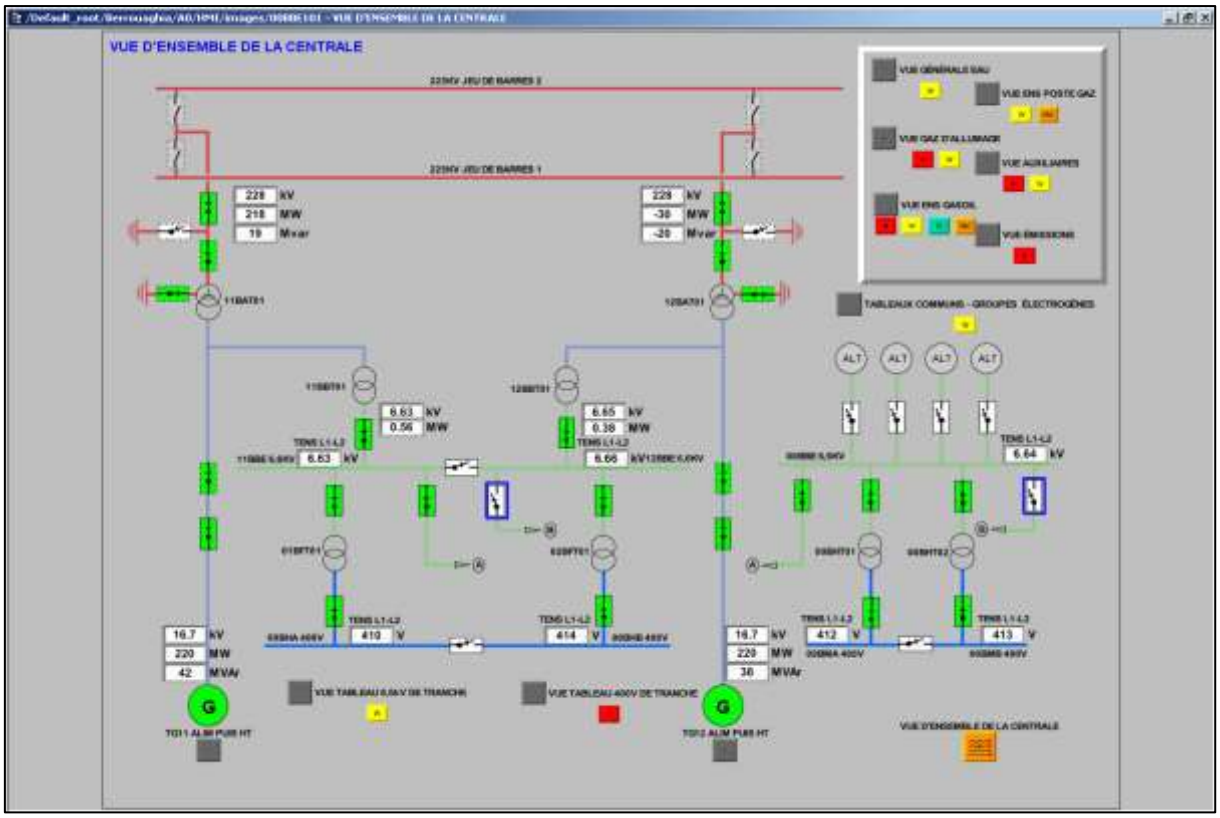


Figure II. 13: Système de distribution électrique

II.9.4 Système de lubrification et de soulèvement

La fonction du système de lubrification est de fournir une alimentation ininterrompue d'huile filtrée à la température et à la pression exigées en vue de répondre aux exigences de lubrification et de refroidissement des roulements de la turbine à vapeur, du générateur et de la turbine à combustion. Le système de lubrification :

- Elève l'arbre avec l'huile de soulèvement lorsque la turbine tourne à faible vitesse
- Fournit le liquide fonctionnement pour le vireur hydraulique de la turbine à combustion
- Maintient le vide d'air dans la tuyauterie de retour et le réservoir pour éviter les fuites d'huile et de vapeur.
- Refroidit l'huile pour évacuer la chaleur produite par la friction, les pertes de charges et la chaleur de l'arbre de la turbine.

Le système de lubrification est conçu pour fournir un débit adéquat d'huile lubrifiante tout en maintenant les températures de l'huile des roulements entre approximativement 43°C et 54°C.

Les pompes d'huile lubrifiante sont conçues pour fournir une pression de décharge (d'évacuation) d'approximativement 5.5 bar. L'activation automatique de la pompe d'urgence et/ou de secours, des alarmes et du débrayage de la turbine est prévue lors de pertes de pression d'huile de lubrification.

Le système est également conçu pour soulever l'arbre pendant les périodes de basse vitesse d'axe pour protéger les roulements et pour faire tourner le rotor à de basses vitesses pour empêcher le cambrage du rotor. [1]

II.9.5 Système de Gaz Combustible

Le fonctionnement du système de gaz combustible est de fournir un écoulement précisément dosé de gaz propre, sans humidité, naturel, sous pression constante, à la turbine à combustion pendant la mise en route, les exécutions normales et l'arrêt. Ce système contrôle l'écoulement du gaz vers les brûleurs de diffusion, à prémélange et les brûleurs de gaz pilote.

La turbine à combustion exige une alimentation en gaz naturel à une pression d'approximativement 24.8 bars à l'entrée. Le circuit d'alimentation en gaz combustible fournit du gaz propre et sans humidité au système d'alimentation en gaz d'essence. Le gaz naturel est fourni à travers des filtres à gaz séparateurs au système de gaz combustible dans l'enceinte de la turbine. A l'entrée du système, le gaz est réglé et distribué à trois rampes de distribution rondes pour l'introduction dans la chambre de combustion de la turbine à gaz. [1]

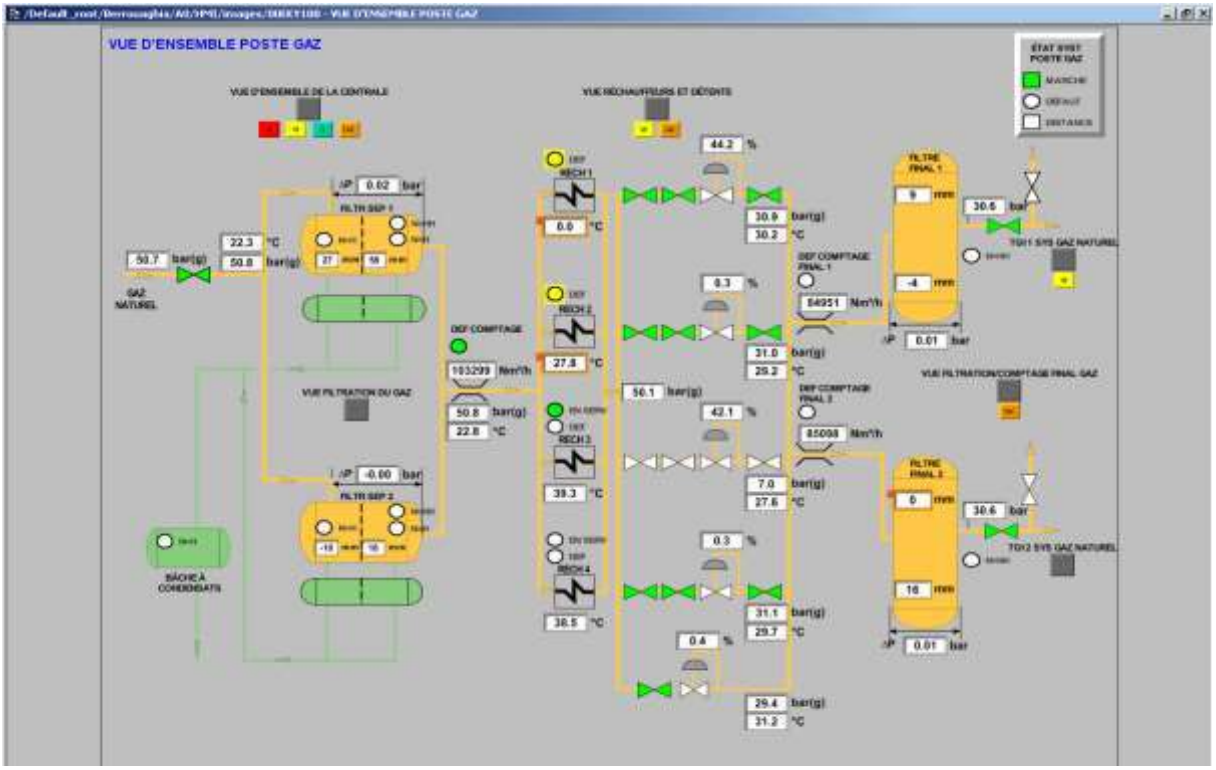


Figure II.14: Système de gaz combustible

II.9.6 Système de Combustible Liquide (fioul)

Le système de gaz combustible alimente les brûleurs en combustible liquide et contrôle la quantité de combustible liquide injecté dans les chambres de combustion durant le démarrage, le fonctionnement et l'arrêt. Pendant un déclenchement de la turbine à gaz ou l'arrêt, le système de fioul arrête rapidement et de façon fiable le débit de fioul vers les chambres de combustion.[1]

II.9.7 Système de Gaz d'Allumage

La fonction du système de gaz d'allumage est de générer les flammes d'allumage pour allumer le combustible liquide lorsque la turbine à gaz est démarrée en fioul. Le système est conçu de telle façon qu'il alimente la turbine à gaz en propane comme source d'allumage afin de réussir l'allumage de fioul pour un démarrage de la turbine au fioul. [1]

II.9.8 Système d'Air d'Etanchéité

Le système d'air d'étanchéité fournit de l'air froid provenant de la sortie du compresseur aux brûleurs de combustible liquide pendant le fonctionnement au gaz combustible. Les turbines à gaz équipées de brûleurs de fioul et qui fonctionnent également au gaz combustible ont besoin d'un débit d'air froid provenant de la sortie du compresseur et passe par les lances du brûleur afin d'empêcher la surchauffe et d'abimer les becs du brûleur. L'air d'étanchéité empêche la recirculation de gaz chauds qui peut se produire durant le fonctionnement au gaz naturel.

La recirculation de gaz chauds peut abîmer la tuyère de combustible liquide. L'air de sortie du compresseur est refroidi et doit atteindre une réduction de température nécessaire.

Un échangeur de chaleur d'air froid permet de refroidir l'air provenant du compresseur.[1]

II.9.9 Système d'Huile Hydraulique

La fonction du système d'huile hydraulique est de fournir le liquide hydraulique pressurisé et filtré pour le fonctionnement des soupapes de contrôle et d'arrêt du gaz combustible.

Du liquide hydraulique est fourni par un package complet avec le réservoir, les pompes, le refroidisseur, les soupapes de décharge, les accumulateurs et les filtres. Le système est conçu pour fournir le liquide hydraulique à une pression de système nominale de ~ 160 bars. Les pompes à compensation de pression et à cylindrée variable sont conçues pour maintenir une pression constante contre des fluctuations de système dues aux conditions de commandes

intermittentes de soupape. Les accumulateurs réduisent au minimum les variations de pression du système. [1]

Le système contient également les pompes de conditionnement de circuit fixées à chaque pompe hydraulique principale pour faire circuler l'huile pour le refroidissement et le filtrage.

II.9.10 Systèmes d'Air de la Turbine

Les systèmes pneumatiques de turbine à gaz se composent de cinq systèmes séparés mais intimement liés. Les fonctions de ces cinq systèmes pneumatiques de turbine à gaz sont comme suit :

- **Le système d'arrivée d'air :**

Fournit l'air propre et atmosphérique à l'entrée du compresseur. En outre, le système protège le compresseur contre les dommages causés par un objet étranger, réduit la turbulence, et atténue le niveau de bruit d'air du compresseur. Le système effectue la déshumidification à proximité de la canalisation de prise d'air pendant des périodes d'arrêt pour prévenir la corrosion des composants sensibles à l'humidité.

Le système chauffe également l'arrivée d'air pour empêcher le gel sur les filtres pendant les conditions de basse température et d'humidité élevée.

- **Le système de Purge (Blow Off) du Compresseur :**

Fournit un contrôle volumétrique de la circulation d'air dans le compartiment du compresseur pendant le démarrage, l'arrêt et pour des utilisations en fréquence pour prévenir d'éventuels pompages du compresseur.

- **Le Système d'Air de Refroidissement de la Turbine :**

Permet le refroidissement direct des composants internes de la turbine à gaz, fournit l'air d'étanchéité afin d'empêcher la dérive des gaz loin des aubes et des palettes ainsi que l'air pour le tambour d'équilibrage de l'arbre de la turbine.

- **Le système pneumatique CT :**

Fournit de l'air propre et pressurisé aux clapets d'échappement. Des quantités suffisantes d'air, aux températures et aux pressions correctes sont vitales à l'exécution appropriée de la turbine à gaz et des systèmes associés. Les systèmes d'air de la turbine sont conçus pour fournir et contrôler l'écoulement d'air en vue de répondre aux exigences opérationnelles de fonctionnement de la turbine à gaz. [1]

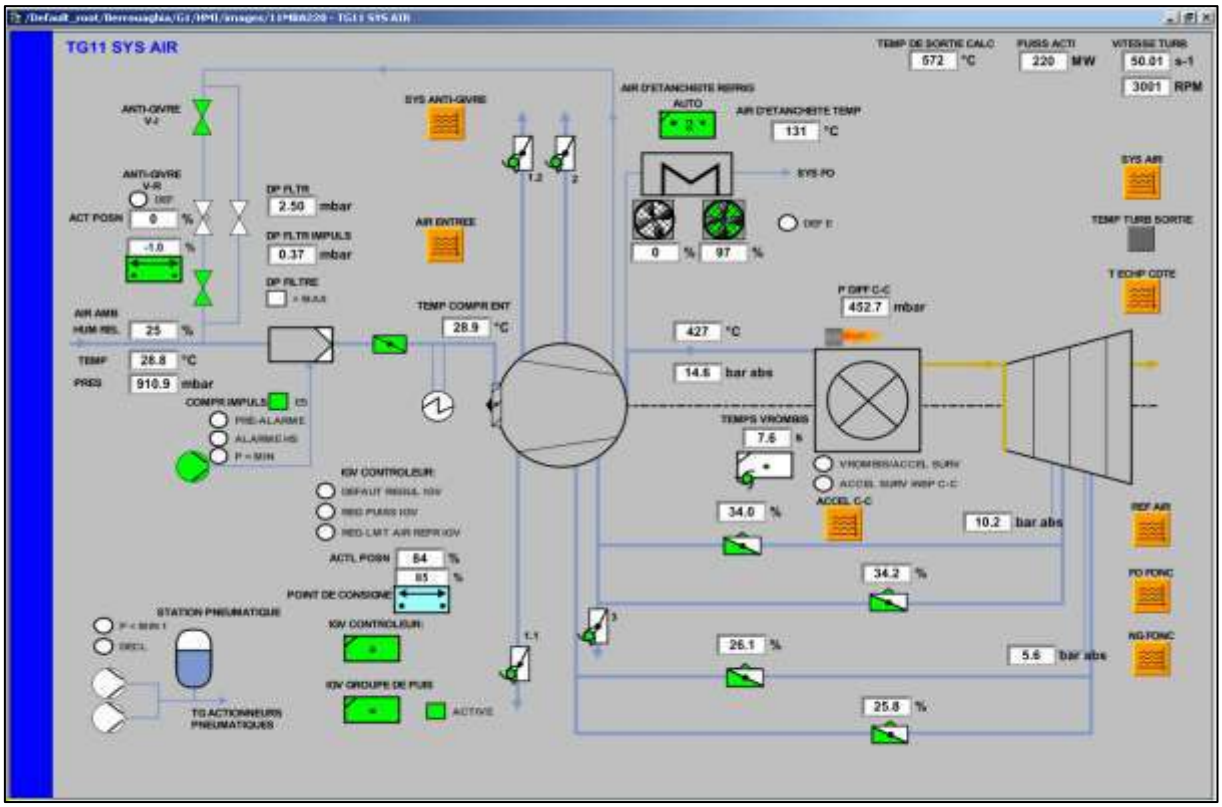


Figure II.15: Systèmes d'Air de la Turbine

Conclusion :

Dans ce chapitre nous a permis de découvrir la centrale électrique Berrouaghia en détails ainsi que le principe de fonctionnent de chaque constituant de la dite centrale. Aussi, nous avons appris comment l'énergie électrique est produite par une turbine à gaz.

Chapitre III : Maintenance de la turbine à gaz SIEMENS V94.3A

III.1 Introduction à la maintenance industrielle

Quelle que soit l'entreprise, la fonction maintenance a pour mission d'accomplir toutes les taches nécessaires pour que l'équipement soit maintenu où rétabli en état et ceci afin de

- Permettre une exécution normale des opérations dans les meilleures conditions de coûts, de sécurité et de qualité (cas de la production)

- Obtenir un service dans les meilleures conditions de confort et de coût (cas transport, hôpitaux, …)

Pour remplir cette mission, il faut :

- Dépanner les machines, les systèmes pluri-techniques et les matériels dans les meilleurs délais et au meilleur coût.

- Réparer, réviser, maintenir en état les machines, les systèmes pluri-techniques et les matériels.

C'est la maintenance de fabrication où la maintenance de production

- Réparer et maintenir en état les bâtiments, les engins de transport, le téléphone, les réseaux, les parkings, la climatisation etc.….

- Contrôler et surveilles les différentes énergies utilisées pour assurer les activités de l'entreprise (électricité, air, eau, gaz).

C'est la maintenance générale

- Négocier les contrats d'assistance technique et de maintenance

C'est la maintenance sous-traitée

III.2 Définition de la maintenance industrielle

Selon l'AFNOR par la norme NF X 60-010 (mai 2002) **:**

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. [5]

III.3 Les différentes formes de maintenance

C'est un ensemble d'actions permettant de maintenir, ou de rétablir, un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service rendu. C'est donc :

Effectuer des opérations de conservation du potentiel du matériel. Assurer :

- Continuité ;
- Qualité de la production.

Une bonne maintenance consiste à mettre en œuvre pour chaque équipement ; Chaque sous ensemble, voir chaque maillon de la chaîne de production, la technique la mieux adaptée ; la technique optimum.

D'après les normes AFNOR X 60-010 et 60-012 **[AFNOR, 1982]**, on peut distinguer essentiellement deux méthodes de maintenance **(Figure III.1)** :

- La maintenance corrective, effectuée après défaillance du matériel ;
- La maintenance préventive, effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un matériel. Elle peut opérer selon :
  - Un échéancier établi d'après le temps ou le nombre d'unités d'usage : c'est la maintenance systématique ; Ou en fonction d'un type d'événement prédéterminé et révélateur de l'état de dégradation du matériel (information d'un capteur de mesure, mesure d'une usure, etc.) : c'est la maintenance conditionnelle.

La définition de « la maintenance » issue de la norme NF X60-010 **[AFNOR, 1982]** contient les six concepts servant de base sur lesquelles repose toute la démarche.

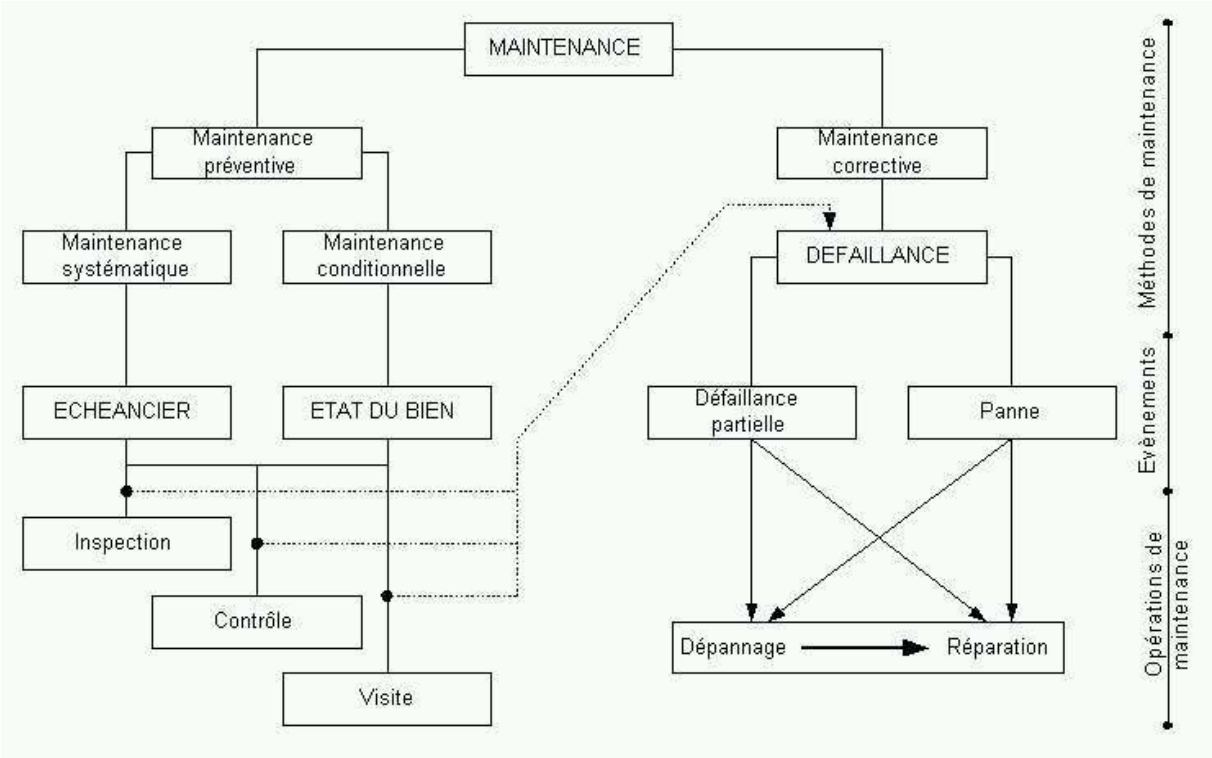


Figure III.1: les différentes formes de maintenance

III.3.1 La maintenance corrective

Définitions (extraits normes NF X 60-010) :

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

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus.

Défaillance : altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Il existe 2 formes de défaillance :

- **Défaillance partielle** : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.
- **Défaillance complète** : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

III.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 des matériels en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

III.3.2.1 But de la maintenance préventive

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

III.3.3 La maintenance préventive systématique

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 de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, 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

Remarque : de plus en plus, les interventions de la maintenance systématique se font par échanges standards. 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 pane risque de provoquer des accidents graves : tous les matériels 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.

III.3.4 La maintenance préventive conditionnelle

Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.).

Remarque : la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel.

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé).

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles.

Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, 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.

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Cours Maintenance Industrielle

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile
- Les températures et les pressions
- La tension et l'intensité des matériels électriques

- Les vibrations et les jeux mécaniques
- Etc.

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. [6]

III.4 Les opérations de maintenance

III.4.1 Les opérations de maintenance corrective

III.4.1.1 Le dépannage

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement.

Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de condition de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

III.4.1.2 La réparation

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

L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Remarque : la réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu. Tous les équipements sont concernés.

III.4.2 Les opérations de maintenance préventive

III.4.2.1 Les inspections

Activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

III.4.2.2 Visites

Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

III.4.2.3 Contrôles

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

Les opérations de surveillance (contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage. [7]

III.5 Les fonctions et les tache de maintenance

Afin de mener bien une politique de maintenance et d'optimiser les temps d'arrêt causes par la défaillance des différents équipements productifs, Les fonctions études et méthodes, exécution et mise en œuvre, ainsi que la fonction de documentation seront organisées

III.5.1 Etudes et méthodes

Optimisation des tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la politique de maintenance définie par l'entreprise.

- **Etudes techniques**

Etudes d'améliorations, études de conception et de reconception des équipements ou des travaux neufs, analyse des conditions de travail

- **Préparation et ordonnancement**

Etablissement des fiches et gammes d'instructions pour le personnel, constitution de la documentation pour les interventions, établissement des plannings d'interventions et d'approvisionnements en pièces de rechange, réception et classement des documents relatifs à l'intervention et remise à jour des dossiers techniques.

- **Etudes économiques et financières**

Gestion des approvisionnements, analyse des coûts (maintenance, défaillance, fonctionnement), rédaction du cahier des charges et participation à la rédaction des marchés (travaux neufs, investissements, sous-traitance), gestion du suivi et de la réception de ces marchés.

- **Stratégie et politiques de la maintenance**

Définition, choix et élaboration des procédures de maintenance (corrective, préventive), des procédures de contrôle, des procédures d'essais et de réception, détermination des domaines d'actions préventives prioritaires, étude des procédures de déclenchement des interventions, gestion de la sécurité dans l'organisation de l'environnement industriel.

Pour remplir cette fonction, les techniciens des études et des méthodes disposent : de dossiers techniques fournissant toutes les caractéristiques des matériels, des fiches d'historiques résumant les opérations déjà effectuées, de la documentation constructeurs et fournisseurs, des banques de données informatiques.

III.5.2 Exécution / Mise en œuvre

L'aspect pluri techniques de cette fonction nécessite une grande expérience sur les matériels et une connaissance approfondie des différentes technologies. Le technicien devra agir avec beaucoup de rigueur pour rendre son action efficace. Il sera aidé par les documents et procédures établis par la fonction « études et préparation ».

- Les principales tâches sont : gestion de l'intervention de maintenance, connaissance comportementale du matériel, pilotage des interventions, application des consignes et règles d'hygiène, sécurité et conditions de travail, installation des machines et des matériels (réception, contrôle, mise en fonctionnement), information du personnel sur les équipements, remise en main du matériel après intervention, gestion de l'ordonnancement, établissement de diagnostics de défaillance de matériels, établissement de consignes d'utilisation intégrant les consignes d'hygiène et de sécurité, gestion des stocks (des pièces de rechange, outillages, appareils de contrôle)

III.5.3 La fonction documentation et ressources

Indispensable à tout le service, cette fonction est la mémoire de l'activité sur laquelle s'appuieront les études ultérieures en vue de définir une politique de maintenance. Elle est aussi une source inestimable de renseignements pour la fonction « études et méthodes ».

- Les principales tâches sont : élaboration et tenue des inventaires, constitution et MAJ des dossiers techniques, des historiques, des dossiers économiques, constitution d'une documentation générale, technique et réglementaire, constitution d'une documentation fournisseurs. [5]

III.6 Les choix de type de maintenance

Les choix d'une politique d'une maintenance ne se fait par une entreprise qu'après avoir défini les objectif technico-économique et humaines

L'objectifs essentielle reste dans l'optimisation du rapport du cout de disponibilité, plusieurs outils d'aide de politique de maintenance le mieux adapter ce choix dépond de :

- Des objectifs de l'entreprise.
- Du fonctionnement de matériel.
- Des caractéristiques de matériel.
- Des couts de maintenance.
- Du cout de perte de production. [5]

III.7 Maintenance pour la une turbine à gaz SIEMENS V94.3A

III.7.1 Maintenance systématique

Elle nécessite le démontage de la turbine à différents degrés :

III.7.1.1 Une inspection du système combustion (inspection mineure MI)

Chaque 8000 h de fonctionnement, une inspection du système de combustion réclame un temps d'arrêt relativement court de la turbine à gaz afin de vérifier l'état des éléments suivants:

- Brûleur.
- Chambre de combustion (chemise, chapeau, douille d'écoulement).
- Tubes d'interconnexion.
- Bougies d'allumage.
- Détecteurs de flammes.
- Les aubes mobiles et fixes de la première et de la dernière étape,
- L'entrée du compresseur, [1]

III.7.1.2 Inspections de la veine des gaz chauds : (hot gaz-path inspection HGPI)

Chaque 25000 h de fonctionnement, Le but de ce niveau d'inspection est d'examiner les pièces de la turbine les plus soumises aux contraintes par les températures élevées du système des gaz de combustion ; cette visite comprend essentiellement :

- Directrices, tous les étages
- Aubes du rotor, tous les étages
- Anneaux de protection extérieurs, tous les étages [1]

III.7.1.3 Révision générale (major inspection MI*)*

C’est une révision générale qui est faite chaque 5000 h de fonctionnement

Le but d’une révision générale est d’examiner toutes les pièces intérieures du stator et du rotor, de l’admission de la chambre des filtres jusqu’aux systèmes d’échappement. [1]

III.7.2 La maintenance conditionnelle (inspection en fonctionnement) :

Elle comprend la somme des observations faites durant le fonctionnement de l’unité. Des données en opération devant-être enregistrées pour permettre d’évaluer les performances de l’équipement, les besoins d’entretien et d’intervention lorsque ces relevés indiquent des alarmes qui vont déclencher la turbine par la suite.

Les paramètres importants à contrôler sont les suivants :

- Vitesse de rotation de la turbine HP et BP.
- Température à l'échappement.
- Température à l'entrée de la turbine.
- Vibration au niveau des paliers.
- Risque de pompage.
- ΔP filtre à air.
- Température sortie du compresseur.
- Contrôle présence de la flamme.
- Haute température des paliers.
- Température d'huile de graissage. [1]

III.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité la maintenance appropriée pour les turbines à gaz et sur la thématique de surveillance et de diagnostic, et les différentes méthodes de surveillance.

Chapitre IV : Présentation de la méthode l'AMDEC

IV.1 Introduction

La maintenance nous fait comprendre les types de défaillance et les méthodes d'analyses de ces défaillances. Parmi les méthodes d'analyse, on a l'AMDEC : l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité est l'une des méthodes performantes permettant la maitrise de la défaillance en faisant l'identification et la recherche de toutes les circonstances qui l'ont causé.

IV.1.1 Définition

C'est un outil d'analyse qui permet de construire la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global. Elle est régie par la norme NF X 60-510.

Cette méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960 : est devenue aujourd'hui :

- Réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie),
- Contractuelle (pour les fournisseurs automobiles par exemple).

Etablie en équipe, menée à différents niveaux d'avancement, elle permet de définir les priorités d'actions par la confrontation des opinions. Elle est applicable :

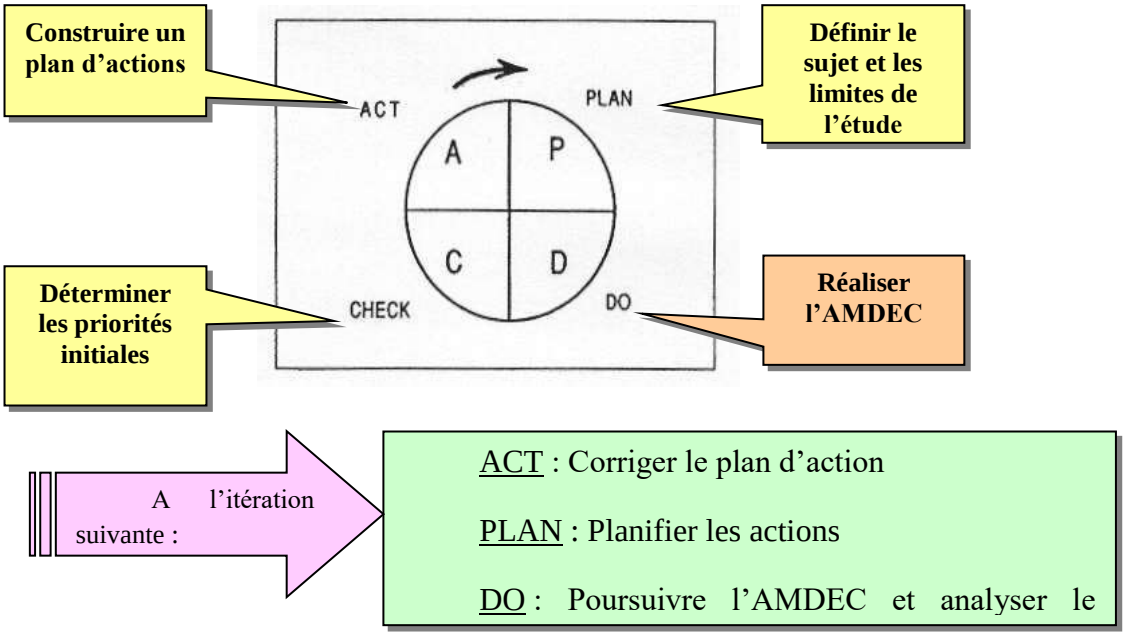
- A un produit : AMDEC produit,
- A un processus : AMDEC processus,
- A un système de production : AMDEC moyen de production.

Nous allons nous intéresser à l'AMDEC moyen de production ou AMDEC MACHINE.

L'AMDEC est également un des outils de l'amélioration continue. Les exigences de la norme ISO 9000 portent sur la capacité à s'améliorer de manière continue.

Le PDCA (Plan, Do, Check, Action) est la base de la logique d'amélioration continue. L'AMDEC est un outil d'amélioration continue dans le chapitre de la prévention. La logique d'amélioration continue va reposer sur la répétition à opérer pour mener à bien les AMDEC.

La pratique de l'AMDEC devra être itérative, car c'est dans la répétition de cette méthode que se fera l'amélioration continue. Une AMDEC devra être poursuivie et complétée, durant le cycle de vie du produit, tant que le procédé évolue.



D'après ISO 9001 V2000

Actions correctives :

L'organisme doit établir un processus pour réduire ou éliminer les causes de non-conformité afin d'empêcher leur réapparition. La procédure doit définir les exigences pour :

- Identifier les non-conformités (y compris les réclamations clients),
- Déterminer les causes des non-conformités,
- Évaluer la nécessité de mener des actions pour s'assurer que les non-conformités ne se reproduisent pas,
- Mettre en œuvre toutes actions nécessaires pour y parvenir,
- Enregistrer les résultats des actions mises en œuvre,
- Examiner si les actions correctives sont efficaces et enregistrées,

Actions préventives :

L'organisme doit établir un processus pour éliminer les causes de non-conformités potentielles pour éviter qu'elles ne surviennent. La procédure doit définir les exigences pour :

- Identifier les non-conformités potentielles,
- Déterminer les causes de non-conformités potentielles identifiées et enregistrer les résultats,

- Déterminer les actions préventives nécessaires pour éliminer les causes de non-conformités potentielles,
- Mettre en œuvre ces actions préventives,
- Déterminer l'efficacité des actions préventives.

Quand doit-on effectuer une AMDEC ?

- Systématiquement lorsqu'il y a un nouveau produit ou nouveau processus
- Lorsqu'il y a modification du produit
- Lorsqu'il y a modification importante du processus (nouveau procédé, nouvelle machine...)
- Lorsqu'il y a réclamations répétitives ou incident grave en clientèle (accident par exemple)

IV.2 Méthodologie de la réalisation d'une AMDEC

IV.2.1 Choix du sous-système à étudier et des objectifs à atteindre

II s'agit au départ de choisir et de délimiter l'étude à mener, en fonction des objectifs fixés (atteindre une valeur de disponibilité donnée, ou seulement « déverminer » les plus gros problèmes potentiels) et du délai accordé. Remarquons que l'AMDEC se prête à des « zooms » successifs : de l'ensemble des fonctions d'une pelle mécanique, on peut se limiter à l'étude des pertes de fonctions hydrauliques, puis à celle d'un sous-système donné, puis à celle d'un simple vérin.

IV.2.2 Constitution du groupe de travail

Sa composition dépendra des expertises requises en fonction des technologies présentes. Il faudra également définir le mode de fonctionnement du groupe, et en particulier la fréquence, la durée des réunions et le délai.

IV.2.3 Mise au point de la fiche d'analyse

Sur un tableur, il faut définir les « lignes » (les composants) et les « colonnes » nécessaires (AMDE ou AMDEC) réparties en quatre grandes familles : analyse fonctionnelle, analyse de défaillance potentielle, estimation de la criticité et mesures à appliquer. Prenons un exemple standard de feuille AMDEC (tableau IV.1).

<table>
<tr><td colspan="10">Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités-AMDEC Moyen de production</td></tr>
<tr><td colspan="10">Atelier : Usinage</td></tr>
<tr><td colspan="6">AMDEC du Moyen :</td><td>AMDEC</td><td colspan="3">Crée-le</td></tr>
<tr><td colspan="7">Code Machine :</td><td colspan="3">Modifiée-le</td></tr>
<tr><td colspan="10">Ensemble : sous system :</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Elément</td><td rowspan="2">Fonction</td><td rowspan="2">Mode de défaillances</td><td rowspan="2">Détection</td><td rowspan="2">Causes</td><td rowspan="2">Effets</td><td colspan="4">Criticité = F*G*D</td><td rowspan="2">Action correctives</td></tr>
<tr><td>F</td><td>G</td><td>D</td><td>C</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Tableau IV.1: Exemple de feuille AMDEC – moyen de production

IV.2.4 Analyse fonctionnelle

- Colonnes 1 et 2

Les colonnes 1 et 2 se déduisent de l'analyse fonctionnelle préliminaire nécessaire à la conception du système. Elles reprennent la liste des sous-ensembles ou des composants du système étudié, avec leurs fonctions associées.

IV.2.5 Analyse des défaillances potentielles

- Colonne 3 : modes de défaillance

Elle se déduit de la colonne 2 par identification des dégradations et des pertes de fonction envisageables.

- Colonne 5 : causes de défaillance

Elle se déduit de la colonne 3 ; à un mode de défaillance peuvent être associées plusieurs causes.

- Colonnes 6 et 7 : effets de la défaillance

Elles se déduisent de la colonne3, les effets étant envisagés localement au niveau du sous-système étudié (colonne 6), et globalement comme conséquences possibles sur la mission du système et sa sécurité (colonne 7).

IV.2.6 Analyse de la criticité de chaque mode de défaillance

- Colonnes 7, 8 et 9
  - **F** est l'indice de fréquence. Il s'évalue à partir des probabilités des causes (colonne 4) par une note estimée de 1 (improbable) à 5 (fréquent). Il est parfois possible de faire correspondre ces indices à des valeurs chiffrées. Par exemple, estimer F en fonction du taux de défaillance λ exprimé en panne/heure suivant le tableau IV.2
  - **G** est l'indice de gravité. Il s'évalue à partir des effets (colonne 6) par une note estimée de 1 (mineur) à 5 (catastrophique). Suivant les systèmes, la gravité « relative » peut s'estimer sur plusieurs critères : sécurité des personnes, des biens, défauts de qualité, perte de disponibilité, pénalisation de la production, etc.
  - **D** est l'indice de détection. Il s'évalue à partir du mode de défaillance (colonne 3) par une note estimée allant de 1 (la dégradation « qui prévient ») à 4 (défaillance soudaine).

	1	**2**	**3**	**4**
Fréquence F	Moins de 1 défaillance par an	1 défaillance minimum par trimestre	1 défaillance par semaine	1 défaillance par jour
Gravité G	Temps d'arrêt inférieur à 3 heures	Temps d'arrêt de 3 à 8 heures	Temps d'arrêt de 8 à 12 heures	Temps d'arrêt Supérieur à 12 heures
Détection D	Détection visuelle	Détection après action de technicien	Détection difficile	Détection impossible

Tableau IV.2: la grille de cotation de la criticité

IV.2.7 Hiérarchisation des problèmes

- Colonne 10 : estimation de I_c indice de criticité

Chaque mode de défaillance identifié sera caractérisé par son indice de criticité :

$$\mathbf{C = G \times F \times D}$$

Dans notre exemple, I_c sera compris entre 1 x 1 x 1 = 1 et 5 x 5 x 4 = 100. L'indice de criticité permet d'établir l'ordre de priorité des actions correctives à entreprendre.

Il tombe sous le sens que pour des défaillances apparaissant critiques (I_c> 75) une remise en cause de la conception est nécessaire. A l'opposé, il est possible de négliger certaines défaillances envisagées, mais qui ne sont ni probables ni graves (I_c< 20). Entre les deux, des mesures correctives doivent être proposées.

Niveau De Criticité	Action corrective à engager
1≤ C < 8 **Criticité négligeable**	Aucune modification de conception Maintenance corrective
8 ≤ C < 16 **Criticité moyenne**	Amélioration des performances dès l'élément Maintenance préventive systématique
16 ≤ C ≤ 24 **Criticité élevée**	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des élément, surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
20 ≤ C ≤ 80 **Criticité interdite**	Remise en cause complète de la conception

Tableau IV.3: Niveau de la criticité

IV.2.8 Propositions d'améliorations

- Colonne 11 : mesures envisagées

Elle est souvent décomposée suivant les rubriques possibles :

- Modifications de conception,
- Moyens de détection ou consignes de surveillance ou inspections périodiques,
- Dispositif de remplacement, reconfiguration, repli,
- Observations, recommandations

Il appartient au groupe de travail de tirer le maximum de préconisations du travail long et fastidieux, mais riche d'enseignements qu'est une AMDEC - moyens de production. [8]

IV.3 Les modes de défaillance génériques

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le tableau 3

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

Tableau IV.4: Modes de défaillance génériques

La figure IV.1 illustre les modes de défaillance générique les plus fréquents en analyse prévisionnelle d'automatisme. [10]

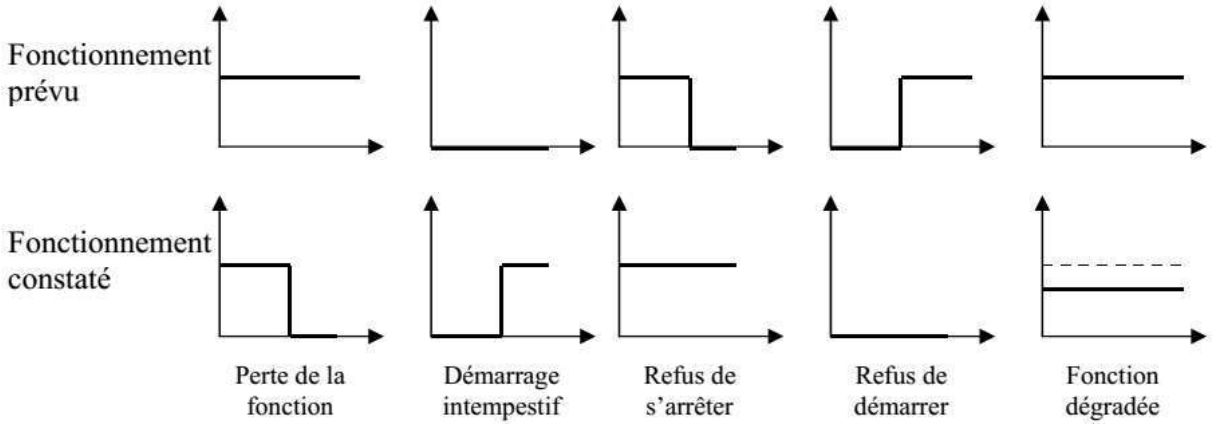


Figure IV. 1: Modes de défaillance générique

IV.4 Autres exploitations possibles de L'AMDEC

IV.4.1 Détecter des causes communes de défaillance

Lorsque nous voyons apparaître dans la colonne 4, face à plusieurs composants, une cause répétitive, il est souvent astucieux de la traiter collectivement, et non ligne par ligne (exemples fréquents : le gel, l'humidité, les vibrations). De plus, ces causes communes peuvent rendre inefficaces les mises en redondance destinées à fiabiliser un système. Il est donc intéressant de les identifier assez tôt pour éviter les « pseudo redondances ».

IV.4.2 Traiter les effets communs par un arbre de défaillance

Lorsque nous voyons apparaître dans la colonne 6, face à plusieurs composants, un effet répétitif, il est conseillé de construire l'arbre de défaillance relatif à cet effet. Prenons l'exemple d'un système de levage : si les analyses du câble, du frein, de l'embrayage, de l'arbre de poulie, etc., montrent un risque de « chute de la charge », alors il faut passer à l'arbre des causes de cette défaillance.

IV.4.3 Mettre en place de la maintenance conditionnelle

Lorsqu'un indice de criticité est de la forme $\mathbf{I_c = G \times F \times D = 5 \times 5 \times 1}$, alors nous sommes devant une défaillance grave et probable, mais détectable : autant de conditions réunies pour la prévenir par la maintenance conditionnelle. [10]

IV.5 Les arbres de défaillances

IV.5.1 Historique et domaine d'application

L'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début

des années 1960 par la compagnie américaine « Bell Téléphone » et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles.

Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'évènements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique, etc.

Elle est aussi utilisée pour analyser a posteriori les causes d'accidents qui se sont produits. Dans ces cas, l'événement redouté final est généralement connu car observé. On parle alors d'analyse par arbre des causes, l'objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l'accident.

IV.5.2 Principe

L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté.

- Les évènements de base correspondent généralement à des :
- Évènements élémentaires qui sont suffisamment connus et décrits par ailleurs pour qu'il ne soit pas utile d'en rechercher les causes. Ainsi, leur probabilité d'occurrence est également connue.
- Évènements ne pouvant être considérés comme élémentaires mais dont les causes ne seront pas développées faute d'intérêt,
- Évènements dont les causes seront développées ultérieurement au gré d'une nouvelle analyse par exemple,
- Évènements survenant normalement et de manière récurrente dans le fonctionnement du procédé ou de l'installation.

Quelle que soit la nature des éléments de base identifiés, l'analyse par arbre des défaillances est fondée sur les principes suivants :

- Ces évènements sont indépendants,

- Ils ne seront pas décomposés en éléments plus simples faute de renseignements, d'intérêt ou bien parce que cela est impossible,
- Leur fréquence ou leur probabilité d'occurrence peut être évaluée.

Ainsi, l'analyse par arbre des défaillances permet d'identifier les successions et les combinaisons d'évènements qui conduisent des évènements de base jusqu'à l'événement indésirable retenu.

Les liens entre les différents évènements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques de type « ET » et « OU » par exemple.

			
ET	OU	INHIBITION	OU EXCLUSIF

Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente.

A l'aide de règles mathématiques et statistiques, il est alors théoriquement possible d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement final à partir des probabilités des évènements de base identifiés. L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

- Définition de l'événement redouté étudié,
- Elaboration de l'arbre,
- Exploitation de l'arbre.

Il convient d'ajouter à ces étapes, une étape préliminaire de connaissance du système. Cette dernière est primordiale pour mener l'analyse et nécessite le plus souvent une connaissance préalable des risques.

IV.5.3 Définition de l'événement redoute

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

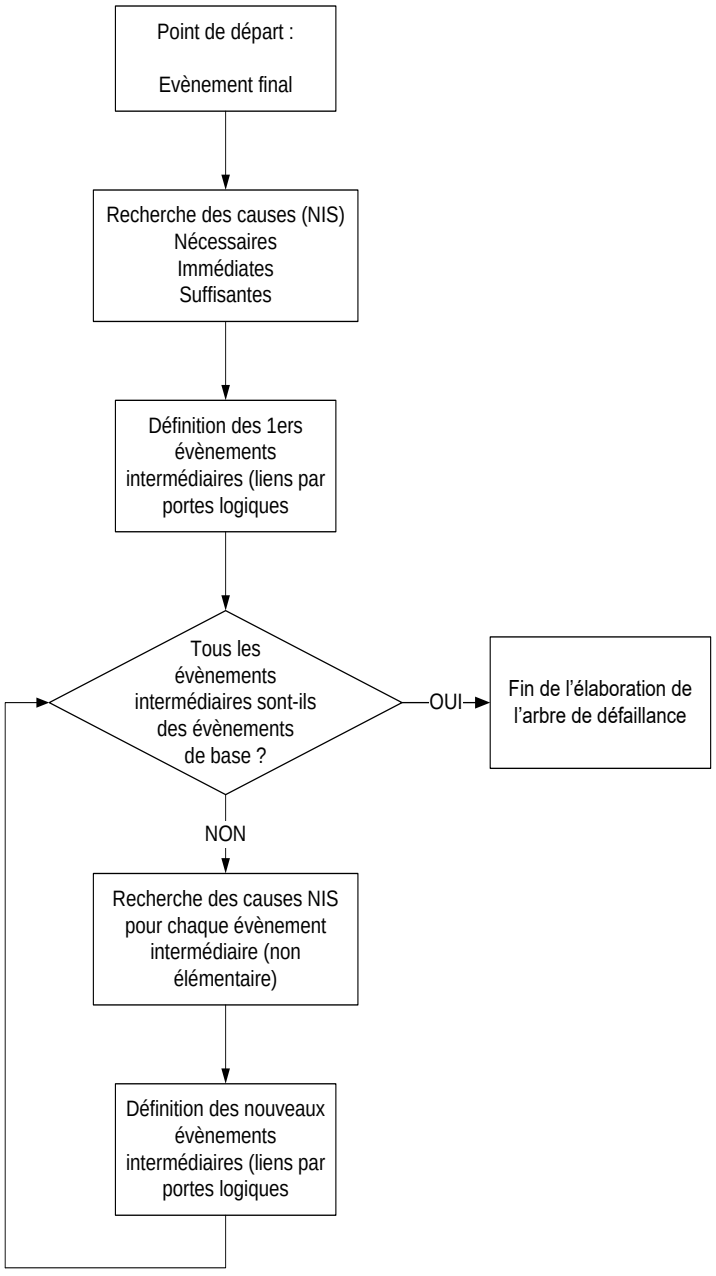
Par ailleurs, s'agissant d'une méthode qui peut se révéler rapidement lourde à mener, elle doit être réservée à des évènements jugés particulièrement critiques. En ce sens, l'utilisation

préalable de méthodes inductives (AMDEC ou HAZOP, permet d'identifier les évènements qui méritent d'être retenus pour une analyse par arbre des défaillances.

De manière classique, les évènements considérés peuvent concerner le rejet à l'atmosphère de produits toxiques ou inflammables, le risque d'incendie, le risque d'explosion, etc.

IV.5.4 Élaboration de l'arbre

La construction de l'arbre des défaillances vise à déterminer les enchaînements d'évènements pouvant conduire à l'événement final retenu. Cette analyse se termine lorsque toutes les causes potentielles correspondent à des évènements élémentaires. L'élaboration de l'arbre des défaillances suit le déroulement ci-contre.



La recherche systématique des causes immédiates, nécessaires et suffisantes (INS) est donc à la base de la construction de l'arbre.

Il s'agit probablement de l'étape la plus délicate et il est souvent utile de procéder à cette construction au sein d'un groupe de travail pluridisciplinaire.

De plus, la mise en œuvre préalable d'autres méthodes d'analyse des risques de type inductif facilite grandement la recherche des

défaillances pour l'élaboration de
l'arbre.

Afin de sélectionner les évènements intermédiaires, il est indispensable de procéder pas à pas en prenant garde à bien identifier les causes directes et immédiates de l'événement considéré et se poser la question de savoir si ces causes sont bien nécessaires et suffisantes. Faute de quoi, l'arbre obtenu pourra être partiellement incomplet voire erroné.

Enfin, il est nécessaire de respecter certaines règles supplémentaires à observer durant la construction de l'arbre à savoir vérifier que le système est cohérent, c'est-à-dire que :

- La défaillance de tous ses composants entraîne la défaillance du système,
- Le bon fonctionnement de tous ses composants entraîne le bon fonctionnement du système,
- Lorsque le système est en panne, le fait de considérer une nouvelle défaillance ne rétablit pas le fonctionnement du système,
- Lorsque le système fonctionne correctement, la suppression d'une défaillance ne provoque pas la défaillance du système. Il peut en effet arriver qu'une défaillance survenant sur un composant annule les effets d'une défaillance antérieure et permet ainsi le fonctionnement du système. Dans un tel cas de figure (système non cohérent), le deuxième composant doit être supposé, dans l'analyse, en fonctionnement lorsque la première défaillance survient.
- S'assurer que tous les évènements d'entrée d'une porte logique ont bien été identifiés avant d'analyser leurs causes respectives et éviter de connecter directement deux portes logiques,
- Ne sélectionner que les causes antérieures à l'existence de l'événement considéré.

IV.5.5 Exploitation de l'arbre

IV.5.5.1 Coupes minimales : Réduction de l'arbre

Une coupe minimale représente la plus petite combinaison d'évènements pouvant conduire à l'événement indésirable ou redouté. On parle parfois également de « chemin critique ». La recherche des coupes minimales est effectuée à partir des règles de l'algèbre de BOOLE en considérant que :

- À chaque événement de base correspond une variable booléenne,

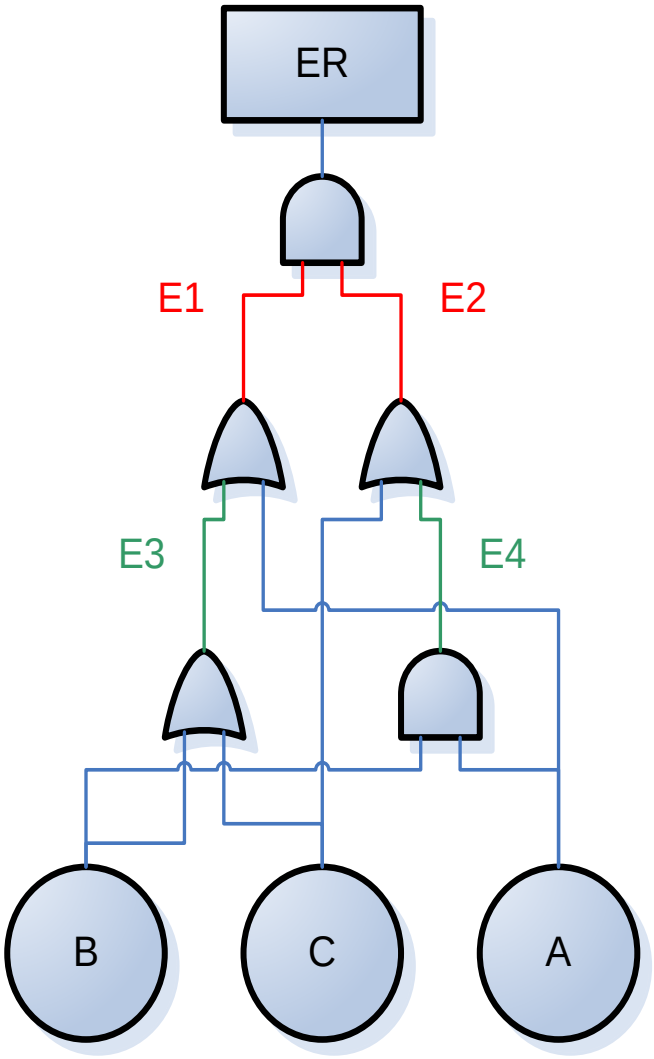
- L'événement de sortie d'une porte « ET » est associé au produit des variables booléennes correspondant aux évènements d'entrée,
- L'événement de sortie d'une porte « OU » est associé à la somme des variables booléennes correspondant aux évènements d'entrée,

Quelques-unes des principales règles de l'algèbre de BOOLE sont résumées dans le tableau suivant :

Complémentarité :	$a+\overline{a}=1\,,\qquad a\cdot\overline{a}=0\,,$	$\overline{\overline{a}}=a$
Idempotence :	$a+a+a+\cdots=a\,,$	$a\cdot a\cdot a\cdots=a$
Éléments neutres :	$a+0=a\,,$	$a\cdot 1=a$
Éléments absorbants :	$a+1=1\,,$	$a\cdot 0=0$
Commutativité :	$a+b=b+a\,,$	$a\cdot b=b\cdot a$
Associativité :	$(a+b)+c=a+(b+c)=a+b+c\,,$	$(a\cdot b)\cdot c=a\cdot(b\cdot c)=a\cdot b\cdot c$
Distributivité :	$(a+b)\cdot c=(a\cdot c)+(b\cdot c)\,,$	$(a\cdot b)+c=(a+c)\cdot(b+c)$
Théorème d'absorption (1) :	$a+(a\cdot b)=a\,,$	$a\cdot(a+b)=a$
Théorème d'absorption (2) :	$a\cdot\overline{b}+b=a+b\,,$	$(a+\overline{b})\cdot b=a\cdot b$
Théorème d'adjacence :	$(a+\overline{b})\cdot(a+b)=a\,,$	$a\cdot\overline{b}+a\cdot b=a$

Exemples :

Ainsi, dans l'exemple ci-contre, la recherche des coupes minimales peut s'effectuer comme suit :



ER = E1 & E2

E1 = A + E3

E3 = B + C

E2 = C + E4

E4 = A & B

ER = (A+B+C) & (C+(A & B))

ER = A&C + A&B + B&C + A&B + C +A&B&C

Or, A&C + C = C et A&B + A&B&C = A&B (par absorption)

ER = C + A&B + B&C + A&B

De plus, A&B + A&B = A&B (Idempotence)

C + B&C = C (Absorption)

➔ **ER = C + A&B**

Ainsi, l'événement C seul ou la combinaison des évènements A&B conduisent à l'événement redouté. Il n'existe pas de combinaison plus petite conduisant à cet événement. L'arbre présenté en

exemple admet donc deux coupes minimales : C ainsi que A&B.

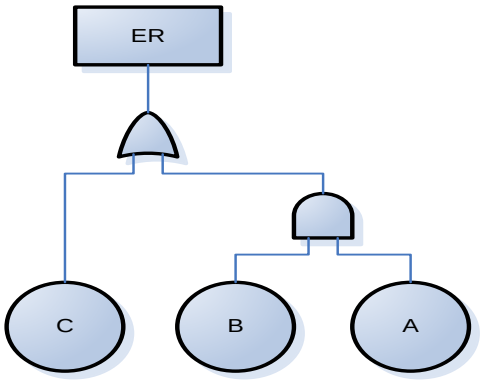
L'ordre d'une coupe est alors défini comme le nombre d'évènements combinés qui figurent dans cette coupe.

Finalement, cet arbre comporte :

- Une coupe minimale d'ordre 1 : C,
- Une coupe minimale d'ordre 2 : A.B.

L'arbre représentant ces coupes minimales est appelé « arbre réduit ».

Pour l'exemple précédent, l'arbre réduit est le suivant.



La recherche des coupes minimales peut s'avérer fastidieuse pour des arbres de taille importante. Certains outils informatiques permettent heureusement d'automatiser cette démarche. Ces outils démontrent toute leur utilité pour la réduction d'arbres complexes. Leur utilisation ne doit cependant pas faire oublier que la définition précise de l'événement final constitue la première étape en vue de limiter la complexité de l'arbre des défaillances.

IV.5.5.2 Exploitation qualitative de l'arbre des défaillances

L'exploitation qualitative de l'arbre vise à examiner dans quelle proportion une défaillance correspondant à un événement de base peut se propager dans l'enchaînement des causes jusqu'à l'évènement final.

Pour cela, tous les évènements de base sont supposés équiprobables et on étudie le cheminement à travers les portes logiques d'événement ou de combinaisons d'évènements jusqu'à l'événement final.

De manière intuitive, une défaillance se propageant à travers le système en ne rencontrant que des portes « OU » est susceptible de conduire très rapidement à l'événement final. A l'inverse, un cheminement s'opérant exclusivement à travers des portes « ET » indique que l'occurrence de l'évènement final à partir de l'événement ou la combinaison d'évènements de base est moins probable et démontre ainsi une meilleure prévention de l'événement final.

La définition des coupes minimales permet d'accéder directement aux évènements et combinaisons d'évènements les plus critiques pour le système considéré. Ainsi, plus l'ordre d'une coupe minimale est petit, plus l'occurrence de l'événement final suivant ce chemin critique peut paraître probable.

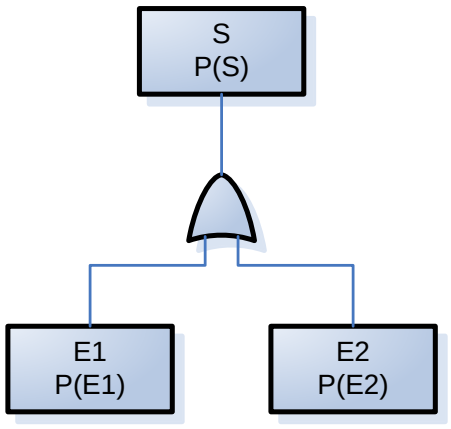
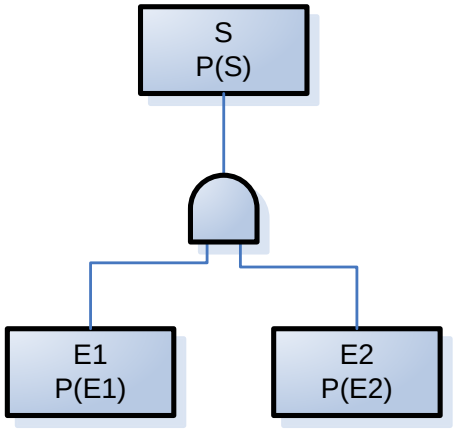
Un moyen de prévenir les évènements indésirables ou redoutés vise à modifier l'arbre des défaillances en vue d'obtenir des coupes minimales d'ordre le plus élevé possible, par l'introduction de portes « ET » par exemple. Cette approche qualitative repose néanmoins sur l'hypothèse relativement forte que les évènements de base sont équiprobables. Il peut cependant arriver qu'une coupe minimale d'ordre 1 corresponde à un événement extrêmement peu probable alors qu'une coupe minimale d'ordre supérieur peut correspondre à des combinaisons d'évènements très probables.

IV.5.5.3 Exploitation quantitative de l'arbre de défaillances

L'exploitation quantitative de l'arbre des défaillances vise à estimer, à partir des probabilités d'occurrence des évènements de base, la probabilité d'occurrence de l'événement final ainsi que des évènements intermédiaires. Il ne s'agit pas d'une démarche qui permet d'accéder avec exactitude à la probabilité de chaque évènement. Elle doit être mise en œuvre dans l'optique de hiérarchiser les différentes causes possibles et de concentrer les efforts en matière de prévention sur les causes les plus vraisemblables. En pratique, il est souvent difficile d'obtenir des valeurs précises de probabilités des évènements de base. En vue de les estimer, il est possible de faire appel à : Des bases de données,

- Des jugements d'experts,
- Des essais lorsque cela est possible,
- Au retour d'expérience sur l'installation ou des installations analogues.

À partir des probabilités des évènements de base, il s'agit de remonter dans l'arbre des défaillances en appliquant les règles suivantes.

Porte OU	***Porte ET***
	
P(S) = P(E1) + P(E2) – P(E1)xP(E2) ***(Théorème de POINCARRE)***	***P(S) = P(E1) x P(E2)***

À titre d'exemple, on peut appliquer cette démarche à l'arbre réduit précédent, en supposant les probabilités des évènements de base connues :

- P(A) = 10-3,
- P(B) = 10-2
- P(C) = 10-6.
- P(ER) = P(A) x P(B) + P(C) + P(A) x P(B) x P(C) = 1,1x10-5.

Cette exploitation quantitative de l'arbre, au même titre que son exploitation qualitative, ne peut être effectuée qu'à partir d'un arbre réduit.

Les logiciels informatiques développés depuis une dizaine d'années permettent de déterminer automatiquement les probabilités tout au long de l'arbre.

L'examen des probabilités des évènements intermédiaires conduisant à l'événement final permet de hiérarchiser les priorités de modifications du système en identifiant les causes les plus probables d'un événement indésirable ou final.

La réduction de la probabilité de cet événement final peut alors être envisagée de plusieurs manières :

- En supprimant ou réduisant la probabilité d'occurrence des évènements de base,
- En améliorant la fiabilité du système par l'ajout de portes « ET » entre l'événement final et les évènements de base. Les portes « ET » placées au plus proche de l'événement

final permettent de traiter un maximum de coupes minimales et le cas échéant, de traiter certaines causes qui n'auraient pas été envisagées.

IV.5.6 Limites et avantages

Le principal avantage de l'analyse par arbre des défaillances est qu'elle permet de considérer des combinaisons d'évènements pouvant conduire à un événement redouté.

Cette possibilité permet une bonne adéquation avec l'analyse d'accidents passés qui montre que les accidents majeurs observés résultent le plus souvent de la conjonction de plusieurs évènements qui seuls n'auraient pu entraîner de tels sinistres.

Par ailleurs, en visant à l'estimation des probabilités d'occurrence des évènements conduisant à l'événement final, elle permet de disposer de critères pour déterminer les priorités pour la prévention d'accidents potentiels.

L'analyse par arbre des défaillances porte sur un événement particulier et son application à tout un système peut s'avérer fastidieuse. En ce sens, il est conseillé de mettre en œuvre au préalable des méthodes inductives d'analyse des risques. Ces outils permettent d'une part d'identifier les évènements les plus graves qui pourront faire l'objet d'une analyse par arbre des défaillances et d'autre part, de faciliter la détermination des causes immédiates, nécessaires et suffisantes au niveau de l'élaboration de l'arbre.

Depuis une dizaine d'années, des logiciels informatiques sont commercialisés afin de rendre plus aisée l'application de l'arbre des défaillances. Ces outils se montrent très utiles pour la recherche des coupes minimales, la détermination des probabilités ainsi que pour la présentation graphique des résultats sous forme arborescente. [9]

IV.6 Conclusion

D'après nos recherches, on a constaté qu'avec toutes ces méthodes d'analyse des défaillances, on peut maitriser parfaitement la défaillance d'un équipement. Toutes ces méthodes ont le même objectif, c'est-à-dire définir la panne, ses causes et ses effets.

Parmi ces méthodes, L'AMDEC est la plus utilisée, car elle peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit, dans le but d'éliminer le plus en amont possible les causes des défauts potentiels. Donc c'est un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences.

Le but de notre projet est l'application de cette méthode (AMDEC) sur la turbine à gaz.

Chapitre V : Application de l'outil AMDEC sur turbine SIEMENS V94.3A

V.1 Introduction

L'AMDEC machin a pour objectifs l'analyse de conception ou /et de l'exploitation d'un moyen ou equipment de production ou améliorer la disponibilité et la sécurité de celui-ci L'AMDEC machine trouve deux cas d'application.

AMDEC prévisionnelle

En phase de conception pour vérifier certains point particuliers (élément nouveau, spécifique ou complexe) dont en connaient mal le comportement, elle permet l'amélioration de la conception.

AMDEC opérationnel

En période d'exploitation pour améliorer le comportement d'un matériel critique, pour mettre au point un plan de maintenance.

V.2 Initialisation de l'étude

La préparation de l'analyse doit permettre de cerner le périmètre de l'étude et de déterminer les objectifs associés à l'analyse.

Dans notre cas :

- Le système à étudier est une Turbine à gaz SIEMENS V94. 3A, elle est destinée à produire de l'énergie électrique
- Définition de la phase de fonctionnement :

La phase de fonctionnement de la machine pour laquelle l'étude sera menée. Pratiquement, l'analyse AMDEC dans la phase de travail la plus pénalisante est les phases que peuvent avoir de l'importance, que ne doivent pas être négligés.

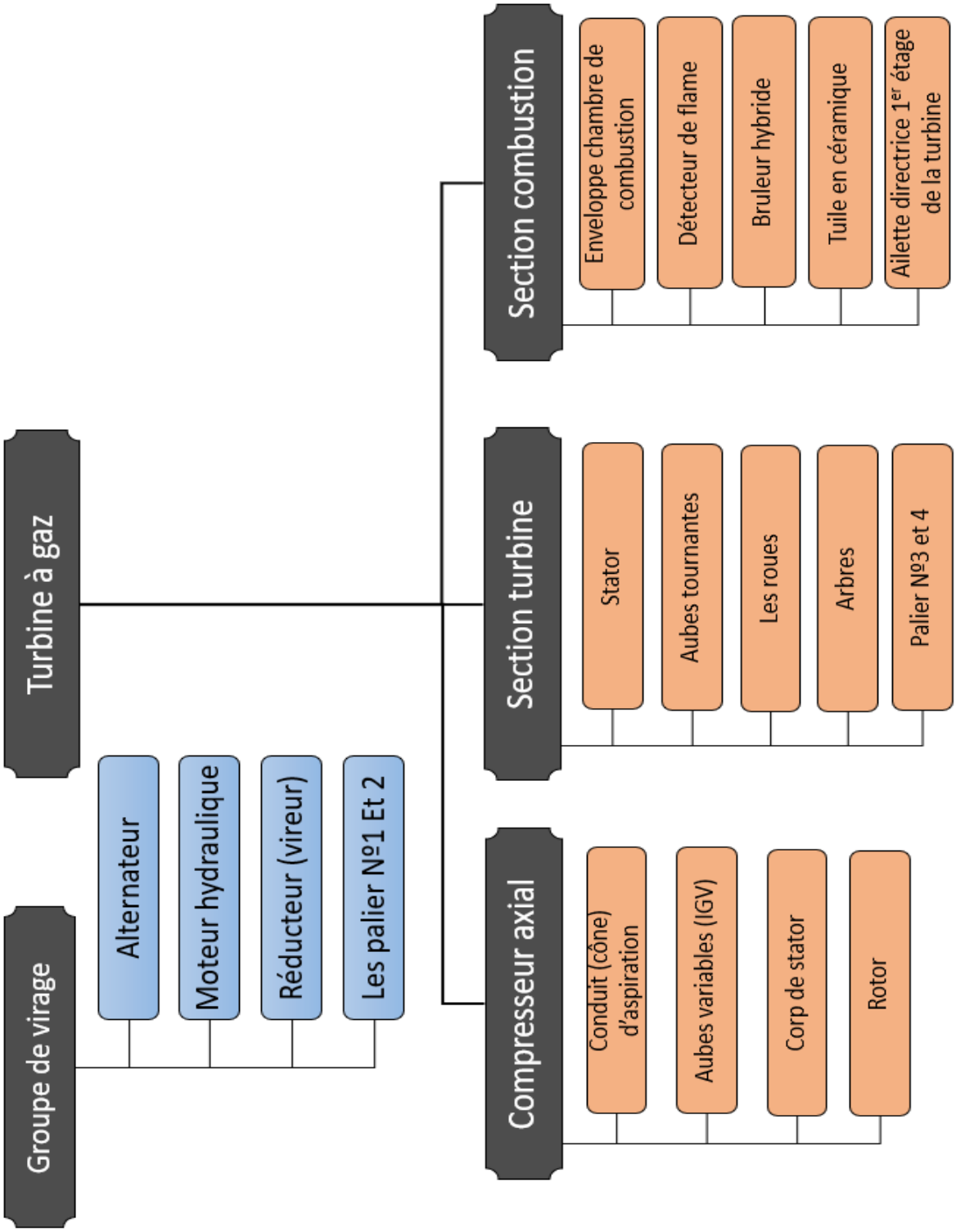
Nos objectifs sont :

L'étude AMDEC que nous avons effectuée et centrée sur des objectives qui sont :

- ✓ L'identification des causes de dysfonctionnement et la détermination d'actions correctives visant à éradiquer les dysfonctionnements connus.
- ✓ Elaborer et suivre un plan de maintenance.
- ✓ Définir les points les plus critiques pour la turbine à gaz
- ✓ Disponibilité
    - Ce groupe est constitué de deux étudiants en collaboration avec deux ingénieurs de maintenance mécanique.

V.3 Analyse fonctionnelle du système

V.3.1 Décomposition de la turbine en sous ensemble



V.3.2 Décomposition de système auxiliaire :



V.4 Analyse AMDEC

Cette partie consiste à remplir les tableaux AMDEC, en suivant les instructions dues nous avons citées dans le chapitre IV.

V.2.1 Application de la méthode AMDEC sur le Système huile de graissage

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine : 11/12MBV						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system : **Système huile de graissage**					
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Moteur de pompe de graissage	-pour le fonctionnement de la pompe de graissage	-Court-circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarre pas	- visuelle - mesure de vibration - bruit a normal	-vieillissement -Usure des Roulements -mauvais connexion -mauvais isolation	Arrêt de circuit de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -rebobinage -contrôle des connexions -renforcement des isolations
Pompe de graissage principale / auxiliaire	-pour le graissage de la turbine	-vibration -perte hydraulique interne -usure de la roux centrifuge	-mesure de vibration -bruit a normal -défaut de paramètre hydraulique (débit et pression)	-Usure des roulements -Usure la roue centrifuge	-Mauvais graissage -arrêt de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -changement de roue centrifuge

Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Moteur de pompe de graissage de secours (CC)	-pour le fonctionnement de la pompe de graissage	-Court-circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarre pas	- visuelle - mesure de vibration - bruit a normal	-vieillissement -Usure des Roulements -mauvais connexion -mauvais isolation	Arrêt de circuit de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -contrôle des connexions -renforcement des isolations
Pompe de graissage de secours	-pour le graissage de la turbine	-vibration -perte hydraulique interne -usure de la roux centrifuge	-mesure de vibration -bruit a normal -défaut de paramètre hydraulique (débit et pression)	-Usure des roulements -Usure la roue centrifuge	-Mauvais graissage -arrêt de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -changement de roue centrifuge
Moteur de pompe de soulèvement	-pour le fonctionnement de la pompe de graissage	-Court-circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarré pas	- visuelle - mesure de vibration - bruit a normal	-vieillissement -Usure des Roulements -mauvais connexion -mauvais isolation	Arrêt de circuit de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -contrôle des connexions -renforcement des isolations

Pompe de soulèvement	-pour le graissage de la turbine	-vibration -perte hydraulique interne -usure de la roux centrifuge	-mesure de vibration -bruit a normal - Défauts de paramètre hydraulique (débit et pression)	-Usure des roulements -Usure la roue centrifuge	-Mauvais graissage -arrêt de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -changement de roue centrifuge
Ventilateur de refroidissement	-pour le refroidissement de huile de graissage	-Court-circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarre pas	- visuelle - mesure de vibration - bruit a normal	-vieillissement -Usure des Roulements -mauvais connexion -mauvais isolation	Arrêt de circuit de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -contrôle des connexions -renforcement des isolations
Echangeur thermique	Maintenir la température Du fluide pour le refroidissement d'huile (de 40 à 70 °c)	-Mauvais refroidissement -fuite	Visuelle avec Des manomètres de température	-Vieillissement	Mauvais Refroidissement	1	4	1	4	-nettoyage d'échangeur -soudage des endroits présentent la fuite
Extracteur de vapeur d'huile	-pour le fonctionnement de la pompe de graissage	-Court-circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarre pas	- visuelle - mesure de vibration - bruit a normal	-vieillissement -Usure des Roulements -mauvais connexion -mauvais isolation	Arrêt de circuit de graissage	1	4	2	8	-changement des roulements -contrôle des connexions -renforcement des isolations
Filtre d'extracteur de vapeur	Séparation d'huile et l'air	Colmatage	vacuomètre de pression déférentiel	Après durée d'extraction	Manque de extraction de vapeur (risque incendie)	1	2	2	4	-changement des filtres

Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Réservoir d'huile	Réservoir du lubrifiant	-Oxydation - Disfonctionnement des Capteurs de niveau	Visuelle	-Fatigue -Huile dégradé	-Fuite -Mauvaise lubrification	1	3	1	3	-penture -changement des joints -réparation des capteurs des niveau
Filtre huile de graissage	Assure la filtration d'Huile de graissage (Obstacle pour les particules)	-Colmatage -Mauvais filtrage	Indicateur de colmatage	-Lubrifiant contenant des inpertie	Disfonctionnement de tout le circuit graissage	1	2	1	2	-changement des filtres
Filtre huile de soulèvement	Assure la filtration d'Huile de graissage (Obstacle pour les particules)	-Colmatage -Mauvais filtrage	Indicateur de colmatage	-Lubrifiant contenant des impuretés	Disfonctionnement de tout le circuit graissage	1	1	1	1	-changement des filtres
Tuyauterie d'huile de graissage	Conduire l'huile de graissage de la pompe jusqu'à les pallies	-Fissure -mauvais serrage des brides -usure de joints	Fuite	- Vieillissement -mauvais contrôle	Disfonctionnement de Sercuit de graissage	1	3	1	3	-application des pentures -Serrage de la visserie des raccordement (bride) -changement des joints

V.2.2 Application de la méthode AMDEC sur le Système commande hydraulique

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine : 11/12MBX02						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system : **Système commande hydraulique**					
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Pompe hydraulique	Assure le refoulement a haute pression d'huile de commande hydraulique	-Pas de débit -Débit insuffisant -pression insuffisante	-paramètre non conforme -Bruit anormale	-Rupture interne/blocage -usure des dents du système d'engrainage -Défauts des joints d'étanchéité -usure d'accouplement	-défaillance du sercuit de commande hydraulique -arrêt de la turbine	1	4	1	4	-réparation de la pompe -changement d'accouplement -changement des paliers -changement des joints
Moteur de pompe hydraulique	-pour la fonctionnement de la pompe hydraulique	-Court circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarre pas	- paramètre non atain -bruit a normal - vibration	-vieillissement -Usure des Roulements -mauvais contact des connexions	- défaillance du sercuit de commande hydraulique -arrêt de la turbine	1	3	2	6	-changement des roulement -contrôle des connexion -renforcement des isolations

Filtre huile hydraulique	Assure la propreté du huile de commande hydraulique (filtration des particules)	-Colmatage -fuite	- indicateur de colmatage	-Lubrifiant non conforme(température est impurtie) -Fuite	Disfonctionnement de tout le circuit hydraulique	1	2	1	2	-changement des filtres -changement des joints de filtre
Filtre huile de retour	Filtration d'huile hydraulique de retour	-colmatage	-indicateur de colmatage	-Lubrifiant non conforme(température est impurtie -Fuite	Disfonctionnement de tout le circuit hydraulique	1	1	1	1	-changement des filtres

V.2.3 Application de la méthode AMDEC sur le Système commande pneumatique

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine : 11/12MBX21						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system : **Système de commande pneumatique**					
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Compresseur a piston	Assure le refoulement a haute pression d'air de commande pneumatique	-usure des Roulements -usure des segment (piston)	- bruit a normal	- usure des roulements - usure des pistons	-défaillance du sercuit de commande pneumatique -arrêt de la turbine	1	4	2	8	-changement des roulements -changement des pistons -changement des segments

V.2.4 Application de la méthode AMDEC sur le Système alimentation de combustible liquide

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :			AMDEC		Crée-le					
Code Machine : 11/12MBN					Modifiée-le					
Ensemble :				Sous system : **Système alimentation de combustible liquide**						
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Pompe d'injection gasoil	Assure-le refoulement à haute pression d'gasoil pour alimentation et fonctionnement de la turbine	-Pas de débit -Débit insuffisant -pression insuffisante -vibration -Défaut des paramètres -fuite au niveau des garniture	-transmetteur de pression -transmetteur de température -mesure de vibration	-usure des roulements -manque de lubrification des palies	-défaillance du sercuit d'injection du gasoil -arrêt de la turbine	1	4	2	8	-changement des roulements -appoint d'huile
Vanne de secours	Fermeture de circuit d'injection gasoil pour l'alimentation de la turbine	-fuite externe -blocage -mauvaise fermeture (fuite interne)	-contrôle visuel -manomètre	-usure des joints -Usure des joints des bride -usure d'axe	-panne au niveau de circuit d'alimentation turbine	1	4	2	8	-changement des joints -changement des pièces usées -étalonnage de la partie commende

Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Vanne de régulation	Réglage de débit et pression du circuit d'injection	-fuite externe -blocage -mauvaise fermeture (fuite interne)	-contrôle visuel -manomètre	-usure des joints -Usure des joints des bride -usure d'axe	-panne au niveau de circuit d'alimentation turbine	1	4	2	8	-changement des joints -changement des pièces usées -étalonnage de la partie commende
Pompe d'égoutture	Assure-le Vidage de réservoir de drainage gasoil	-Pas de débit -Débit insuffisant -pression insuffisante	-paramètre non conforme -Bruit a normale	-Rupture interne/blocage -usure des roux centre fige -Défauts des joints D'étanchéité -usure d'accouplement	-débordement des réservoirs de drainage (risque incendie)	1	2	2	4	-changement des joints -changement des pièces usées de la roux centre fige -changement d'accouplement
Filtres gasoil	Assure la filtration d'gasoil pour alimentation de la turbine (Obstacle pour les particules)	-Colmatage -Mauvais filtrage	Indicateur de colmatage	-Lubrifiant contenant des impuretés	Disfonctionnement de tout le circuit injection gasoil	1	2	1	2	-changement des filtres -changement des joints de filtre
Réservoir de drainage	Assure la rétention de gasoil après drainage de la Tuyauterie	-Oxydation -Disfonctionnement d'indicateur de niveau	Visuelle	- manqué de penture - usure de l'indicateur de niveau	-débridement des réservoirs de drainage (risque incendie)	1	2	1	2	-application de penture -réparation des indicateurs de niveau

V.2.5 Application de la méthode AMDEC sur le Système air alimentation turbine

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine : 11/12MBL10/30						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system :	**Système air alimentation turbine**				
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Compresseur à vis	Nettoyage des filtres d'admission d'air	-usure des parties interne	-bruit a normal -paramètre non atteint	-durée de vie limitée	-colmatage des filtres -arrêt de turbine	2	4	2	16	-révision des partie interne : -vis (contrôle d'ajustement et état de surface) -remplacement des roulements -remplacement des joints -clapet anti retour -Séparateur d'huile -Vanne thermostatique
Filtres à impulsion	Filtration d'air d'admission turbine	-colmatage des filtres	-indicateur de Δ_p	- durée de vie -poussière dans l'air -humidité	-colmatage des filtres -arrêt de turbine	1	4	1	4	-changement des filtres

V.2.6 Application de la méthode AMDEC sur le Système d'alimentation gaz

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :			AMDEC		Crée-le					
Code Machine : 11/12MBP					Modifiée-le					
Ensemble :				Sous system : **Système d'alimentation gaz**						
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Vanne de secours	Arrêt d'urgence de turbine	-fuite sur l'axe -usure des partie interne (Joint/piston/axe)	-détecteur de gaz -fermeture de vanne non étanche	-vieillissement -durée de vie	-problème durant l'arrêt de la turbine	1	4	2	8	-changement des pièce interne -changement des joints -étalonnage de la partie commende
Vanne de régulation	Ajustement de flux du gaz pour alimentation de la turbine	- fuite sur l'axe - usure des partie interne (Joint/piston/axe)	-ajustement du flux non précis	-vieillissement -durée de vie	-durent le fonctionnement de la turbine	1	4	2	8	-changement des pièce interne -changement des joints -étalonnage de la partie commende
Filtre	Filtration du gaz d'alimentation de turbine	-colmatage des filtres	-indicateur de Δ_p	-impureté dans le gaz	-colmatage des filtres -arrêt de turbine	1	3	1	3	-nettoyage du filtre

V.2.7 Application de la méthode AMDEC sur le Groupe de virage

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine :						Modifiée-le				
Ensemble :				Sous system : **Groupe de virage**						
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Moteur hydraulique (vireur)	Transmettre la puissance de la turbine réducteur	- Rupture - Echauffement	-Visuel	- Desserrage des vis D'assemblage - Surcharge - Fatigue - Désalignement	- mauvaise transmission - usure des paliers - usure des dents d'engrenages -Dégradation de fonctionnement de compresseur -vibration	1	4	1	4	- Réalignement - Serrage de système de fixation
Réducteur (vireur)	Multiplier et réduire le couple transmis et reçue	-Détérioration de dents - Endommagement des roulements	-Echauffement -Bruit -T3000	- Manque de lubrifiant - Fatigue - vibration	- Vibrations - Mauvais fonctionnement	2	4	3	24	-Changement des engrenages -Changement des roulements -Assurer une bonne lubrification

V.2.8 Application de la méthode AMDEC sur le Compresseur axial

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine :						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system : **Compresseur axial**					
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Rotor	Assurer le mouvement de rotation et comprimer l'air	- Usure - Rupture	- T3000	- Fatigue - Mauvais graissage	- Arrêt de compresseur	1	4	4	16	- Vérifier le système de graissage - Vérifier le rotor
Aubes du rotor	Assurer la force nécessaire pour comprimer l'air	- Corrosion - Erosion	- Faible débit d'air - T3000	- Mauvaise filtration d'air (Entraînés des corps étrangers)	- Vibration - Détériorations des aubes	2	4	4	32	- Redressement - Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes

Stator	Former la structure externe principale et supporter le rotor à l'endroit des paliers	- Déformation - Usure	- Bruit - T3000	- Fatigue	- Arrêt de compresseur	1	4	4	16	- Redressement - Vérifier le stator
Aubes du stator	Guider l'air pour pénétrer dans les étages successif du compresseur axial	- Déformation - Corrosion - Erosion	- Bruit - T3000	- Mauvaise filtration d'air	- Vibration - Détériorations des aubes	1	4	4	16	- Redressement - Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes
Conduit (cône) D'aspiration	Diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur	- usure - Fissure - arrachement de penture	- Faible débit d'air	- Corrosion	- Mauvaise filtration d'air	1	4	3	12	- Nettoyage ou changement de filtre - Changer les Corps admission
Aubes variables (IGV)	Permettre à la turbine d'accélérer rapidement et en douceur, cela avec des débits d'air variables	- Corrosion - Erosion	- T3000	- Mauvaise filtration d'air - Mauvais fonctionnement de système hydraulique	- Pompage de compresseur	1	4	3	12	- Nettoyage ou changement de filtre -Vérifier le système à l'huile hydraulique

Cylindre (enveloppe) Externe du compresseur	La continuation de corps du compresseur	- Déformation	- Bruit - T3000	- Pompage de compresseur	- Mauvais fonctionnement	1	2	3	6	- Vérifier le système de graissage - Changer le cylinder
Corp de stator (intérieur)	Entoure le rotor du compresseur	- Usure - Rupture	- Bruit - T3000	- Fatigue - Frottement	- Vibration	1	2	4	8	- Vérifier le système de graissage - Changer le cylinder
Les paliers Nº 1 et 2 de générateur	Soutienne le rotor du générateur et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Bruit - T3000	- Fatigue - Mauvais alignement - Mauvais graissage	- Vibration -Echauffement - Blocage de rotor	3	3	3	27	- Vérifier le système de graissage - Changement des paliers et Contrôler la qualité des nouveaux paliers.

V.2.9 Application de la méthode AMDEC sur le Section combustion

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine :						Modifiée-le				
Ensemble :				Sous system : **Section combustion**						
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Enveloppe Chambre de combustion	Renfermer les chambres de combustion + la pièce de transition et transférer l'air de refoulement	- Déformation - Usure	- Thermocouple - T3000	- Echauffement local - Fatigue	- Mauvaise combustion	1	2	4	8	- Redressement - Changer l'enveloppe de combustion
Chambre de combustion	Renfermer la chambre de combustion	- Gonflage - Distorsion	- Faible débit au refoulement	Air brûlée ou surchauffée	Mauvais combustion	1	4	4	16	- Changer la chemise

Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Bougie d'allumage	Déclencher la combustion du mélange (fuel gaz +l'air de compresseur axial)	- Grippage - Eraillure	- T3000	-Echauffement local	- Pas de combustion	1	4	3	12	- Nettoyage ou changement bougie d'allumage.
Joint d'étanchéité (bruleur)	Assurer l'étanchéité	- Usure	- Fuite de gaz - T3000	- Fatigue	Echauffement	2	4	3	24	- Changement des joints
Détecteur de flamme	Envoyer l'indication de présence ou absence de flamme au système de commande	- Défectueux	- T3000	- Chocs - Vibrations - Echauffement local	La turbine ne démarre pas	1	3	4	12	- Changer le détecteur de flamme
Tubes a flamme	Relier les 24 chambre de combustion et permette la propagation de la flamme	- Flambage - Usure	- Thermocouple - T3000	- Echauffement - Corrosion - Fatigue	- Mauvaise combustion	2	4	4	32	- Changer les tubes a flamme

Bruleur hybride	Emettre une quantité mesurée de fuel gaz dans la chemise de combustion	- Grippage - Usure	- Fuite de gaz	- Fatigue - Echauffement local	Mauvaise combustion	1	4	3	12	- Traitement de la tige - Remplacement l'injecteur de combustible
Tuiles en céramique	Enveloppe et protège la chambre de combustion et permette la propagation de la flamme	- fissure - érosion - cassure	- détecteur de particule volants (FODS)	- surchauffe -vrombissement - vibration - Fatigue	-Fusion du métal - détachement des tuiles - détérioration des ailettes de la turbine -arrêt de la turbine	1	4	3	12	-Changement des tuiles en céramique (révision annuelle de la chambre de combustion) -inspection mineure
Ailette directrice 1ér étage de turbine	Transformer les gaz chauds à la directrice de 1ér étage (roue)	- Fissures - fusion - érosion	- contrôle visuel	- fatigue - surchauffe - mauvais revêtement	- Echauffement local - Réduction de la charge turbine	2	3	3	18	- Changement la pièce Durant la révision majeure - amélioration de revêtement
Support de fixation	Fixation de tube de flamme	- usure - Déformation	- bruit	- Fatigue - Echauffement	Mauvaise combustion	1	1	3	3	- Changement le support de fixation

V.2.10 Application de la méthode AMDEC sur la Section turbine

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine :						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system : **Section turbine**					
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Stator	Former la structure de la turbine à gaz	- Déformation - Usure	- Bruit - T3000	- Pompage de compresseur - Fatigue	Mauvais fonctionnement	1	2	4	8	- Redressement - Vérifier le stator
Directrice du 1er et 2eme Étages (avec revêtement)	Diriger les gaz chauds vers les aubes de la roue (1er et 2eme Étages)	- Usure - érosion - Fissure	Contrôle non destructive	- Fatigue - surchauffe	Mauvais fonctionnement	1	4	4	16	- changement des ailettes directrices

Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Directrice du 3eme et 4eme Étages (sans revêtement)	Diriger les gaz chauds vers les aubes de la roue (3eme et 4eme Étages)	- Usure - érosion - Fissure	Contrôle non destructive	- Fatigue - surchauffe	Mauvais fonctionnement	1	4	4	16	- changement des ailettes directrices
Aubes Tournantes du 1er et 2eme Étages (avec revêtement)	Former tuyère d'ailettes pour commander la vitesse de la turbine	- Corrosion - érosion - fusion - Rupture	- T3000	- Mauvaise filtration de gaz combustible - Echauffement	Mauvais Fonctionnement de la turbine	1	4	4	16	- Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes tournantes
Aubes Tournantes du 3eme et 4eme Étages (sans revêtement)	Former tuyère d'ailettes pour commander la vitesse de la turbine	- Corrosion - fusion - Rupture	- T3000	- Mauvaise filtration de gaz combustible - Echauffement	Mauvais Fonctionnement de la turbine	1	4	4	16	- Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes tournantes

Rotor de la turbine	Actionner le compresseur axial et assurer le mouvement de rotation	- Usure - Rupture	- T3000	- Fatigue - Mauvais graissage	Arrêt de compresseur axial	1	4	4	16	- Vérifier le système de graissage - Vérifier le rotor
Calorifuge	Isolateur thermique	- Déchirure	- Visuel - Thermographie	- vieillissement	- Pert thermique - Fuites des gaz chauds	1	4	4	16	- Remplacement par nouveaux isolateur
Les roues	Renfermer les aubes mobiles, assurer la rotation des rotors et l'équilibrage du rotors	- Usure - Rupture	- Bruit - T3000	- Fatigue - Mauvaise refroidissement	Pompage de compresseur	1	4	4	16	- Vérifier le système de refroidissement - Changer les roues

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités- AMDEC Moyen de production										
Atelier : Usinage										
AMDEC du Moyen :					AMDEC	Crée-le				
Code Machine :						Modifiée-le				
Ensemble :					Sous system : **Section turbine.**					
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D				Action correctives
						F	G	D	C	
Arbre	Former le rotor de turbine (rotor, compresseur) et assurer l'accouplement	- Érosion - Fissure - Jeux du bout	- Bruit - T3000	- Mauvais graissage - Mauvais alignement	- Pompage de compresseur - Mauvais fonctionnement	1	3	4	12	- Vérifier le système de graissage et le système de refroidissement
Paliers (turbine et compresseur)	Soutiennent le rotor de turbine et compresseur et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Bruit - T3000	- Fatigue - Vibration - Mauvais alignement	- Echauffement - Blocage de rotor	1	4	4	16	- Vérifier le système de graissage - Changement des paliers
Goujons	Assurer la fixation	- Desserrage	- Bruit	- Chocs	- Vibration	1	1	3	3	- Serrage

Tableau V.1: Analyse AMDEC de la turbine à gaz

V.3 Interprétation des résultats de l'analyse AMDEC

Ce travail a montré la faisabilité de conduire une méthode d'analyse dysfonctionnelle. Cette approche est basée sur l'analyse AMDEC. La mise en œuvre d'une telle démarche montre sa contribution dans la réduction des défaillances. En effet elle permet :

D'identifier les fonctions critiques pour le système,

De définir la politique de maintenance pour le système et ses composants.

La criticité des conséquences de différentes fonctions critiques pour le système, a été appréciée selon des échelles de probabilité et de gravité. Au niveau de la fiabilité du système, nous avons identifié les composants sur lesquels une attention particulière doit être portée.

L'exemple traité dans le cadre de ce travail a été développé suivant une méthode logique et structurée. Elle a permis de mieux maîtriser le système étudié tout en identifiant les maillons faibles.

On a choisi la valeur 12 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité supérieure ou est égale à 16 sont regroupés dans le tableau. C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des recommandations appropriées.

V.4 Grille de Synthèse AMDEC

Catégorie	Elément	Criticité	Actions Correctives à engager
24≤C≤80 Criticité interdite	- Tubes à flamme	32	Remise en cause complète de la conception
	- Réducteur (vireur)	24	
	- Joint d'étanchéité	24	
16≤C≤24 Criticité élevée	- Piece de transition	18	Maintenance conditionnelle
	- Ailette directrice 1er étage de turbine	18	
	- Aubes de rotor	16	
	- Compresseur a vis	16	
	- Rotor	16	
	- Stator	16	
	- Aubes de stator	16	
	- chambre de combustion	16	
	- Directrice de 1er et 2eme étages (avec revêtement)	16	
	- Directrice de 3eme et 4eme étages (sans revêtement)	16	

	- Aubes tournant du 3eme et 4eme étages (sans revêtement)	**16**	
	- Rotor de la turbine	**16**	
	- Calorifuge	**16**	
	- les roues	**16**	
	- Palier (turbine et compresseur)	**16**	
8≤C<16 Criticité moyen	**- conduit (cône) d'aspiration**	**12**	**Maintenance préventive systématique**
	- Aubes variable (IGV)	**12**	
	- Bougie d'allumage	**12**	
	- Détecteur de flame	**12**	
	- Bruleur hybride	**12**	
	- Tuiles en céramique	**12**	
	- Arbre	**12**	
	- Moteur de la pompe de graissage	**8**	
	- Moteur de la pompe de graissage (secours)	**8**	
	- Pompe de graissage principale	**8**	
	- Pompe de graissage secours	**8**	

	- Moteur de pompe soulèvement	**8**	
	- Pompe de soulèvement	**8**	
	- Ventilateur de refroidissement	**8**	
	- Extracteur de vapeur d'huile	**8**	
	- Compresseur à piston	**8**	
	- Pompe d'injection gasoil	**8**	
	- Vanne de secours	**8**	
	- Vanne de régulation	**8**	
	- Corp de stator (intérieur)	**8**	
	- Enveloppe chambre de combustion	**8**	
	- Stator	**8**	
1≤C≤8 Criticité négligeable	**- Moteur de pompe hydraulique**	**6**	**Maintenance corrective**
	- Cylindre externe du compresseur	**6**	
	- Echangeur thermique	**4**	
	- Filtre d'extracteur de vapeur	**4**	

	- Pompe hydraulique	**4**	
	- Pompe d'égoutture	**4**	
	- Filtre a impulsion	**4**	
	- Moteur hydraulique (vireur)	**4**	
	- Réservoir d'huile	**3**	
	- Tuyauterie d'huile de graissage	**3**	
	- Support de fixation	**3**	
	- Goujons	**3**	
	- Filtre huile de graissage	**2**	
	- Filtre d'huile hydraulique	**2**	
	- Filtre gasoil	**2**	
	- Réservoir de drainage	**2**	
	- Filtre huile de soulèvement	**1**	
	- Filtre huile de retour	**1**	

Tableau V.2: Actions de maintenance à engager

V.5 Actions d'amélioration

Pour l'amélioration de la disponibilité de la Turbine à gaz SIEMENS V94.3A, il faut concentrer les actions de maintenance sur la 1ère catégorie (causes ayant une criticité supérieure à 24) nous proposons de faire à chaque élément une étude de conception pour améliorer leurs performances et réduire leurs criticités

Pour la 2éme catégorie (causes ayant une criticité entre 16 et 24) en appliquant une maintenance préventive conditionnelle (capteurs, contrôle, nettoyage, lubrification, …)

Pour la 3éme catégorie (causes ayant une criticité entre 8 et 16) il faut appliquer une maintenance systématique (changement des équipements périodiquement). Pour le reste d'équipements (causes ayant une criticité inférieure à 8) on peut appliquer une maintenance corrective.

V.6 Les opérations préventives

À partir des résultats obtenus dans le tableau AMDEC, nous pouvons identifier les organes critiques, et nous pouvons les surveiller et proposer des opérations préventives, afin d'empêcher l'apparition des défaillances.

Opération préventive à réaliser	Périodicité
- Inspection visuelle (fuite, bruit…)	Quotidien
- Contrôle fonctionnel Des pompes graissage	Quotidien
- Contrôle fonctionnel Pompe de soulèvement	Quotidien
- Contrôle fonctionnel Des aéros	Quotidien
- Inspection visuel des pressions d'huile	Quotidien
- Vérification du niveau d'huile	Quotidien
- Contrôle fonctionnel Compresseurs	Quotidien
- Contrôle des armoires et DP filtres	Quotidien
- Contrôle T° d'huile et d'enroulements	Quotidien

- Contrôle fonctionnel Des ventilateurs	Quotidien
- Contrôle des alarmes	Quotidien
- Contrôle des niveaux de liquide	Quotidien
- Contrôle fonctionnement extracteur	Quotidien
- Contrôle des brûleurs	Quotidien
- Contrôle des instruments	Quotidien
- Contrôle des fuites fuel	Quotidien
- mesure de vibration	Mensuel
- Mesure de vibration	Mensuel
- Changement des filtres à huile	Annuel
- Contrôle de la chambre de combustion (tuile en céramique, brûleur, 1er étage de la turbine)	Annuel
- Contrôle de compresseur (1er étage de compresseur, cône d'aspiration)	Annuel
- Vérification de l'état général de la turbine (fissures, corrosion, entartage)	Annuel
- Vérification des filtres d'admission	Annuel
- Contrôle des paliers	Annuel
- Contrôle les ailétes	Annuel

Tableau V.3: Les opération préventives

V.7 Conclusion

Dans cette partie, nous avons déroulé l'analyse AMDEC suivant les étapes que nous avons citées dans le chapitre II. Ces étapes nous ont exigées de collecter des données sur l'équipement étudié. Pour obtenir des informations et dérouler cette analyse, on s'est basés sur le travail du groupe, en exploitant leurs expériences et leurs documentations existantes.

À partir de ces informations que nous avons obtenues et la maîtrise de l'enchainement de six paramètres (fonction, mode de défaillance, effet, détection, criticité), nous avons pu réaliser un bilan qui regroupe beaucoup d'informations sur la défaillance et son mode, et nous avons proposé des opérations préventives afin de maintenir le bon fonctionnement de la turbine.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail effectué nous a permis en premier lieu de nous familiariser avec l'univers de l'industrie, le monde du travail et les différents aspects que ces derniers peuvent dévoiler. Le déroulement du projet, nous a offert l'opportunité de découvrir de quoi est fait réellement un processus de maintenance, ce travail nous a aussi permis de synthétiser de façon pratique dans la centrale thermique de Berrouaghia les différents cours théoriques qui nous ont été dispensés.

L'étude d'une installation d'une turbine à gaz, nous a permis de connaitre les différents éléments constitutifs et leurs fonctionnements et constructions, et les différents circuits de graissage et refroidissement. On a pu relever les différentes défaillances de la turbine et de proposer des actions correctives et préventives afin de diminuer le nombre de défaillances de cette turbine.

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticité (AMDEC) est une approche qualitative pour l'études et amélioration de la disponibilité dans différents domaines.

Dans cette partie l'analyse AMDEC s'est déroulé suivant les étapes que on a citées au début, ces étapes ont exigé de collecter des données sur l'équipement étudié. Pour obtenir des informations et dérouler cette analyse, on s'es basé sur l'expérience des travailleurs et leurs documentations existantes.

A partir de ces informations que on a obtenues et la maîtrise de l'enchainement de six paramètres (fonction, mode, cause, effet de défaillance, détection, criticité). On a réalisés un bilan qui regroupe beaucoup d'information sur la défaillance et son mode, et grâce aux résultats obtenus, on a recensées les défaillances les plus critiques afin de proposer des solutions efficaces pour chaque défaillance. Et on a proposés des opérations préventives afin de maintenir le bon fonctionnement de l'équipement.

Bibliographie

Bibliographies

[1] - document (SKB) SIEMENS Turbine à Gaz V94.3A (4) Initiation à l'Exploitation BERROUAGHIA.

[2] - Asbai Samir, Mémoire de fin d'études Master, Evaluation des caractéristiques de la sûreté de fonctionnement d'une turbine à gaz, Université de Bejaïa 2016/2017.

[3] - Document interne de la société de HAMMA II

[4] - Mosli Hassane & Ben Seddik Djamal Eddine & Brahimi Smail, Mémoire de fin d'études, Etude de la turbine à gaz MS5002b, Université de Kasdi Merbah Ouaregla 2012/2013

[5] - M. GUEMANA, Cours Maintenance Industrielle, polycopie de cours, faculté de Technologie, université de Médéa, 2014

[6] - A. BELHOMME, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011 (Les différentes formes de maintenance)

[7] - Rezgi Imane, cour maintenance industriel univ-ouargla 2017(Les opérations de maintenance)

[8] - F. Mounchy et V. Jean-Pierre <<Maintenance, méthodes et organisation>> 3éme édition, L'USINOUVELLE DUNOD, paris, 2010 (déroulement AMDEC)

[9] - Astou Guindou dansoko, mémoire de fin d'études Master, choix d'une politique de maintenance, école supérieure polytechnique Sénégal, année 2007/2008 (défaillance 4ch)

[10] - F.Mounchy et V.jean-pierre « Maintenance, méthodes et organisation» 3éme édition L'USINOUVELLE DUNOD, paris, 2010.