

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté de Génie de la Construction**  
**Département de Génie Mécanique**



***MEMOIRE DE FIN D'ETUDE***

*En vue de l'obtention du diplôme académique Master en électromécanique*  
*Option : maintenance industrielle*

---

***THEME :***

*Maintenance de turbine a gaz V94.3A cas étude centrale*  
*DRAA ELHADJA -M'SILA*

---

Proposé et dirigé par :

D.YAMANI Nouredine

Co-encadreur :

D.CHERABI bilal

Présenté par :

LAGOUNE AIMENE

2022/2023

# Remerciements

*Je dédie ce travail à mes chers parents,*

*Ma grand-mère ‘Mima ’’ et mon grand -père,*

*Mais aussi à tout le reste de ma famille et mes amis*

*Qui ont toujours su me soutenir tout au long de mon parcours.*

*Je tiens aussi à exprimer tout ma gratitude à mon*

*encadrant D. YAMANI NOUREDINE pour tout ce qu’il a pu*

*M’apporter pour réaliser ce travail*

## Résumé

Les entreprises doivent maintenir l'outil de production en bon état, et réduire, à la fois, la fréquence et la durée des interruptions accidentelles. Pour cela, on a consacré notre travail à l'amélioration et l'optimisation de la maintenance de la turbine V94.3A de la centrale électrique Draa El Hadja de la wilaya de M'sila.

L'optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC, cette approche nous permet de classer les causes selon les effets qu'elles génèrent et de déduire les priorités d'action à mener.

## Mots clés

AMDEC, maintenance, turbine, centrale électrique

## ملخص

يجب على الشركات الحفاظ على أداء الإنتاج في حالة جيدة، وتقليل تكرار ومدة الانقطاعات العرضية. لهذا، كرسنا عملنا لتحسين وصيانة التوربينات V94.3A لمحطة توليد الكهرباء ذراع الحاجة في ولاية المسيلة بالجزائر. تحسين الصيانة بطريقة AMDEC، يسمح لنا هذا النهج بتصنيف الأسباب وفقاً للتأثيرات التي تولدها واستنتاج أولويات الإجراءات التي يجب اتخاذها.

## كلمات مفتاحية

AMDEC, صيانة, توربين, محطة توليد الكهرباء

## Abstract

Companies must maintain the production tool in good condition, and reduce both the frequency and the duration of accidental interruptions. For this, we have devoted our work to the improvement and optimization of the maintenance of the V94.3A turbine of the Draa El Hadja power plant in M'sila state.

The optimization of maintenance by the FMECA method, this approach allows us to classify the causes according to the effects they generate and to deduce the priorities for action to be taken.

## Keys words

FMECA, maintenance, turbine, power plant .

## Sommaire

Remerciements .....	
Liste des tableaux .....	
Introduction générale .....	11
I.1. Présentation de la société SONELGAZ .....	13
I.2. description de la central DRAA EL HADJA .....	13
I.2.1. La position de la central .....	15
I.2.2. Caractéristique général de la central .....	15
I.2.3. Production de l'énergie électrique dans une central .....	16
I.4. équipements électrique de commandes et de protection .....	16
I.5. armoires excitation -régulation et protections .....	16
I.5.1.principe d'excitation .....	16
I.5.2.principe de protections alternateur et transformateurs .....	17
I.5.3.circuit de puissance -redresseur -regulateur de tentions .....	17
I.5.4-5.armoire protections alternateur -transformateur .....	18
I.6. organisation de la central .....	18
I.6.1. service quart .....	18
I.6.2. service diagnostic machine .....	18
I.6.3. service de réalisation .....	19
I.6.4. service contrôle economique .....	19
I.7. division technique .....	20
I.7.1. service etude et préparation .....	20
I.8.service de approvisionnement stock et crédit .....	23
I.9. service de ressource humaines .....	23
I.10. les subdivision finance et comptabilité .....	23
I.11. les subdivision moyens .....	24
I.12. conclusion .....	24
II.1. definition d'une turbine a gaz .....	26
II.2. historique de la turbine a gaz .....	26
II.3. les éléments d'une turbine a gaz .....	27
II.3.1 entrée d'air .....	27

## *Sommaire*

---

II.3.2.le compresseur .....	28
II.3.3. chambre de combustion .....	30
II.3.4 moteur de lancement .....	32
II.3.5. La turbine (detente) .....	32
II.3.6. partie turbine .....	32
II.4 classification des turbines a gaz .....	33
II.4.1 par le mode de construction .....	34
II.4.2 par le mode de travail .....	34
II.4.3 par le mode fonctionnement thermodynamique .....	35
II.5. principes de fonctionnement .....	35
II.6. types des turbines a gaz .....	37
II.6.1 sections de la turbine a gaz .....	38
II.6.2 les auxiliares de turbine a gaz .....	39
II.6.2.1 système de demarrage .....	39
II.6.2.2 compression . .....	41
II.7. influence des paramètres extérieurs sur les performances des turbines .....	41
II.7.1 temperature ambiante .....	42
II.7.2. pertes de pression a l'admission et a l'echappement .....	42
II.7.3. pression ambiante .....	43
II.7.4. carburant.....	43
II.7.5. humidité relative .....	43
II.8. le cycle idéal de la turbine a gaz .....	44
Conclusion .....	45
III.1. introduction .....	48
III.2. caractéristiques technique de la TAG V94.3A .....	48
III.2.1 caractéristique technique du compresseur .....	50
III.2.2. caractéristique technique de chambre de combustion .....	51
III.2.3. caractéristique technique de la turbine de détente .....	52
III.3. durée de la mise en marche et de la charge .....	53
III.4. système d'aspiration d'air et filtration .....	53
III.5. l'alternateur .....	57
III.5.1. caractéristiques principales .....	57

## *Sommaire*

---

III.6. le transformateur .....	58
III.7. diesel de secours .....	59
III.8. système de gaz naturel .....	60
III.8.1. caractéristique technique du poste gaz .....	61
III.9. système gasoil .....	61
III.10. système a air comprimé .....	62
III.11. système de commande .....	63
III.11.1. conception de la salle de commande .....	63
III.12. caractéristique technique du système d'échappement .....	64
III.13. fonctionnement de la centrale .....	65
III.14. conclusion .....	66
IV. introduction .....	68
IV.1 Définition de la maintenance .....	68
IV.2 but de la maintenance .....	68
IV.3 Les différents types de maintenance .....	69
IV.3.1 La maintenance préventive .....	69
IV.3.1 La maintenance préventive systématique .....	69
IV.3.1.2 Maintenance préventive conditionnelle .....	69
IV.3.2. Avantages et inconvénients de la maintenance préventive .....	70
IV.3.2 La maintenance corrective.....	70
IV.3.2.1. (Les dépannages).....	71
IV.3.2.2. (Les réparations).....	71
IV.3.2.3. Avantages et inconvénients de la maintenance corrective .....	72
IV.4. la gestion de maintenance assistée par ordinateur(GMAO) .....	73
IV.4.1. les fonctionnalités intégréesde SYANA.....	73
IV.5. les étapes de déroulement les interventions de la maintenance préventive .....	74
IV.6. planning des interventions préventives .....	75
IV.6.1. les inteventions mecaniques .....	75
IV.6.2. les inteventions électrique .....	76
IV.7. les méthodes de maintenance .....	77
IV.7.1. diagramme de pareto .....	77
IV.7.2. méthode ISHIKAWA.....	78
IV.7.3. méthode de 5S .....	79

## *Sommaire*

---

IV.7.4. l'arbre de défaillance .....	79
IV.7.5. methode AMDEC.....	79
IV.7.5.1. processus de la methode AMDEC .....	80
IV.8. les inspections appliquées sur la TAG V94.3A .....	83
Introduction .....	83
IV.8.1. inspection en fonctionnement .....	83
IV.8.2. inspection préventive périodique .....	84
IV.8.2.1. inspection de la machine pas démontée .....	84
IV.8.2.2. inspection de la machine démontée .....	85
IV.9. inspection mineur du groupe(03) de centrale .....	87
IV.9.1. paramètres de fonctionnement avant inspection .....	88
IV.9.2. caractéristiques de la TAG .....	92
IV.9.3. les activités de l'inspection mineur.....	96
IV.10. description des travaux de maintenance dans la TAG V94.3A.....	97
IV.11. Conclusion .....	116
Conclusion générale.....	117
Références bibliographiques .....	117
Les annexes .....	118

## *Liste des figures*

---

### Liste des figures

#### **Chapitre I**

Figure 1: vue sur un groupe de 250MW ENSALDO.....	14
---	----

#### **Chapitre II**

Figure 2: : les éléments principaux de la turbine à gaz.....	27
Figure 3: Compresseur de la turbine à gaz. ....	28
Figure 4: les aubes de compresseur d'une TAG. ....	29
Figure 5: La chambre de combustion .....	30
Figure 6: représentation des températures de flamme. ....	31
Figure 7: schéma dispositif d'allumage. ....	31
Figure 8: Caisse turbine du compresseur (HP) .....	32
Figure 9: schéma de configuration de la chambre de combustion .....	34
Figure 10: schéma descriptif d'une turbine à gaz .....	36
Figure 11: principe d'une turbine à gaz bi-arbre.....	37
Figure 12: Turbine à gaz SIEMENS V94.3A. ....	39
Figure 13: Schéma général de principe.....	40
Figure 14: Diagramme du démarrage.....	41
Figure 15: Influence de la température ambiante sur les performances de la turbine.....	43
Figure 16: Cycle idéal d'une turbine à gaz .....	45

#### **Chapitre III**

Figure 17: Alternateur de la TAG V94.3A.....	57
Figure 18: Groupe diesel.....	60
Figure 19: Poste gaz de la centrale électrique .....	60

#### **Chapitre IV**

Figure 20: Organigramme de maintenance.....	70
Figure 21: Interface utilisateur principale de SYANA.....	73
Figure 22: Les différents modules et sous-modules de SYANA .....	74
Figure 23: diagramme de Pareto (20/80).....	77
Figure 24: Diagrammes causes effets.....	78
Figure 25: Démarche pratique de l'AMDEC machine.....	80
Figure 26: Démarche d'AMDEC processus.....	81
Figure 27: Exemple de feuille d'AMDEC.....	82
Figure 28: Plaques céramique chambre de combustion.....	96
Figure 29: Vue sur les brûleurs et inserts.....	97
Figure 30: Vue sur les carreaux métalliques.....	98
Figure 31: Vue sur la directrice 1er étage.....	99
Figure 32: Vue sur les ailettes 1er étage turbine .....	100
Figure 33: Vue sur le joint de la trappe d'échappement.....	101
Figure 34: Vue effectuée sur les parois d'échappement.....	102
Figure 35: Vue sur diffuseur d'échappement.....	102
Figure 36: Vue sur inspection dans les ailettes du 4 <sup>ème</sup> étage.....	103
Figure 37: Inspection visuelle effectuée sur conduite d'admission.....	104-105
Figure 38: Les flexibles (Gaz et Fuel).....	106

## Liste des tableaux

### Chapitre III

Tableau 1: Schéma de caractéristique technique de la TAG V94.3A .....	49
Tableau 2: Caractéristique du compresseur. ....	50
Tableau 3: schéma de caractéristique de la chambre de combustion.....	51
Tableau 4: schéma de caractéristique de la turbine. ....	53
Tableau 5: caractéristique technique du système d'air.....	56
Tableau 6: caractéristique technique de l'alternateur. ....	58
Tableau 7: Données Techniques.....	59
Tableau 8: Caractéristique technique de groupe diesel. ....	59
Tableau 9: Caractéristique techniques du système d'échappement.....	65

### Chapitre IV

Tableau 10: Plan de maintenance typique .....	85
Tableau 11: Inspection type 'a' pour Générateur de gaz.....	86
Tableau 12: Inspection type 'a' pour Système de Combustion .....	86
Tableau 13: Inspection type 'a' Pour Turbine de puissance. ....	86
Tableau 14: Inspection type 'a' Pour Systèmes auxiliaires du moteur .....	87
Tableau 15: Plan de maintenance type B.....	88
Tableau 16: Plan de maintenance type C.....	88
Tableau 17: Plan de maintenance type D .....	89
Tableau 18: paramètres de fonctionnement avant inspection. ....	89-93
Tableau 19: Caractéristiques de la TG.....	94
Tableau 20: Les activités de l'inspection mineure (IM).....	95

## *Liste des abréviations*

---

### **Nomenclature**

<b>Symboles</b>	<b>Désignations</b>	<b>Unités</b>
$h$	Enthalpie massique totale	J/kg
$H$	Enthalpie massique	kJ/kg
$W$	Travail massique spécifique	kJ/kg
$T$	Température	K
$C_p$	Chaleur spécifique moyenne à pression constante	J/ (kg. k)
$P_u$	La puissance utile	W
$Q_{cc}$	Chaleur spécifique fournie par la chambre de combustion	KJ/kg
$\eta$	Rendement	-
$\dot{m}_a$	Débit massique de l'air	Kg/s
$\dot{m}_c$	Débit du combustible	Kg/s
$Q$	Quantité de chaleur	J

### **Abréviations**

SPE	société de production d'électricité
C	Compresseur
C.C	Chambre de combustion
T	Turbine
PCC	Poste Control Commande
THP	Turbine haut pression
TBP	Turbine basse pression
GTP	Groupe Turbo Propulseur
GTR	Groupe Turbo Réacteur
MI	Inspection Majeur
TAG	Turbine à Gaz
MTBF	Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
MTTR	Moyenne des Temps Techniques de Réparations
MTTA	Moyenne des Temps Techniques d'Arrêt
AEN	Ansaldo Energia Nouara

### **Introduction générale**

Le monde de l'énergie, un secteur vital pour l'économie nationale, englobe divers domaines, dont la production d'électricité. Notre pays, en voie de développement, investit activement dans ce secteur, notamment grâce à des infrastructures telles que les turbines à gaz.

Les turbines à gaz, dont l'idée de fabrication remonte au 18e siècle, jouent un rôle essentiel dans la transformation de la chaleur en énergie mécanique. Elles sont utilisées dans des secteurs variés, de l'industrie pétrolière à la production d'électricité. Dans ce contexte, nous nous concentrons sur leur utilisation dans la production électrique.

Pour assurer le bon fonctionnement de ces turbines à gaz, la maintenance revêt une importance cruciale. Elle vise à garantir leur performance optimale, leur disponibilité et leur sécurité. La maintenance est une composante stratégique de la gestion de la production, nécessitant des décisions éclairées pour atteindre des objectifs prédéfinis.

Dans le cadre de notre projet, nous avons effectué un stage pratique à la centrale électrique de M'SILA. Notre objectif principal était d'étudier le fonctionnement de cette centrale en analysant l'historique des pannes des turbines à gaz.

Pour structurer notre travail, nous l'avons divisé en quatre chapitres distincts. Le premier chapitre présente la centrale électrique et son organisation. Le deuxième chapitre explore les généralités sur les turbines à gaz. Le troisième chapitre offre une étude descriptive approfondie de la turbine à gaz V94.3A. Enfin, le quatrième chapitre se consacre à la maintenance de cette turbine.

# Chapitre I :

## présentation de la

### centrale

## **I.1 Présentation de la société SONELGAZ**

La société National SONELGAZ occupe une position monopolistique dans la gestion de l'approvisionnement en énergie électrique. Sa mission englobe la production d'électricité à partir de sources thermiques et hydrauliques, avec un engagement ferme envers la disponibilité, la fiabilité, la sécurité et la préservation de l'environnement. En outre, elle est chargée de la distribution de l'électricité qu'elle génère.

Fondée en janvier 2004, National SONELGAZ possède un parc de production diversifié, totalisant une capacité installée impressionnante de 6740 MW. Ce parc se décompose en quatre filières, chacune présentant différents types et niveaux de puissance :

- La filière Turbine à Vapeur, avec une puissance de 2740 MW.
- La filière Turbine à Gaz, qui génère 3576 MW d'électricité.
- La filière Hydraulique, contribuant avec 249 MW.
- Enfin, la filière Diesel, qui apporte une puissance de 175 MW.

Cette diversité dans les filières de production permet à National SONELGAZ de répondre de manière efficace et adaptée à la demande en électricité tout en contribuant à la stabilité du réseau électrique national.

## **I.2 Description de la centrale :**

La centrale de M'sila (figure 1) est située à 7 Km à l'ouest de M'Sila ville (Draa El Hadja). Sa superficie est de 63 Hectare. La centrale est composée de 22 groupes de turbines à gaz THOMASSEN de puissance nominale de 23 MW chacune (M'sila01) et de 03 groupes ALSTHOM de puissance nominale de 110 MW chacun (M'sila02), il y aura une extension de 02 groupes de puissance 250 MW chacun (M'sila03).

Totalisant en moyenne une puissance de 815 MW.

Actuellement la centrale se compose de :

- Deux (02) groupes de puissance 23 MW.
- Trois (03) groupes de puissance 110 MW.

Et vu le manque d'énergie les groupes sont transférés vers Nâama, et Marsat Oran (08 groupes) Ain Salah (04 groupes).

Par puissance, la centrale est donc partagée en deux parties.

- Les groupes de puissance 23 MW (M'sila 1) peuvent fonctionner soit au

Gaz ou fuel.

- Les groupes de puissance 110 MW (M'sila 2), fonctionnent seulement au gaz.



**Figure I.1 : vue sur un groupe de 215MW ENSALDO**

Actuellement 02 groupes de 250 MW chacun de Marque Ensaldo (Italie) sont en construction depuis Janvier 2008 et rentrerons en exploitation en 2011. (**Figure I.1**)

Ces groupes par bloc de 04, dont l'induite est assurée depuis un bâtiment de commande local (BCL), permettent d'alimenter le réseau 220KV par l'intermédiaire de transformateur de puissance à double enroulement primaire (relié chacun à un groupe) 11/220 KV d'une puissance unitaire de 53MVA.

-un bâtiment de commande centralisée (BCC) permet le contrôle et la commande de l'ensemble de la centrale.

-l'alimentation des auxiliaires de groupe nécessaires au démarrage, est assurée soit par transformateur de soutirage ou un diesel de secours, afin d'assurer le démarrage groupe après groupe.

La protection incendie de l'ensemble installations est réalisée par un système de détection.

-d'autre part, des bâtiments de servitude : bâtiment administratif, magasins et ateliers permettent d'assurer le fonctionnement correct et la maintenance de l'ensemble de ses

installations.[1]

### **La position de la centrale**

Le site se trouve au pied du Mont DRAA EL HADJA au Nord-Ouest de la ville de M'SILA à 5 Km environ de cette dernière.

L'assiette de la centrale est mitoyenne à celle de la centrale 3 x 110 MW et située au Nord-Ouest.

La superficie disponible est de l'ordre de 04 hectares (40000 m<sup>2</sup>)

### **Caractéristiques générales de la centrale**

- Puissance nominale nette (conditions ISO) :
  - 525.500 MW (combustible gaz)**
  - 457.6 MW (combustible gasoil)**
- Tension bornes usine : **220 kV**
- Transformateur principal : **un par groupe (tension 220 kV)**
- Alimentation des auxiliaires par soutirage **MT**
- Alternateur refroidi à : **Air**
- Combustibles principaux : **Gaz naturel**
- Combustibles secours : **Gasoil**

### **I.3 Production d'énergie électrique dans une centrale :**

La production d'énergie électrique dans les centrales est une nécessité fondamentale pour assurer un approvisionnement efficace et ininterrompu en électricité dans notre vie quotidienne. Face à une demande croissante en électricité, il a été impératif d'imaginer et de construire des installations capables de générer de grandes quantités d'électricité.

À travers le monde, trois principales méthodes de production d'électricité ont émergé comme étant les plus courantes : les centrales nucléaires, les centrales à combustibles fossiles et les centrales hydroélectriques. Au cœur de ces générateurs d'électricité se trouvent deux composants essentiels : la turbine et l'alternateur.

Dans le contexte des centrales thermiques, la turbine est actionnée par la vapeur produite soit par des chaudières, soit par la combustion des gaz issus de combustibles. En revanche, dans les

centrales hydroélectriques, c'est la force de l'eau qui anime la turbine. Quelle que soit la méthode de production, la turbine est toujours étroitement liée à un alternateur. Cet alternateur transforme le mouvement rotatif de la turbine en électricité, créant ainsi la précieuse énergie électrique nécessaire à nos besoins.

#### **I.4 Equipements électriques de commandes et de protection :**

- 1-chassis relayage.
- 2-tableau comptage et oscilloperturbographe.
- 3-tableau commande d'alternateur (TCA).
- 4-tableau commande de turbine (TCT).
- 5-tableau synoptique centrale.
- 6-pipitre de commande PCT.
- 7-tableau synoptique post.
- 8-consignateur d'état.
- 9-tableau poste gaz (TPG).
- 10-traitement des alarmes et des signalisations.
- 11-tableau poste liquide (TLI).
- 12-unité de surveillance de température turboalternateurs.

#### **I.5 Armoires excitation - régulations et protections :**

##### **I.5.1 Principe de l'excitation -régulation Alternateur :**

###### **➤ Généralités :**

Les fonctions sont les suivantes :

- excitation de l'alternateur.
- régulation automatique de la tension stator.
- limitations de surexcitation et sous excitation.
- ajustage manuel de l'excitation.
- détection des défauts.
- conduite usuelle.

L'équipement comprend :

- l'excitateur à diodes tournantes.
- les alimentation (transformateurs moyenne tension).
- les circuits de puissance (armoire excitation - régulation).

-les circuits bas niveau (armoire excitation - régulation).

➤ **Caractéristiques :**

- Excitateur.
- Alimentation.
- Circuit de puissance.
- Circuit de commande des thyristors.

➤ **Principe de fonctionnement :**

L'excitation de l'excitateur est alimentée par les transformateurs d'excitation alimentés par la tension stator. Ces transformateurs alimentent un pont triphasé de thyristors commandés par un générateur d'impulsions lui-même contrôlé par le régulateur de tension.

### **I.5.2 Principe des protections alternateur et transformateurs :**

➤ **Protections alternateur :**

Elle protège l'alternateur contre tout défaut électrique pouvant apparaître.

➤ **Protections transformatrices :**

Les transformateurs concernés par ces protections.

### **I.5.3 Armoires excitation - régulation :**

Elle comporte :

➤ **Circuits de puissance :**

- contacteur d'excitation.
- contacteur d'amorçage.
- contacteur d'excitation d'appoint.
- résistance d'amorçage (RA) et diode d'amorçage (DA).
- résistance non linéaire de décharge (RNL).
- shunts de mesure de courant d'excitation.
- fusibles de protection de voltmètre.
- transformateur de courant pour détection défaut diode tournante.

➤ **Circuit redresseur :**

-thyristors formant un pont redresseur triphasé simple alternance, sont protégés contre les surtensions par des circuits amortisseurs.

➤ **Régulateur de tensions :**

Est composé de cartes électronique et cassettes incorporées dans des racks standard.

Ce régulateur de tension comporte deux voies :

- . Voie automatique : utilisée en exploitation normal.
- . Voie manuelle : utilisée en cas de défaut de la voie automatique ou pour relever les

caractéristiques de l'alternateur.

**I.5.4 Armoire protections alternateur :**

Cette armoire rassemble les protections alternateur.

**I.5.5 Armoire protections transformateur :**

Cette armoire rassemble les protections transformatrices.

**I.6 Organisation de la centrale [2] :**

Le personnel de la centrale de M'sila est composé de :

- ❖ 53 Cadres
- ❖ 77 Agents Maîtrises
- ❖ 40 Agents Exécution

Composé de quatre divisions :

**I.6.1 Service quart :**

Pour le fonctionnement et le contrôle des groupes turbine a gaz il y a quatre équipes qui travaillent en alternance.

Chaque équipe travail quatre jours la nuit , quatre jours après midi , quatre jours le matin , et se repose quatre jours .

Chargée essentiellement :

- ✓ Relevé des parametres de fonctionnements
- ✓ Exploitation des défferents ouvrges "turbine a gaz, disjoncteur ,trousfomateur"
- ✓ Consignation et décosiegnation
- ✓ Etablir les messages d' exploitation
- ✓ Analyse des anomalies
- ✓ Analyse des paramètres des groupes
- ✓ consignation des anomalies

**I.6.2 Le service Diagnostic Machine :**

Pour le maintient des groupes en bon état , le role de la subdivison diagnostic machine est l'intervention a fin de croitre la sécurité des personnes et éviter les intervention d'urgence ou L'indisponibilité des groupes dans des temps indésirable .

Chargée essentiellement :

- ✓ Détermination des points chauds des connexions transformateurs TP
- ✓ relevé des paramètres de fonctionnement des gropupes .
- ✓ mesure et analyse des vibration (des paliers .pompes .de draissage . moteurs de lancement . moteur .de virage )

Les huiles isolantes et lubrifiantes subissent des modifications dues aux conditions d'utilisation. Ces modifications peuvent perturber le fonctionnement des ouvrages.

La surveillance des huiles consiste en contrôles périodiques des différentes caractéristiques des huiles.

Cette surveillance se fait par un technicien chimiste qui fait en plus l'analyse de refroidissement et d'eau la chaudière.

### **I.6.3 Service Réalisation**

Le service réalisation assure la maintenance systématique conditionnelle et curative des équipements. Le service réalisation est à assurer toutes les opérations de maintenance dans le domaine électrique, elle comporte trois sections :

#### **Section régulation**

Le rôle de cette section est :

- ✓ Le contrôle et l'intervention cotée turbine ( protection , régulation )
- ✓ L'augmentation de la température.
- ✓ Absence de flamme .
- ✓ Régulation débit gaz .

#### **Section électromécanique**

Le rôle de cette section est :

- ✓ installation des moteurs électriques .
- ✓ l'éclairage
- ✓ Réparation des cartes ( circuits ) de commande des moteurs
- ✓ l'entretien de disjoncteurs

#### **Section automates :**

Le rôle de cette section est :

- ✓ le contrôle et l'intervention coté alternateur ( protection , régulation )
- ✓ Excitation , auto excitation alternateur
- ✓ déséquilibre .
- ✓ Surtension , surintensité .
- ✓ l'augmentation Température .
- ✓ Retour d'énergie

### **I.6.4 Service Contrôle Economique :**

L'amélioration de la consommation spécifique que devra obligatoirement tenir

Compte du suivi des :

- Compteur gaz

- Compteur d'énergie

Un programme mensuelle établi et les essais des groupes de la centrale sont alors réalisés

- un rapport des essais est établi mensuellement

- les valeurs de la consommation spécifique calculées sont alors comparées au contrat de gestion de la centrale et les différences sont alors analysées et des remèdes seront apportés pour ainsi améliorer les performances des groupes.

Chargée essentiellement :

- ✓ Suivi des compteurs gaz
- ✓ Suivi des compteurs énergie
- ✓ Un suivi des paramètres des groupes est réalisé
- ✓ Des essais de puissance Max sont élaborés pour ainsi déterminer la puissance maximale des groupes corriger celle-ci en fonction de la température et élaborer la carte des puissances des groupes.
- ✓ Des essais de performances à différents paliers de charge (25 %, 50%, 75 %, 100% et pointe) sont réalisés annuellement sur chaque groupe.
- ✓ La structure contrôle Economique assure le suivi environnemental des groupes : (l'analyse de fumé du gaz échappement.)

Mensuellement un rapport des essais est établi.

## **I.7 Division Technique :**

comme toute installation de production d'énergie électrique équipée de machines tournantes, le rôle du service maintenance est d'assurer la maximum de disponibilité des groupes pour les activités de production.

l'organisation du service maintenance basé sur :

Structure de la gestion maintenance statistique

Des structures sont liées au chef service maintenance.

### **I.7.1 Service Etudes et Préparation :**

Le chef de service études et préparation est chargé d'animer, de coordonner et de contrôler la préparation de la maintenance mécanique, électrique et régulation automate

Composé a :

#### **Ingénieur D'études mécanique :**

Chargée essentiellement :

- Mener des études de modification et de rénovation liées à la partie mécanique des équipements
- Mettre à jour les schémas des organes mécaniques
- Superviser les travaux d'intervention
- Préparer les matériels pour travaux
- Préparer la documentation technique
- Préparer les inspections
- Gérer pour chaque pièce mécanique ; les dossiers matériels, les gammes types de visites et l'historique des interventions
- Etablir les cahiers des charges et Prévoir la pièce de sécurité

**L'ingénieur D'études Electrique**

Chargée essentiellement :

- Mener des études de modification et de rénovation liées à la partie électrique des équipements
- Mettre à jour les schémas des organes électriques
- Superviser les travaux d'intervention
- Préparer les matériels pour travaux
- Préparer la documentation technique
- Préparer les inspections
- Gérer pour chaque pièce électrique ; les dossiers matériels, les gammes types de visites et l'historique des interventions
- Etablir les cahiers des charges
- Prévoir la pièce de sécurité
- Etablir et traiter les demandes matérielles
- Analyser et expertiser les incidents
- Superviser la réalisation des études de modification et de rénovation
- Veiller à la disponibilité des pièces électriques
- Veiller à la disponibilité des outillages
- Veiller à l'application des consignes de sécurité
- Tenir un fichier de fournisseur
- Veiller à l'application de la nomenclature de la base de données de la pièce de sécurité

**L'ingénieur D'études Régulation Automates**

Chargée essentiellement :

- Mener des études de modification et de rénovation liées à la partie à l'automatisme
- Mettre à jour les schémas des organes de régulation
- Superviser les travaux d'intervention
- Préparer les matériels pour travaux, la documentation technique et les inspections
- Gérer pour chaque organe de régulation ; les dossiers matériels, les gammes types de visites et l'historique des interventions
- Etablir les cahiers des charges
- Prévoir la pièce de sécurité
- Etablir et traiter les demandes matérielles
- Analyser et expertiser les incidents
- Superviser la réalisation des études de modification et de rénovation
- Veiller à la disponibilité des pièces de régulation et des outillages
- Tenir un fichier de fournisseur
- Veiller à l'application de la nomenclature de la base de donnée de la pièce de sécurité

**L'ingénieur D'études Gestion maintenance et Statistique GMAO**

L'ingénieur d'études gestion de maintenance et statistique est chargé de la gestion de maintenance assisté par ordinateur

Chargée essentiellement :

- Veiller à la disponibilité, la fiabilité du système GMAO
- Chargé de la supervision du logiciel COSWIN
- Analyser les statistiques de la maintenance et gestion de la documentation
- Planifier et Programmer les interventions de gros entretien (révisions) à long terme
- Veiller à l'application des consignes du constructeur et tableau de bord du groupement
- Participer à la réalisation des études de modification et de rénovation
- Etablir et traiter les demandes matérielles et établir les cahiers charges
- Valider les gammes systématiques

**Technicien Principal Méthode Maintenance :**

Le technicien principale méthode maintenance est chargé de la préparation de l'analyse du lancement et du contrôle de l'exécution de tous types des travaux d'entretien ainsi la planification des interventions de gros entretien (révisions)

Chargée essentiellement :

- Collationner et évaluer les travaux d'entretien à effectuer

- Elaborer les programmes annuels des travaux de gros entretien
- Suivre les heures de marche des turbines en vue de programmer les visites
- Préparer les dossiers d'ordonnancement travaux (DT.Gamme de visite systématique ; plans,)
- Tenir à jour les dossiers historiques et les rapports de visite
- Programmer et lancer quotidiennement les travaux
- Etablir les rapports : hebdomadaire, mensuel, trimestriel et annuel de la maintenance

**Agent Gestion Principal Documentation :**

L'agent de gestion documentation est chargé de la tenue et la conservation de la documentation technique et l'archive de sa structure

Chargée essentiellement :

- Effectuer les enregistrements des entrées et sorties des documents.
- Récupérer et recenser tous les volumes existants dans les différentes structures.
- Classer les catalogues par type d'équipement.
- Veiller à la disponibilité, la fiabilité du logiciel GEIDE.
- Participer à la purge annuelle des archives.
- Participer à la destruction physique des documents.
- Veiller à la consigne de sécurité, spécifiques aux salles d'archive.

**I.8 Service Approvisionnement Stock et Crédit :**

Assure les opérations d'approvisionnement selon l'ensemble des besoins de la centrale du matériel.

Missions : structures faire les besoins exprimés pour les différentes structures d'unité.

**I.9 Service Ressource Humaines :**

Le service ressources humaines est chargé de l'administration et la gestion du personnel

La gestion de RH est un ensemble de fonctions et de mesures dont l'objectif est de mobiliser et développer la capacité du personnel d'entreprise afin d'obtenir de ce dernier une plus grande efficacité et une meilleure productivité (personnel – principal)

**I.10 Les Subdivisions Finance et Comptabilité :**

La finance et comptabilité est une technique de gestion normalisée qui consiste à saisir et enregistrer les mouvements affectant l'exploitation ou la structure d'une entreprise et résultant soit de son activité interne, soit de ses relations avec l'extérieur.

**I.11 Subdivision Moyens :**

Le rôle de la subdivision moyens est d'assurer un meilleur suivi et gestion des moyens internes au niveau de la centrale, L'élaboration de cette partie du rapport a pour principale source les différents enseignements tirés de la pratique journalière, les nombreux entretiens que j'ai pu avoir avec les employés des différents services de la société m'ont permis de donner une cohérence à cette partie rapport.

**I.12 Conclusion**

Nous avons tenté dans ce premier chapitre de présenter brièvement la centrale électrique de DRAA EL HADJA wilaya de M'SILA, et ses principales parties.

# Chapitre II :

## Généralités sur les turbines à gaz

## **II.1 Définition d'une turbine à gaz :**

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 énergétique 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, où 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. Elles sont largement utilisées dans les centrales électriques pour produire de l'électricité, mais peuvent également être utilisées dans d'autres applications telles que la propulsion de navires et d'avions.[3]

## **II.2 Historique de la turbine à gaz**

Les turbines à gaz modernes ont une présence significative dans notre vie quotidienne, que ce soit dans la génération d'électricité ou dans le domaine du transport aérien. L'évolution de la turbine à gaz est jalonnée de dates marquantes qui ont contribué à son développement :

- En 1791, le premier brevet relatif à une turbine à gaz a été décerné à John BARBER en Angleterre.
- Entre 1900 et 1904, l'Allemand Stolze a proposé une turbine à air chaud comprenant un compresseur axial multi-étage et une turbine axiale.
- En 1905, la conception de la turbine à explosion a été réalisée selon les travaux de Holzwarth.
- Entre 1909 et 1910, l'Allemagne a connu la première application industrielle d'une turbine à gaz.
- En 1933, la turbine de Holzwarth a été perfectionnée par Brown Boveri & Cie avec l'ajout d'une seconde chambre de combustion.
- En 1937, le premier groupe compresseur/turbine à gaz 'Houdry' a été mis en service à la raffinerie de Marcus Hook en Pennsylvanie, aux États-Unis.

- En 1939, la première turbine à gaz de 4000 KW a été mise en service à la centrale de Neuchâtel.

Ces jalons historiques ont contribué à l'évolution et à la diffusion des turbines à gaz dans diverses applications industrielles et technologiques.[4]

## II.3 Les éléments d'une turbine à gaz :

### II.3.1 Entrée d'air

Ce système intègre un mécanisme de filtration qui génère une perte de pression variable, allant de 0,3 % à 1,3 % (généralement exprimée en millimètres de colonne d'eau, soit de 30 à 130 mm CE), en fonction du degré d'encrassement. Cette perte de pression est quantifiée au moyen d'un coefficient spécifique, qui peut être ajusté pour correspondre à une perte de pression de référence de 0,6 % à pleine puissance.

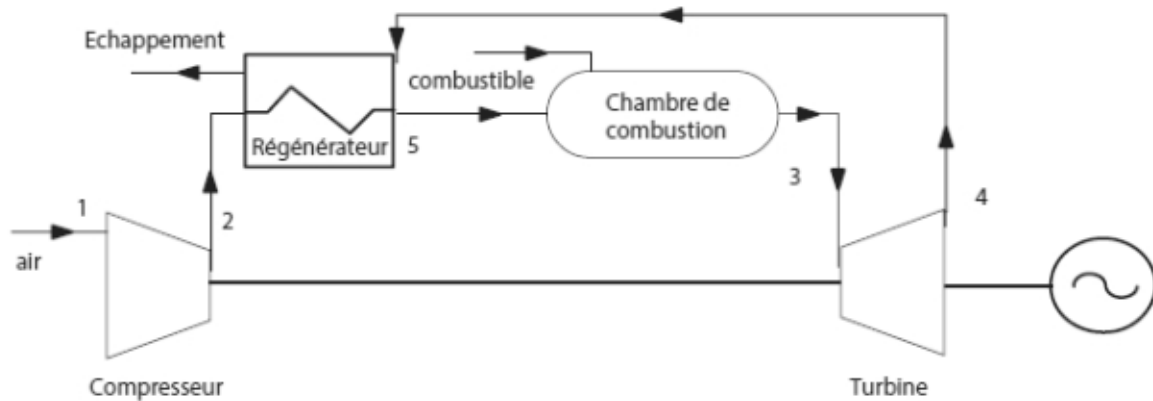


Figure II.1: les éléments principaux de la turbine à gaz.

Le refroidissement de l'air à l'entrée du système est envisageable, à condition de maintenir une température minimale de 5 à 7 °C afin d'éviter tout risque de formation de givre. Ce refroidissement peut être réalisé au moyen de systèmes de réfrigération par évaporation, de brumisation d'eau ou de fluide caloporteur froid. Les deux premiers systèmes sont particulièrement efficaces en présence d'air chaud et sec, exploitant l'enthalpie de vaporisation pour abaisser la température de l'air tout en augmentant son humidité relative à 90 % et 95 %, respectivement.[5]

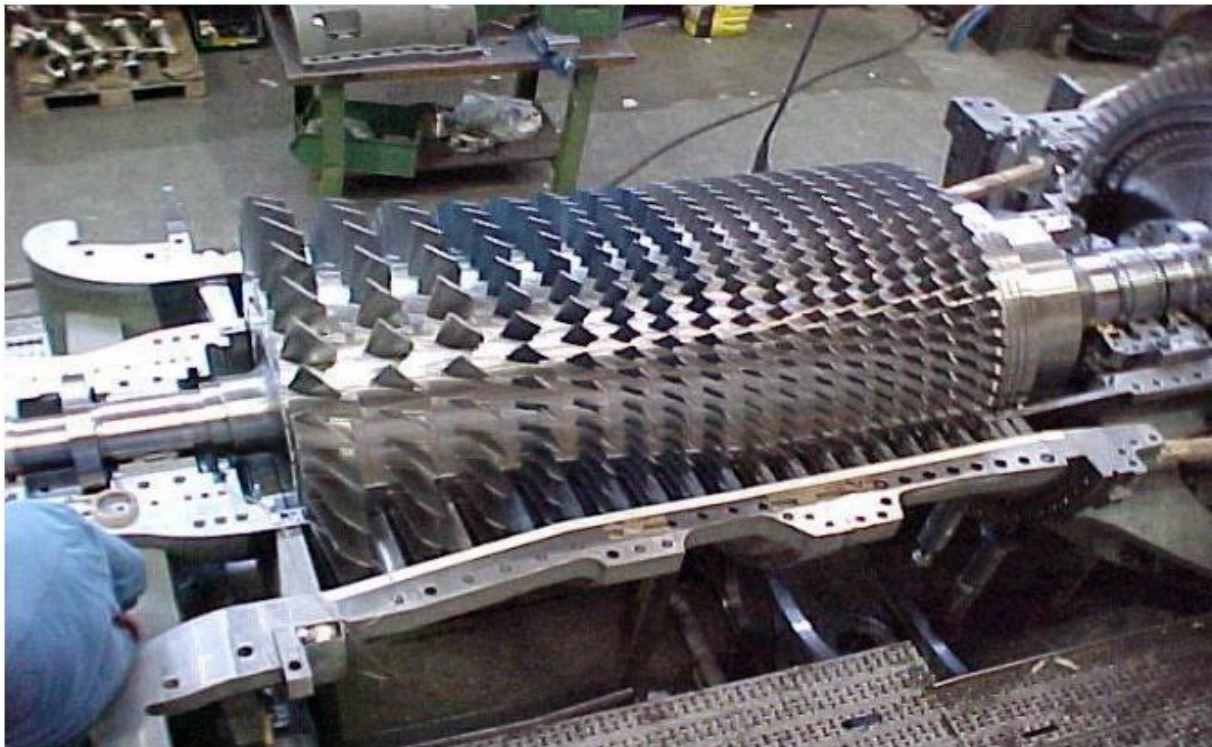
Il est crucial de mesurer la perte de pression à l'entrée de l'air pour évaluer l'encrassement des filtres en tenant compte des variations du débit d'air aspiré et des conditions atmosphériques.

Cette mesure permet d'obtenir une estimation précise de l'état des filtres en éliminant les influences externes.

### II.3.2 Le compresseur

Le compresseur dans une turbine à gaz représente un composant mécanique essentiel qui a pour objectif d'accroître la pression d'un gaz, ce qui se traduit par une augmentation de son énergie. Il se présente sous la forme d'une configuration axiale comprenant 17 étages de forme conique. La principale fonction du compresseur est d'augmenter la pression du fluide qui sera acheminé vers la turbine.

L'air est aspiré à partir de la pression atmosphérique standard de 1,013 bar et à une température ambiante. Il traverse le compresseur en suivant un trajet linéaire depuis son point d'admission jusqu'à sa sortie, où sa pression atteint 4,9 bar, et sa température dépasse les 200 degrés Celsius.



**Figure II.2 :** Compresseur de la turbine à gaz

Le mécanisme de fonctionnement repose sur deux types d'aubes distincts : les aubes rotatives, également appelées rotors, qui génèrent la force nécessaire pour augmenter la vitesse de l'air à chaque étage, et les aubes stationnaires, appelées stators, qui transforment cette vitesse en pression tout en guidant l'air vers l'étage suivant du rotor.

Une partie de l'air comprimé est dirigée vers les chambres de combustion pour alimenter le processus de combustion, tandis que l'autre portion est utilisée pour refroidir les tubes de flamme présents dans ces mêmes chambres de combustion.

Dans l'ensemble, le compresseur joue un rôle fondamental dans le processus de compression de l'air, ce qui prépare le fluide à son utilisation ultérieure dans le système de turbine à gaz.

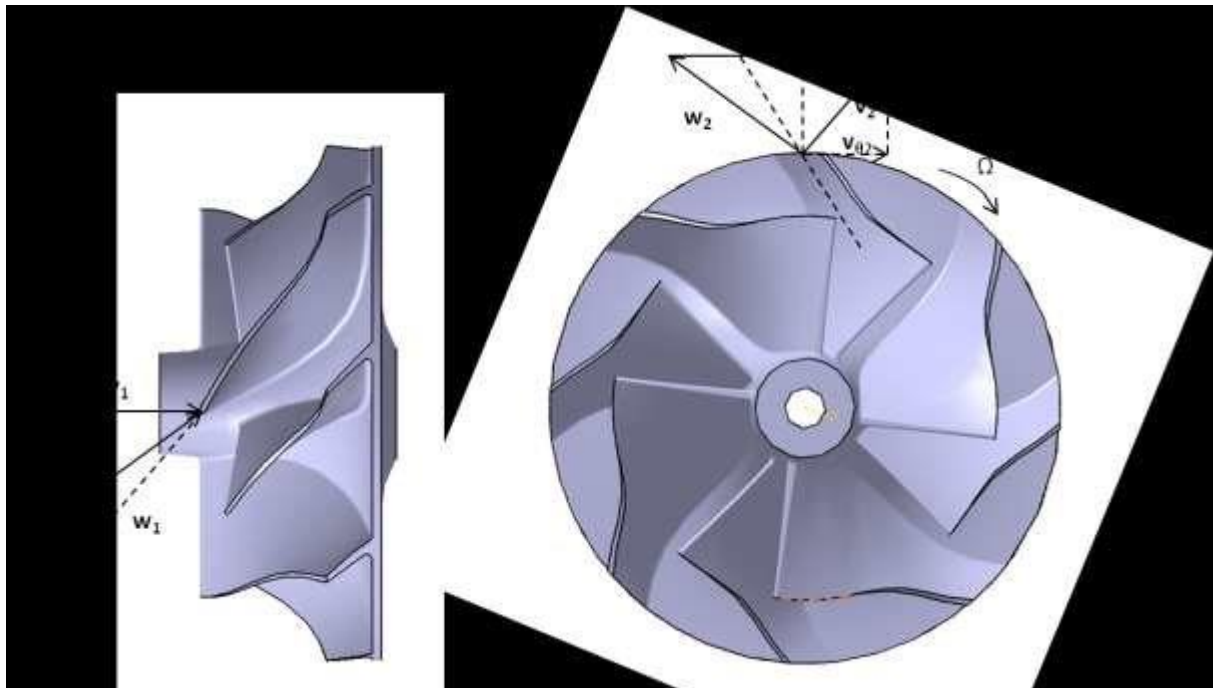
Le compresseur comprend :

- **Corps d'admission**

Le corps d'admission est situé sur la partie avant de la machine, sa fonction principale est de diriger l'air uniformément depuis le caisson d'aspiration jusqu'au compresseur.

- **Aubes du compresseur**

Les aubes du compresseur convertissent l'énergie mécanique en énergie cinétique en tournant les aubes et l'énergie cinétique en pression de l'air comprimé dans les aubes stationnaires et donc ensemble avec les ailettes contribuent à la hausse de pression (voir la figure II.3).



**Figure II.3:** les aubes de compresseur d'une TAG.

- **Rotor du compresseur**

Le rotor de compresseur est constitué d'un assemblage de disques portant des aubes et un bout d'arbre comportant entre une portée de palier.

### II.3.3 Chambre de combustion

La chambre de combustion au sein de la turbine à gaz joue un rôle essentiel dans le processus global. Elle a pour mission de garantir une combustion totale du mélange d'air comprimé provenant du compresseur et du gaz (ou carburant) injecté dans la chambre. De plus, elle doit minimiser la résistance à l'écoulement des gaz brûlés en direction de la turbine de détente. En d'autres termes, son objectif principal est de convertir l'énergie thermique de manière efficace.



**Figure II.4 :** La chambre de combustion

À l'intérieur de chaque chambre de combustion, on retrouve les tubes de flammes. Il est important de noter qu'au total, six chambres de combustion sont installées autour de la partie haute pression.

#### **A : Tubes de flammes**

Sert à la fois pour refroidir les parois et pour diluer et mélanger l'écoulement de l'air dans (le foyer) la chambre à combustion.

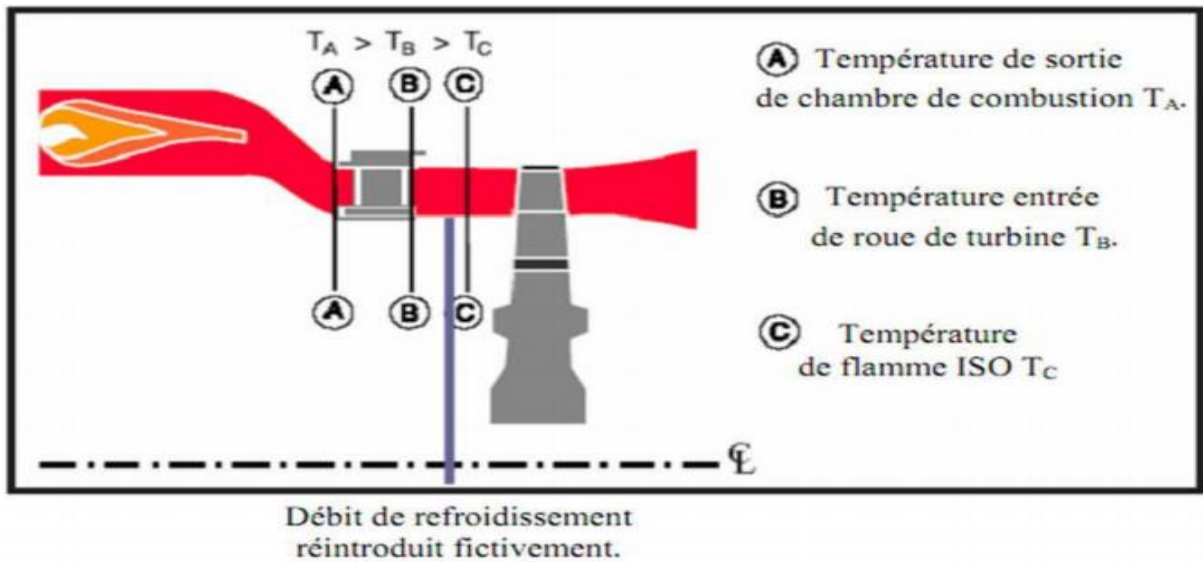


Figure II.5 : représentation des températures de flamme.

La température des gaz à la sortie de la chambre de combustion n'est pas mesurable car trop hétérogène et élevée et n'est accessible par formule que si le PCI du combustible est mesuré.

**B : Bougie d'allumage et détecteur de flamme**

Sur quatre chambres sont installées des bougies pour amorcer l'allumage qui se transmet de proche en proche grâce à une tuyauterie d'interconnexion entre les chambres. Sur deux autres chambres sont installées généralement des détecteurs de flamme à ultraviolets.

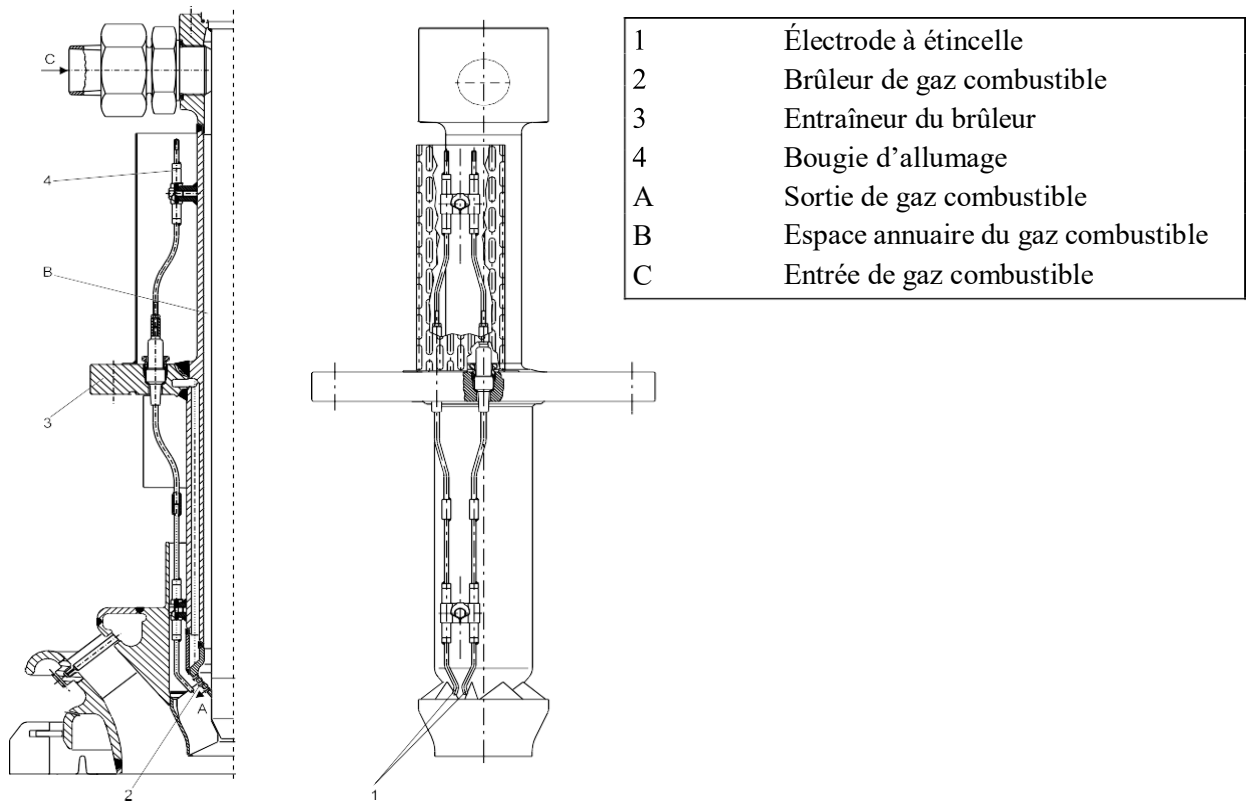


Figure II.6 : schéma dispositif d'allumage

### II.3.4 Moteur de lancement :

Les turbines à gaz ont besoin d'un système qu'il leur permette, en arrêt, d'être accélérées, les profils préétablis de vitesse-temps demandés par des procédures spécifiques.

Quand la turbine à gaz rejoint la vitesse suffisante à développer une adéquate couple motrice, le système de démarrage statique est disconnecté de l'alternateur parce que le group est capable d'accélérer tout seul jusqu'à la vitesse synchrone.

Le principe du démarreur statique est de démarrer le générateur synchrone commémoteur, en l'excitant opportunément par la même excitatrice principale et en alimentant son stator à tension et fréquence variable juste par un convertisseur statique de puissance.

### II.3.5 Turbine (détente) :

Produit du travail mécanique par la détente des gaz de combustion pour entraîner le compresseur ou l'alternateur.

### II.3.6 Partie turbine :

#### • Turbine à haute-pression HP

La turbine à haute pression possède deux étages à écoulement axial, l'ensemble des deux disques (étages) sont montée à l'arrière de l'arbre du compresseur et porte les aubes en alliage réfractaire.



Figure II.7 : Caisse turbine du compresseur (HP)

**• Turbine à basse pression BP**

Elle comprend deux étages à écoulement axial, chargé de transmettre la puissance utile à la machine accouplée à la turbine.

**• La directrice (tuyère)**

Se trouve entre la partie HP et BP. La directrice de deuxième étage comprend les cloisons (déflecteurs) formant une directrice à angle variable dans l'espace circulaire de la veine des gaz, juste à l'avant de la turbine du deuxième étage. Ces cloisons peuvent être déplacées en même temps grâce à des arbres saillant dans la caisse de la turbine à travers des douilles. Des leviers, fixés à l'extrémité des arbres, sont reliés par des maillons à des montants d'une bague de commande qui tourne sous l'action d'un cylindre hydraulique.

**II.4 Classification des turbines à gaz :**

Les turbines à gaz peuvent être classées selon différents critères. Voici une classification courante des turbines à gaz :

**1. Classification basée sur le cycle de fonctionnement :**

- Turbines à gaz à cycle simple : Ces turbines utilisent uniquement la combustion du carburant pour produire de l'énergie mécanique.
- Turbines à gaz à cycle combiné : Ces turbines à gaz sont associées à une turbine à vapeur, où la chaleur résiduelle des gaz d'échappement est utilisée pour produire de la vapeur, qui alimente ensuite une turbine à vapeur supplémentaire. Cela permet d'optimiser l'efficacité globale de la centrale électrique.

**2. Classification basée sur la pression de fonctionnement :**

- Turbines à gaz à pression atmosphérique : Ces turbines fonctionnent à une pression atmosphérique normale.
- Turbines à gaz à haute pression : Ces turbines fonctionnent à des pressions plus élevées et sont utilisées dans des applications industrielles spécifiques, telles que la compression de gaz naturel.

**3. Classification basée sur la méthode de combustion :**

- Turbines à gaz à combustion annulaire : Ces turbines utilisent une chambre de combustion annulaire, où plusieurs brûleurs sont disposés en anneau. Cela permet une combustion plus stable et une répartition uniforme de la chaleur.
- Turbines à gaz à combustion séquentielle :

Ces turbines utilisent une chambre de combustion séquentielle, où les brûleurs sont disposés en série le long de la turbine. Cela permet une combustion progressive et un contrôle précis des émissions.

**4. Classification basée sur l'application :**

- Turbines à gaz industrielles : Utilisées pour la production d'énergie mécanique dans l'industrie, telles que les compresseurs de gaz, les pompes, les générateurs électriques industriels, etc.
- Turbines à gaz aéronautiques : Utilisées dans l'aviation pour la propulsion des avions.

**5. Classification basée sur la taille et la puissance :**

- Petites turbines à gaz : Utilisées dans des applications de petite échelle, telles que les systèmes de cogénération résidentielle ou les petites centrales électriques.
- Grandes turbines à gaz : Utilisées dans les centrales électriques de grande envergure, avec des capacités de puissance élevées.

Ces classifications ne sont pas exhaustives et il existe d'autres critères spécifiques sur lesquels les turbines à gaz peuvent être classées, en fonction des besoins et des contextes particuliers.[6]

**II.4.1 Par le mode de construction :**

Turbine à gaz à combustion annulaire : utilise une configuration de combustion annulaire, ce qui signifie que la chambre de combustion entoure la turbine. Cette conception permet une meilleure répartition de la chaleur et une combustion plus stable.

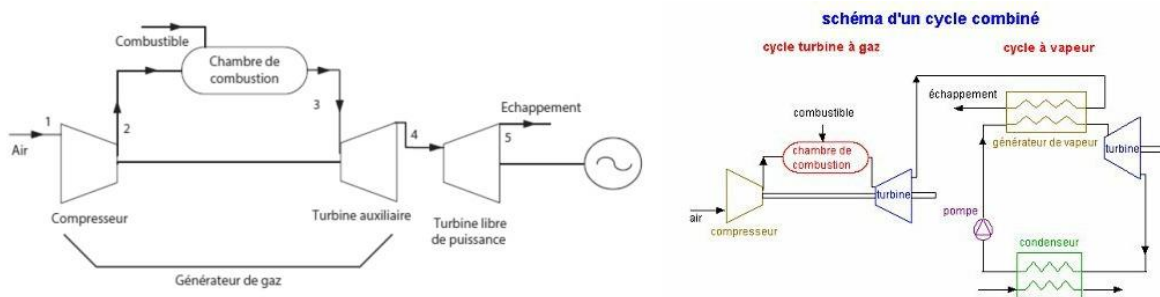


Figure II.8 : schéma de configuration de la chambre de combustion

**II.4.2 Par le mode de travail :**

- Turbine à gaz à cycle ouvert : est principalement utilisée comme une turbine à gaz à cycle ouvert, où le combustible est brûlé dans la chambre de combustion, l'air comprimé

est chauffé, et la puissance mécanique est générée par la turbine pour entraîner un générateur électrique.

- Turbine à gaz à cycle combiné : être utilisée dans des centrales à cycle combiné, où les gaz d'échappement chauds sont récupérés pour alimenter une turbine à vapeur supplémentaire. Cela permet d'exploiter la chaleur résiduelle et d'améliorer l'efficacité globale de la centrale électrique.

### **II.4.3 Par le mode fonctionnement thermodynamique :**

- Cycle Brayton : La turbine à gaz suit le cycle Brayton, également connu sous le nom de cycle à air standard. Dans ce cycle, l'air est comprimé, chauffé par la combustion du combustible, puis expansé dans la turbine pour produire de l'énergie mécanique.
- Cycle combiné : Lorsqu'elle est utilisée dans une configuration de cycle combiné, suit un cycle combiné de Brayton-Rankine. Cela inclut le cycle Brayton pour la turbine à gaz et le cycle Rankine pour la turbine à vapeur, qui utilise la chaleur récupérée des gaz d'échappement pour générer de l'énergie supplémentaire.

Ces classifications soulignent les différentes configurations dans lesquelles cette turbine peut être utilisée pour la production d'électricité et mettent en évidence son potentiel pour une utilisation efficace de l'énergie.

### **II.5 principes de fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement de la turbine à gaz repose sur plusieurs étapes clés. Tout d'abord, l'air ambiant est aspiré et comprimé par un compresseur axial à plusieurs étages. Ce compresseur augmente la pression de l'air en le comprimant, ce qui augmente sa densité et prépare l'air à la combustion.

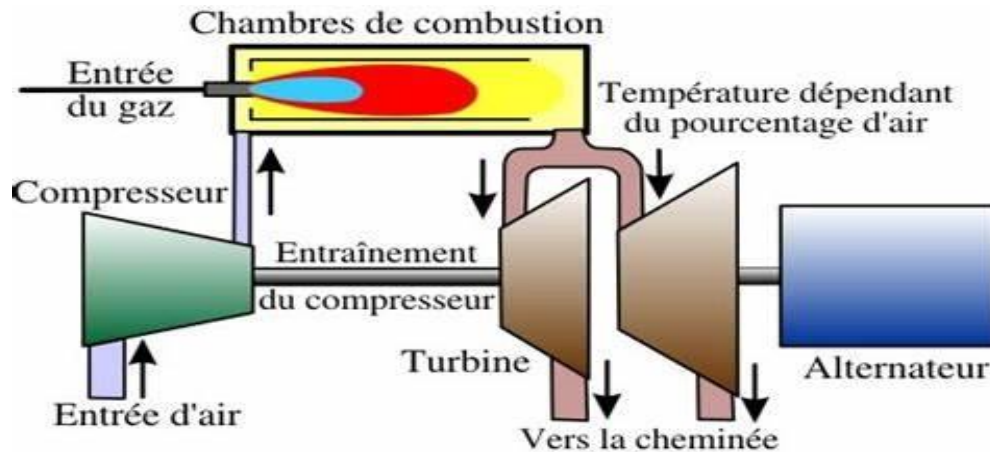


Figure II.9 : schéma descriptif d'une turbine à gaz

Ensuite, le carburant est injecté dans la chambre de combustion, où il se mélange avec l'air comprimé. Une bougie d'allumage enflamme ce mélange, déclenchant la combustion. Cette réaction génère une forte augmentation de la température et de la pression des gaz d'échappement.

Les gaz d'échappement chauds sont ensuite dirigés vers la section de la turbine. La turbine est composée de rangées d'aubes fixes et mobiles. Les gaz d'échappement passent à travers ces aubes, transférant une partie de leur énergie cinétique et de leur pression à la turbine. L'action de l'accélération des gaz d'échappement fait tourner la turbine à grande vitesse.

La rotation de la turbine entraîne un arbre de transmission connecté à un générateur électrique. L'énergie mécanique de rotation est ainsi convertie en énergie électrique. La quantité d'énergie produite dépend de la taille de la turbine et des conditions de fonctionnement.

Après avoir transféré leur énergie à la turbine, les gaz d'échappement sont rejetés dans l'atmosphère à travers un système d'échappement approprié. Des dispositifs de contrôle des émissions peuvent être utilisés pour réduire les polluants avant leur rejet.

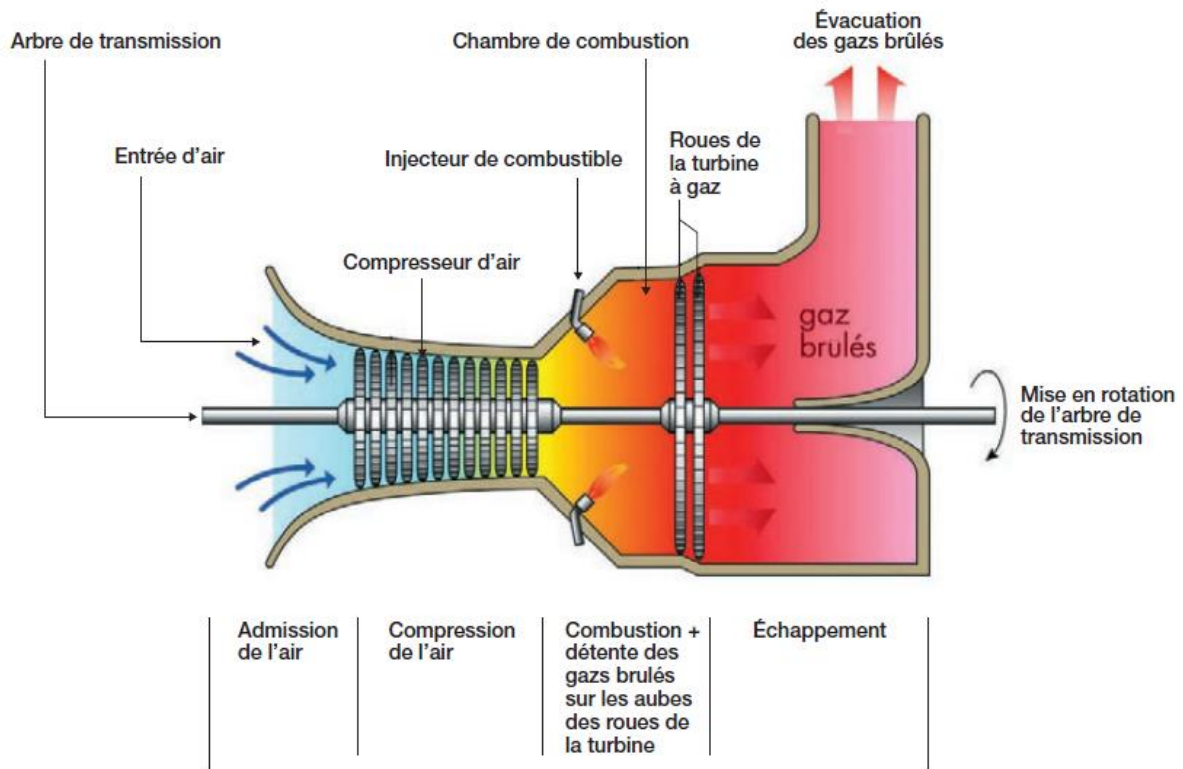


Figure II.10 : principe d'une turbine à gaz bi-arbre

En résumé, le fonctionnement de la turbine à gaz implique la compression de l'air, l'injection de carburant et la combustion dans la chambre de combustion, l'expansion des gaz d'échappement à travers la turbine pour produire de l'énergie mécanique, et la conversion de cette énergie en énergie électrique via un générateur. Ce processus permet d'obtenir une source d'énergie efficace pour la production d'électricité.

## II.6 Types des turbines à gaz :

Il existe plusieurs types de turbines à gaz, qui varient en fonction de leur configuration, de leur taille et de leur application spécifique.

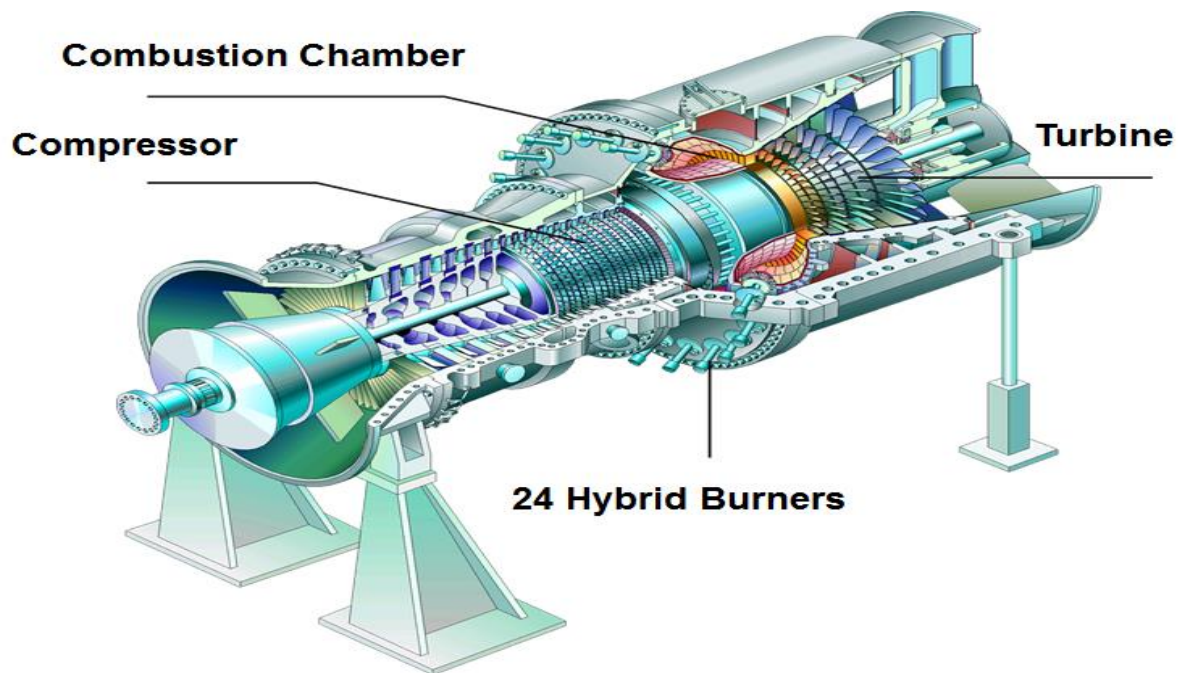
Voici quelques-uns des types courants de turbines à gaz :

- ❖ **Turbines à gaz à cycle simple** : Ce sont les turbines à gaz les plus simples, qui utilisent uniquement la combustion du carburant pour produire de l'énergie mécanique. Elles sont souvent utilisées dans les centrales électriques de petite et moyenne taille, ainsi que dans des applications industrielles spécifiques.
- ❖ **Turbines à gaz à cycle combiné** : Ces turbines à gaz sont utilisées dans les centrales électriques à cycle combiné, où la chaleur résiduelle des gaz d'échappement de la turbine est récupérée pour produire de la vapeur. Cette vapeur alimente ensuite une turbine à vapeur supplémentaire, augmentant ainsi l'efficacité globale de la centrale électrique.
- ❖ **Turbines à gaz à chambre de combustion annulaire** : Ces turbines utilisent une configuration spéciale de la chambre de combustion, dans laquelle plusieurs brûleurs sont disposés en anneau. Cela permet d'obtenir une combustion plus stable, une meilleure répartition de la chaleur et une réduction des émissions de polluants.
- ❖ **Turbines à gaz à refroidissement par air** : Ces turbines à gaz utilisent de l'air ambiant pour refroidir les aubes de turbine, améliorant ainsi leur efficacité et leur durabilité. Cela permet également d'éliminer la nécessité de circuits de refroidissement d'eau séparés.
- ❖ **Turbines à gaz à cycle fermé** : Ces turbines à gaz fonctionnent dans un système fermé, où l'air de combustion est recyclé et utilisé à plusieurs reprises pour augmenter l'efficacité. Elles sont souvent utilisées dans des applications spéciales telles que la propulsion navale ou l'industrie pétrolière offshore.

Il est important de noter que chaque type de turbine à gaz a ses propres avantages, inconvénients et domaines d'application spécifiques. Les fabricants de turbines à gaz, tels que General Electric, Siemens et Mitsubishi, proposent différents modèles et configurations adaptés aux besoins des différentes industries et applications.

### **II.6.1 Sections de la turbine à gaz :**

La turbine à gaz se divise à trois sections principales :



**Figure II.11** : Turbine à gaz SIEMENS V94.3A.

Caractéristique de fonctionnement de la turbine à gaz V92.3 :

## **II.6.2 Les auxiliaires de turbine à gaz V92.3 :**

### **II.6.2.1 Système de démarrage :**

Les turbines à gaz ont besoin d'un système qu'il leur permette, en arrêt, d'être accélérées, en suivant les profils préétablis de vitesse-temps demandés par les procédures spécifiques.

Quand la turbine à gaz rejoint la vitesse suffisante à développer une adéquate couple motrice, le système de démarrage statique est disconnecté de l'alternateur parce que le group est capable d'accélérer tout seul jusqu'à la vitesse synchrone.

Le principe du démarreur statique est de démarrer le générateur synchrone comme moteur, en l'excitant opportunément par la même excitatrice principale et en alimentant son stator à tension et fréquence variable juste par un convertisseur statique de puissance.

Pendant le développement du projet les informations plus détaillées sont disponibles dans les documents suivants (disponible seulement dans la copie électronique de ce

manuel de formation) :

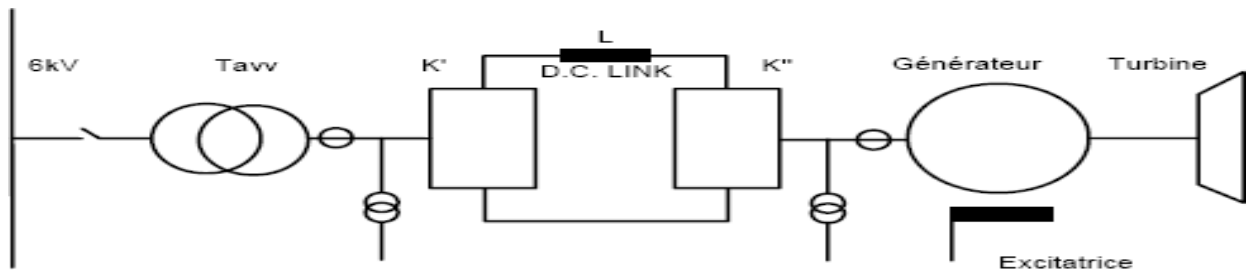


Figure II.12 : Schéma général de principe

Le démarreur statique est alimenté du transformateur de démarrage  $T_{AVV}$  qui est alimenté du système d'alimentation des services auxiliaires de centrale à 6 kV. La sortie du démarreur est connectée à l'alternateur par un ou plus sectionneurs.

En ligne de principe le système de démarrage statique inclut :

- Un transformateur réducteur TAVV
- Un convertisseur (redresseur  $K'$ ) qui travaille à tension et fréquence fixe (convertisseur côté réseau)
- Un réacteur de nivelage (pour réduire le ripple du courant) dans le circuit en courant continu
- Un convertisseur (inverseur  $K''$ ) qui travaille à tension et fréquence variable (convertisseur côté alternateur)
- Transducteurs du courant insérés côté réseau, sur les phases d'alimentation en entrée au redresseur  $K'$ , et côté machine, sur les phases de sortie de l'inverseur  $K''$ , pour mesurer le courant nécessaire à la régulation et aux protections
- Transducteurs de tension insérés côté réseau et côté machine pour mesurer la tension alternative de synchronisme pour l'amorçage des thyristors, pour les protections de tension et de max vitesse
- Un système de régulation et de contrôle digital composé par :
  - Régulateur de vitesse
  - Régulateur du courant
  - Déphaseur pour l'amorçage des thyristors côté machine et côté réseau
  - Mesure et élaboration des grandeurs électriques prévenantes des transducteurs
  - Protections et logiques de bloc du système

- Circuits d'amorçage des thyristors
- Connexions par fibres optiques entre contrôle et convertisseur de puissance
- PLC pour les séquences de démarrage, arrêt et pour le contrôle des dispositifs auxiliaires du convertisseur

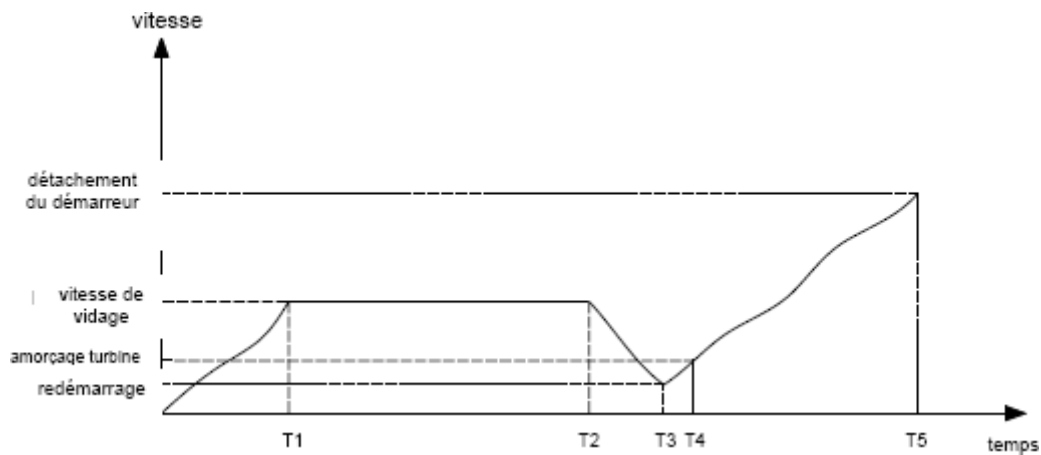


Figure II.12 : Diagramme du démarrage

Les valeurs typiques des paramètres du diagramme sont les suivantes.

*Vitesse de*

*vidage* = entre

700 et 800 t/m

$T2-T1$  = durée du vidage (> 5 min, typiquement 10 min)

*Redémarrage* = vitesse à qui le démarreur commence à accélérer le groupe

$T3-T2$  = durée de la décélération (environ 4 min)

*Amorçage turbine* = vitesse à laquelle la turbine est capable de s'amorcer (environ 370 t/m)

*Détachement du démarreur* = vitesse de détachement du démarreur de la turbine (≈2100 t/m)

$T5-T3$  = durée de la phase d'accélération jusqu'au détachement du démarreur (max 5 min)

### II.6.2.2 Compression :

Le compresseur à écoulement axial est formé de rotor de compresseur et d'un carter qui inclut des directrices de sortie.

Dans le compresseur, l'air est confiné dans l'espace entre le rotor et les aubages du stator où il est comprimé dans des étages par une série de rotations alternatives du rotor et des aubes stationnaires fixes du stator, les aubes motrices assurent la force nécessaire pour la compression d'air à chaque étage et les aubes fixes guident l'air de manière qu'il entre dans l'étage suivant du rotor à l'angle adéquat. L'air qui est comprimé de 6 à 7 bars sort par le carter de refoulement du compresseur entre le revêtement de combustion et les chambres de combustion. L'air est extrait du 10<sup>ème</sup> étage du compresseur pour le refroidissement de la turbine et pour l'étanchement de l'huile de graissage du palier.

### **II.7 Influence des paramètres extérieurs sur les performances des turbines :**

Une turbine à gaz emploie de l'air atmosphérique donc ses performances sont considérablement influencées par tous les facteurs qui ont un effet sur le débit massique de l'air aspiré par le compresseur.[7]

#### **II.7.1- Température ambiante**

Les variations de la température ambiante ont un impact sur la puissance de la charge totale et du rapport de chaleur, mais également sur les performances de la turbine de puissance. Les fabricants donnent les diagrammes typiques des performances qui décrivent ces rapports pour des conditions standard (ISO).

Ces courbes sont le résultat de l'interaction entre les divers éléments mobiles et le système de contrôle.

L'augmentation de la température ambiante baisse la masse volumique d'air d'admission, de ce fait une réduction du débit massique traversant la turbine, et cela conduit à une réduction du rendement à la sortie.

Le taux de compression, à une vitesse constante, devient plus petit avec l'augmentation de la température. Ceci peut être déterminé à partir du diagramme de Mollier, prouvant que plus la température d'admission est haute, plus du travail absorbé est exigé pour réaliser une certaine élévation de pression. Le travail accru doit être fourni par la turbine de générateur de gaz, et ainsi une puissance perdue de la turbine libre.

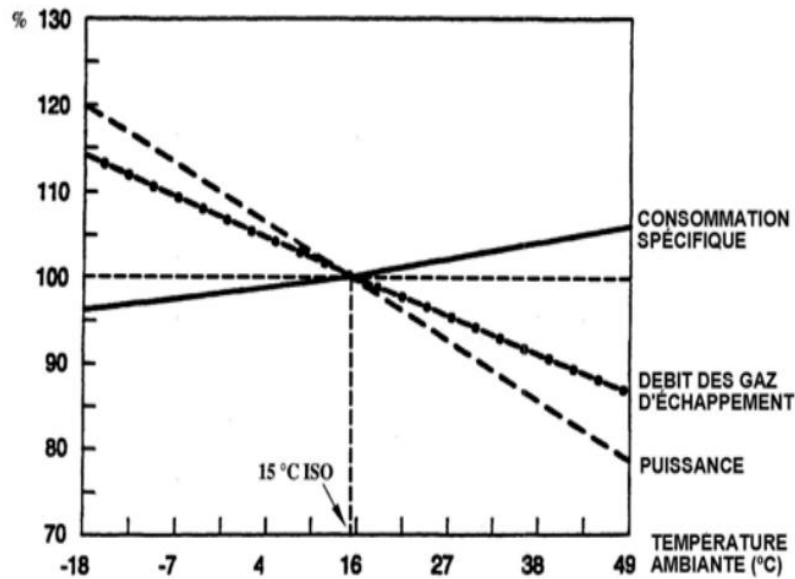


Figure II.13 : Influence de la température ambiante sur les performances de la turbine

### II.7.2 Pertes de pression à l'admission et à l'échappement

Le système d'admission se compose d'un ou plusieurs systèmes de filtration, d'un silencieux, d'une canalisation, d'un humidificateur, du refroidisseur par évaporation, et d'autres systèmes. Le dispositif d'échappement peut inclure un silencieux, une canalisation, et des systèmes de régénération de la chaleur de récupération.

Tous ces systèmes causent des chutes de pression. Ces pertes inévitables de pression dans l'admission et le dispositif d'échappement causent une réduction dans la puissance et le rendement du cycle de la machine.

### II.7.3 Pression ambiante

L'altitude d'emplacement de l'équipement ou simplement le changement des conditions atmosphériques entraîne la réduction de la masse volumique d'air influe sur la puissance de sortie de la TAG.

### II.7.4 Carburant

L'influence de la composition du carburant sur les performances des TAG est plutôt complexe, l'effet positif sur la performance est plutôt petit si le carburant est le gaz naturel.

Le gaz carburant avec une grande quantité de composants inertes (tels que (CO<sub>2</sub>) ou (N<sub>2</sub>)) a un bas indice de Wobbe \* (PCS / ρ), alors que les substances avec une grande quantité des hydrocarbures plus lourds ont un indice de Wobbe élevé.

Cet indice est utilisé dans les applications domestiques du gaz pour déterminer les pressions d'alimentation à appliquer à un injecteur pour conserver la puissance pour des pressions variables.

Généralement les moteurs fourniront légèrement plus de puissance si l'indice de Wobbe est réduit.[6]

**Indice de wobbe :** L'indice de Wobbe est une mesure utilisée dans le domaine de la combustion et de la combustion des gaz. Il est principalement utilisé pour évaluer la compatibilité des différents types de gaz naturel et de gaz de synthèse avec les appareils de combustion, tels que les brûleurs de chaudières ou les turbines à gaz. L'indice de Wobbe est défini comme la valeur calorifique inférieure (PCI) d'un gaz, divisée par la racine carrée de sa densité relative.

### II.7.5 - Humidité relative

L'impact sur les performances de la TAG sera mieux décrit par la teneur en eau d'air.

Puisque la concentration d'eau dans l'air pour la même humidité relative augmente avec l'augmentation de la température, les effets sur les performances de la machine sont négligeables pour de basses températures ambiantes.

Ces effets sont assez petits dans la gamme d'humidité de 1 à 2 % si les températures vont jusqu'à 38°C. Comme la teneur en eau change les propriétés thermodynamiques de l'air (telles que la densité et la capacité calorifique), elle cause les changements de performances des TAG.

### II.8 Le cycle idéal de la turbine à gaz

L'étude du cycle thermodynamique correspondant au schéma est particulièrement facile, cette étude présente un grand intérêt pratique, car la plupart des turbines à gaz sont réalisées à base du cycle de Baryton. La conversion de la chaleur dégagée de la combustion du carburant en énergie mécanique dans une turbine à gaz est réalisée suivant ce cycle.

Il est représenté dans un diagramme h-s comme indiqué dans **(la figure II.8)**.

Le cycle de Baryton ou Joule comme comporte deux processus isentropiques (adiabatiques et réversibles) et un processus isobare, les grandeurs principales qui fixent le cycle thermodynamique de turbine à gaz sont :

- ❖ La température minimale  $T_1$  (température ambiante dans le cas du cycle Ouvert).
- ❖ La température maximale  $T_3$  du cycle fixé par le constructeur elle varie entre 900 C° et 1500 C°.
- ❖ Le rapport de pression ou taux de compression  $R_p = P_2/P_1$ .

On cherche à connaître les performances de l'installation en fonction des paramètres caractéristiques que sont :  $T_1$ ,  $T_3$  et  $R_p = P_2/P_1$

Dans le cycle idéal de Joule les processus : la compression (1-2) et la détente (3-4) se produisent dans le compresseur et la turbine respectivement et sont supposés isentropiques. La chaleur additionnée (2-3) dans la chambre de combustion et le rejet (4-1) se produisent à pression constante.

Les gaz à la sortie de la turbine sont évacués dans l'atmosphère ; donc le processus (4-1) ne se produit pas au sein de l'unité. D'autres hypothèses pour le cycle idéal de Joule sont comme suit :

- 1- Les pertes de pression dans la chambre de combustion et les passages reliant les équipements sont négligeables.
- 2- Le fluide de fonctionnement est un gaz parfait.

Le cycle idéal de Joule dans les diagrammes p-v et T-s est montré sur les figures ci-dessus.

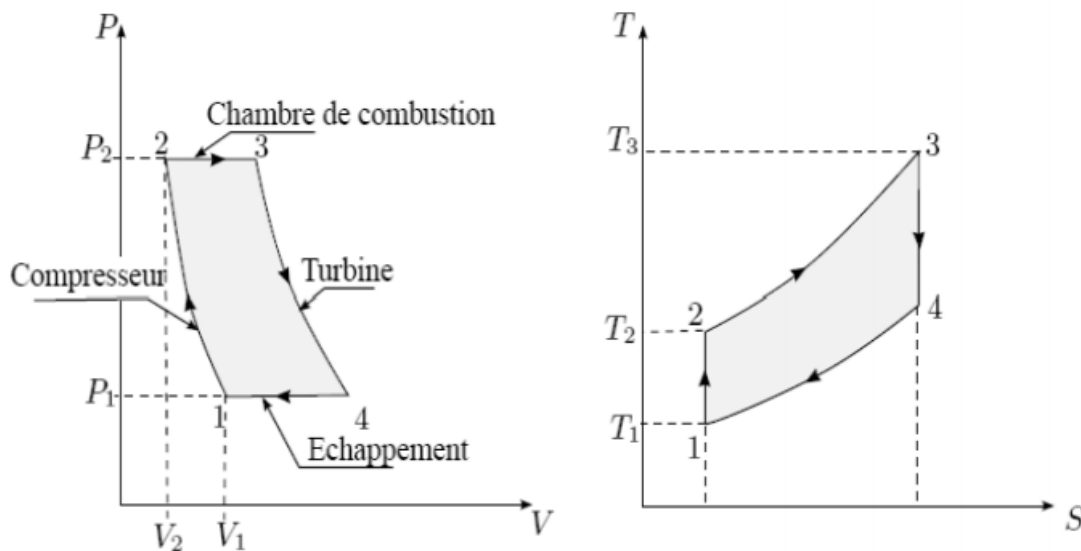


Figure II.14 : cycle idéal d'une turbine à gaz [5]

En considérant que le compresseur et la turbine comme des machines parfaites dont le rendement polytropique est égal à l'unité.

### Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exploré en détail le fascinant monde des turbomachines, ces dispositifs qui jouent un rôle essentiel dans la production d'énergie. Notre voyage a commencé par une introduction générale à ces machines, suivie d'un focus approfondi sur les turbines à gaz.

Nous avons plongé dans l'histoire captivante de l'évolution des turbines à gaz, découvrant comment ces machines ont progressé au fil du temps pour répondre aux besoins croissants en

énergie. De plus, nous avons examiné comment les turbines à gaz sont classées en fonction de divers critères, ce qui nous a permis de mieux comprendre leurs différentes applications et configurations.

Enfin, nous n'avons pas négligé les aspects pratiques. Nous avons pesé les avantages et les inconvénients des turbines à gaz, offrant ainsi un aperçu complet de ces machines qui jouent un rôle crucial dans la production d'électricité et d'autres domaines industriels. Notre objectif était de vous donner une vision complète et détaillée des turbines à gaz, de leur histoire à leurs caractéristiques actuelles.

Chapitre III :  
étude descriptive de la  
turbine à gaz V94.3A

**III.1 Introduction :**

La turbine à gaz V94.3 est un modèle spécifique de turbine à gaz fabriqué par la société General Electric (GE). Elle fait partie de la série V de turbines à gaz de GE, qui est largement utilisée dans le secteur de la production d'électricité et d'autres applications industrielles.

La turbine à gaz V94.3 est conçue pour des applications de production d'électricité à grande échelle, notamment dans les centrales électriques à cycle combiné. Elle est souvent utilisée en association avec une chaudière à récupération de chaleur, ce qui permet d'optimiser l'efficacité globale du système

L'objectif de ce chapitre est de présenter une étude descriptive des différentes sections et systèmes de l'installation de la turbine à gaz V94.3.

**III.2 Caractéristique technique de la turbine à gaz V94.3 :**

La turbine à gaz V94.3, développée par Siemens Energy, est un modèle de turbine à gaz largement utilisé dans les applications de centrales électriques à un seul arbre et un seul corps d'une puissance nominale d'environ de 140 MW. [9]

Les caractéristiques constructives du modèle V94.3 sont :

**Vue d'ensemble :**

- ❖ Deux-arbre, industrielle.
- ❖ Transmission mécanique : 13.40 MW.
- ❖ Rendement de l'arbre : 36,2%.
- ❖ Le taux de chaleur : 9,943 kJ / kWh (7028 Btu / bhph).
- ❖ Pleine charge vitesse de la turbine de puissance : 8000 -10 000 tr/min.
- ❖ Taux de compression du compresseur : 16,8 : 1.
- ❖ Débit de gaz d'échappement : 39,4 kg / s (86,8 lb / s).
- ❖ La température d'échappement : 555 ° C (1031 ° F).
- ❖ Les émissions typiques : NOx : <15 ppmV et CO : <10 ppm de volume (corrigé 15% O2 sec).
- ❖ La capacité des carburants de valeur à moyen calorifique (> 25 MJ / Nm3 Wobbe index).

**Axial Compresseur :**

- ❖ Flux axiale conception du compresseur transsonique 11 Étages.
- ❖ Aube de guidage d'entrée variables ET stators.
- ❖ Rapport de pression : (ISO) 16,7 : 1.
- ❖ Débit d'air: (ISO) 38,9 kg / s.
- ❖ Vitesse nominale : 14 100 tr / min.

**Combustion :**

- ❖ 6 chambres inverses de tubulaires de combustion d'Écoulement.
- ❖ Dry Low Emissions (DLE) Combustion System.
- ❖ Unique allumeur haute énergie Dans chaque chambre.
- ❖ Possibilité d'injection de vapeur verser Le Pouvoir augmentation.

**Système de carburant :**

- ❖ Gaz naturel - liquide carburant - à double carburant.
- ❖ Combustibles Autres Capacité sur demande.

**Tableau 1:** Schéma de caractéristique technique de la TAG V94.3A

Type	<b>TAG V94.3A</b>
Fournisseur	<b>ANSALDO ENERGIE</b>
Fabricant	<b>SIEMENS</b>
Puissance nominale (ISO)	<b>232 MW</b>
Puissance à 30°C	<b>212.85 MW</b>
Puissance à 40°C	<b>199.7 MW</b>
Poids	<b>272 tonnes</b>
Fréquence	<b>50 HZ</b>
Température des gaz d'échappement	<b>571°C</b>
Nombre d'étages	<b>4</b>
Consommation spécifique à 30°C	<b>2.373kCal/ KWh</b>
Consommation spécifique à 40°C	<b>2.428kCal/kWh</b>
Débit massique des gaz d'échappement	<b>692 kg/s</b>
Régime de fonctionnement	<b>3000 tr/min</b>
Poids du rotor avec les couronnes d'aubes	<b>98 tonnes</b>

### III.2.1 caractéristique technique du Compresseur

Le compresseur volumétrique intégré à la turbine SIEMENS V94.3A adopte une configuration axiale composée de 17 étages de compression.

Chaque étage de compression se compose d'une paire d'aubes distinctes :

- Un aubage rotorique, positionné en couronne sur l'arbre.
- Un aubage statorique, situé sur la face interne de l'enveloppe extérieure.

Pour prévenir le phénomène de pompage, également connu sous le nom d'instabilité de décollement, qui se produit lorsque la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'un compresseur devient excessive, des dispositifs de protection contre le pompage sont en place. Ces dispositifs veillent à ce que le compresseur ne réduise pas excessivement son débit. Lorsque le décollement se produit au niveau des aubes du compresseur, l'écoulement des gaz n'est plus maîtrisé de manière adéquate. Cette augmentation de pression est limitée par les mesures de protection contre le pompage, garantissant ainsi un fonctionnement stable du compresseur.

Les aubes statoriques jouent un rôle essentiel en dirigeant l'air aspiré étape par étape vers la sortie du compresseur, où il subit une augmentation de pression grâce aux aubes rotoriques qui accélèrent son écoulement. Le pourcentage d'ouverture des aubes mobiles varie en fonction de la demande de production d'électricité. En d'autres termes, à mesure que le pourcentage d'ouverture augmente, le volume d'air aspiré augmente également, ce qui se traduit par une augmentation de la pression. Ce processus est contrôlé à l'aide d'un capteur de position angulaire pour garantir une régulation précise.

#### III.2.1.1 Caractéristique du compresseur

Type	Axial
Nombre d'étage	<b>15</b>
Nombre d'étage d'aubes directrices à orientation variable (IGV)	<b>1</b>
Points de soutirage en aval de l'étage des aubes fixes.	<b>5</b>
Points de soutirage en aval de l'étage des aubes fixes.	<b>10</b>
Points de soutirage en aval de l'étage des aubes mobiles.	<b>15</b>
Taux de compression	<b>18</b>

### III.2.2 Caractéristique technique de la Chambre de combustion

La turbine à gaz SIEMENS est équipée de vingt-quatre brûleurs hybrides qui sont soigneusement répartis de manière uniforme autour du périmètre de la chambre de combustion annulaire, comme indiqué dans le tableau 6. Cette disposition est conçue pour garantir une répartition homogène de la température à l'intérieur de la chambre de combustion. La structure de la chambre de combustion se compose de deux parties distinctes :

1. **La section du moyeu** : Cette partie centrale, englobe le rotor et est conçue sans la présence de joints. Cela contribue à maintenir l'étanchéité de la chambre de combustion tout en évitant les fuites indésirables.
2. **La chemise de pression** : Cette composante est traversée horizontalement par un joint d'enveloppe. Les brûleurs hybrides sont disposés stratégiquement à l'intérieur de cette chemise de pression pour garantir un processus de combustion efficace et contrôlé.

Cette configuration ingénieuse assure non seulement une répartition uniforme de la température dans la chambre de combustion, mais elle contribue également à maintenir l'intégrité structurelle de la turbine à gaz SIEMENS, en minimisant les pertes d'étanchéité potentielles.

**Tableau 3:** schéma de caractéristique de la chambre de combustion.

<b>Chambre de combustion</b>	
Type	<b>Annulaire</b>
Débit de gaz d'échappement	<b>629 kg/s</b>
Nombre de dispositifs d'allumage des brûleurs	<b>1</b>
Type d'éléments de surveillance de flamme	<b>Capteurs de flamme</b>
Nombre d'éléments de surveillance de flamme	<b>2</b>
Nombre de transmetteurs de pulsations	<b>8</b>
Nombre de brûleurs	<b>24</b>
Volume de la chambre	<b>5.32m<sup>3</sup></b>

### III.2.3 Caractéristique technique de La turbine de détente

Les gaz chauds provenant de la chambre de combustion subissent une détente à travers une turbine composée de quatre étages distincts, chacun étant constitué d'une paire de couronnes

d'aubes : un fixe (statorique) et un mobile (rotorique), Il convient de noter que les aubes des trois premiers étages sont revêtues d'une couche de protection contre la corrosion à haute température, conformément à la référence. [10]

Lors de leur entrée dans la turbine, les gaz présentent une température extrêmement élevée de 1300 °C, mais à leur sortie, après leur passage à travers les étages de la turbine, leur température est abaissée à 571 °C, tandis que la pression est réduite à environ 1 bar. Le débit des gaz d'échappement s'élève à environ 616,2 kg/s, comme le montre le tableau 7.

Pour garantir la fiabilité et le fonctionnement optimal de la turbine, les quatre étages d'aubes fixes ainsi que les trois premiers étages d'aubes mobiles sont soumis à un processus de refroidissement à l'air. L'air de refroidissement utilisé pour la turbine est prélevé aux étages appropriés du compresseur. Les aubes sont refroidies de différentes manières en fonction de leur position dans la turbine : refroidissement par film, refroidissement par impact ou refroidissement par convection. Cette diversité de méthodes de refroidissement est soigneusement adaptée à chaque étage de la turbine pour garantir un fonctionnement optimal et fiable.

Plus précisément, chaque étage de la turbine est refroidi comme suit :

- Étage 1 : Air prélevé à partir de l'échappement du compresseur.
- Étage 2 : Air prélevé au 15ème étage du compresseur pour les aubes fixes, et en aval du 14ème étage pour les aubes mobiles.
- Étage 3 : Air prélevé au 10ème étage du compresseur pour les aubes fixes et en aval du 14ème étage pour les aubes mobiles.
- Étage 4 : Air prélevé au 5ème étage pour les aubes fixes et du 14ème étage pour les aubes mobiles.

**Tableau 4** : schéma de caractéristique de la turbine.

<b>Turbine</b>	
Nombre d'étages de détente	<b>4</b>
Débit massique de gaz d'échappement	<b>616.2 kg/s</b>
Température de gaz d'échappement	<b>571°C</b>
Puissance nominale	<b>209 MW</b>
Vitesse nominale	<b>3000 rpm (50 Hz)</b>
Plage de vitesse permise	<b>47,5-51,5 Hz</b>

### III.3 Durée de la mise en marche et de la charge

Temps nécessaire pour atteindre la vitesse maximale en marche à vide :

Depuis l'arrêt	5 min *
Saut de la charge après synchronisation	10 MW **
Charge / décharge lente	6,5 MW **
Gradient de charge / décharge normale	13 MW/min
Gradient de charge / décharge rapide	N.A.

Temps nécessaire pour atteindre la charge de base depuis la vitesse maximale en marche à vide (sans compter le temps de synchronisation) :

(Valeur de référence ISO) - environ 42 min

- \* Uniquement pour les turbines à gaz à cycle ouvert.
- \* Pour les turbines à gaz à cycle combiné, ajouter le temps de purge de la chaudière (dépendant de la chaudière).
- \*\* Valeur de référence.
- \*\*\* À utiliser lors de la première heure après la mise en marche de la TG. [11]

### III.4 Système d'aspiration d'air et filtration

Le système de filtre monoétage autonettoyant constitue une innovation technique réalisée par Donaldson dans le domaine de la filtration au niveau de l'entrée d'air du moteur de la turbine ; cette innovation a été introduite en 1976 et constitue toujours la plus haute

référence en matière de technologie de filtration pour les turbines à gaz. Ce système incorpore la technique GDX de décolmatage automatique par air comprimé, spécialement conçue pour les environnements désertiques, et qui s'est avéré extrêmement efficace et économique dans les environnements arctiques et moins poussiéreux.

Le système utilise des cartouches filtrantes à haute efficacité qui sont nettoyées de manière séquentielle durant le fonctionnement normal du système par des jets d'air comprimés à contre-courant. Ce dispositif assure une filtration mono-étage très efficace pendant des périodes prolongées (jusqu'à deux ans) sans pour autant devoir arrêter la turbine pour le nettoyage ou le remplacement des filtres.

Le flux de résistance de fonctionnement ( $\Delta P$ ) du filtre GDX est inférieur à la  $\Delta P$  d'un filtre statique conventionnel à trois étages dans tous les environnements.[4]

### **Systeme de filtrage**

L'air entre à un niveau situé entre 10 et 22 m où il y a une première séparation des particules les plus grosses. L'air entre horizontalement passant par un écran pare-oiseaux et pare-insectes montés à la sortie des capuchons des cheminées. Le système de filtrage à un seul étage à nettoyage automatique est muni d'éléments filtrants à cône et cylindrique à grande efficacité, groupés en six modules de filtration. Le compte des particules par élément filtrants propre est très élevé même pour des particules de 0,5  $\mu\text{m}$  (**voir annexe A**).

Cette efficacité de filtrage garantit une protection appropriée des machines contre la poussière et des sels alcalins. Le séparateur initial et les éléments de filtrage préliminaire, généralement utilisés dans les systèmes de filtrage des turbines à trois étages ne sont pas nécessaires. Les filtres sont automatiquement nettoyés par un système de jets à impulsion pendant le fonctionnement de la turbine quand la perte de charge est de ~450 à 550 Pa (mesurée par les instruments MBL10CP001 et MBL10CP002).

Un transmetteur de la pression différentielle MBL11CP101 est monté à l'intérieur du boîtier de contrôle des filtres pour détecter la perte de charge dans tout le logement des filtres. Deux manostats (MBL11CP001 et 002) sont prévus pour signaler l'alarme quand la pression différentielle augmente au-dessus de la valeur préfixée.

Un indicateur local MBL10CP501 est aussi prévu. L'humidité relative, la température et la pression de l'air sont mesurées par les transducteurs relatifs MBL10CM101, MBL10CT101 et MBL10CP101. Une porte anti-implosion MBL12AA001 est montée dans le panneau inférieur des éléments de transition, fabriqués avec des panneaux à charnières et des

contrepoids réglables qui s'ouvrent lorsque la dépression à l'intérieur arrive à une valeur préfixée.

L'air du dehors peut alors entrer librement et directement par cette porte et le risque d'implosion du logement des filtres est ainsi éliminé. Trois interrupteurs à maximum : MBL12CG001/002/003 sont directement saisis par le PLC de la Prise d'Air et trois signaux sont envoyés par la logique du PLC au GTCMPS pour arrêter la Turbine à gaz dans une logique 2 sur 3. La pièce de raccordement est suivie d'un silencieux MBL20BS001 ayant la fonction de réduire les émissions sonores du système d'amenée.

Le joint flexible fabriqué de trois couches de fibres en polyéthylène a la fonction d'empêcher le chargement la partie inférieure et de compenser une érection éventuelle dans une position erronée. La partie inférieure du conduit sert à convoyer de l'air dans le compresseur de la turbine à gaz. Une bague en acier inoxydable avec plusieurs tuyères sert à nettoyer le compresseur est aussi fournie.

### **Système de jets à impulsions**

Les filtres sont nettoyés en contre-courant par un jet d'air comprimé. Chaque filtre est traité par une tuyère du réseau d'air situé derrière le trou d'amenée d'air dans la zone nettoyée. L'air comprimé est extrait de la tuyère du compresseur de la turbine à gaz. Six accumulateurs de l'air comprimé sont connectés à la conduite d'alimentation d'air pour empêcher une variation excessive quand les soupapes sont ouvertes. Il y a 45 soupapes d'air pour chaque accumulateur (MBL10AA101\_150/...601\_650). La séquence de nettoyage, qui prend moins d'une heure, commence quand la perte de charge évaluée en travers les filtres dépasse une valeur préfixée (environ 550 Pa), après le nettoyage, la perte de charge est normalement moins que 450 Pa. **(Voir annexe B)**

La séquence de nettoyage commence à partir des niveaux supérieurs du logement des filtres vers les niveaux inférieurs. Pendant le nettoyage, les six ventilateurs verticaux (MBL21AP001÷MBL21AP006), ayant environ 8% du débit total, sont en service pour faciliter l'extraction de la poussière. L'air comprimé doit être refroidi avant d'entrer dans le système de contrôle et dans les collecteurs. Un refroidisseur d'air est prévu pour cette opération monté à l'intérieur du conduit de transition où il est traversé par l'air comburant.

### **Registre d'air**

Le conduit au-dessus de la partie finale (inférieure) de la prise d'air est un registre MBL20AA001 ayant le but de séparer la zone inférieure de la zone supérieure aux cours des

travaux d'entretien. Il est formé d'une seule aube actionnée par un engrenage hélicoïdal électrique muni d'un contre-poids et embrayage (voir annexe C).

Des interrupteurs de maximum MBL20CG001÷MBL20GC004 sont fournis pour les positions d'ouverture et de clôture pour empêcher le démarrage de la Turbine à Gaz quand le registre n'est pas complètement ouvert. Un détecteur du couple électrique est fourni pour signaler des obstacles éventuels au cours de la séquence d'ouverture ou de clôture. Le registre est fermé 2 heures après l'arrêt de la turbine à gaz et il est ouvert au moment où la commande de démarrage de la turbine est donnée.

**Tableau 5** : caractéristique technique du système d'air.[4]

<b>Caractéristiques nominales</b>	
Débit volume d'admission (au condition ISO)	<b>505 m<sup>3</sup>/s</b>
Température	<b>+40°C</b>
Humidité relative moyenne	<b>60%</b>
Vitesse maximale du vent	<b>30m/s</b>
Nombre pré filtre/ filtre à haute efficacité	<b>800 paires</b>
Perte de charge finale dans tout le système	<b>1000 Pa</b>
<b>Matériaux</b>	
Silencieux	<b>Laine minérale de haute qualité</b>
Graine	<b>Acier à base de carbone</b>
Caisson des filtres	<b>Acier à base de carbone</b>
Ecran anti oiseaux	<b>Acier inoxydable</b>
Capot	<b>Acier à base de Carbone au Al Mg</b>

### III.5 L'alternateur

Le générateur est du type refroidi en air, à deux pôles à rotor lisse, ventilé en circuit fermé avec échangeurs air-eau installés dans la partie inférieure de la carcasse. Pour cette configuration, typique des générateurs couplés à turbines à gaz, une petite fosse, au-dessous du générateur même, complète le circuit de ventilation.

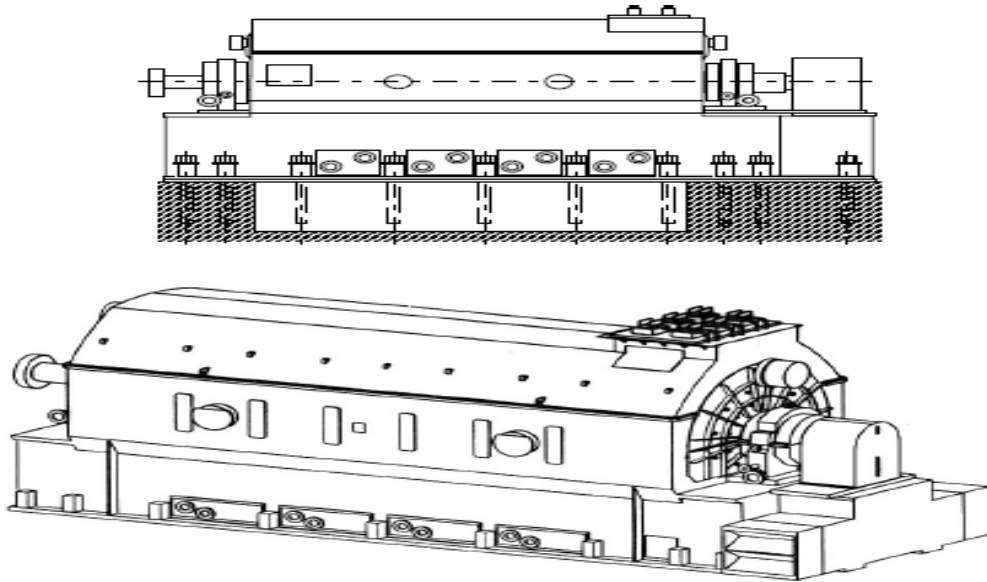


Figure 1

Figure III.1 : alternateur de la TAG V94.3A

#### III.5.1 Caractéristiques principales

- Turboalternateur triphasé à deux pôles avec rotor lisse
- Rotor directement couplé à la turbine
- Enroulement amortisseur du rotor
- Ventilation en circuit fermé avec 4 échangeurs air-eau incorporés dans la carcasse
- Auto ventilation du stator et du rotor
- Générateur envoyé complètement monté
- Excitation de type statique
- Système d'isolement enroulement stator de type (VPI) thermodurcissable en barre individuelle
- Standards CEI - Système d'isolement stator et rotor en classe F
- Système de mise à la masse de l'arbre et d'isolement des coussinets de façon à prévenir la circulation des courants d'arbre.

**Tableau 6** : caractéristique technique de l'alternateur.

Type :	<b>WY23Z-109</b>
Type de turbine couplée	<b>Turbine à gaz</b>
Puissance nominal	<b>300 MVA</b>
Tension nominal	<b>19,0 kV</b>
Facteur de puissance nominal	<b>0,90</b>
Fréquence nominal	<b>50 Hz</b>
Vitesse nominal	<b>3000 rpm</b>
Courant nominal	<b>9166 A</b>
Type du système d'excitation	<b>STATIQUE</b>
Courant d'excitation à puissance nominal	<b>1445 A</b>
Tension d'excitation à puissance nominal	<b>349 V</b>
Class d'isolation du stator/rotor	<b>F/F</b>
Type de refroidissement enroulement stator/rotor	<b>air, indirect/direct</b>

(Voir annexe D)

### III.6 Le Transformateur

Le transformateur est une machine statique à induction servant à transformer un système de courant alternatif en un autre système d'intensités et de tensions différentes.

#### ❖ Fonctionnement

Le fonctionnement des transformateurs repose sur le principe de l'utilisation de plusieurs bobines enroulées autour d'un circuit magnétique commun. Lorsque les bornes primaires du transformateur sont connectées à une source de courant alternatif, elles génèrent un flux magnétique alternatif à l'intérieur du noyau du circuit magnétique. Les variations de ce flux magnétique provoquent à leur tour, dans les bobines secondaires du transformateur, une force électromotrice d'induction alternative. Cette force électromotrice possède la même fréquence que le courant d'alimentation appliqué aux bornes primaires du transformateur.

En d'autres termes, les transformateurs exploitent les propriétés de l'induction électromagnétique pour transférer efficacement l'énergie électrique d'un circuit à un autre, en adaptant les niveaux de tension et de courant selon les besoins spécifiques du système électrique dans lequel ils sont utilisés. Ce processus permet de distribuer, de réguler et de transformer l'électricité de manière efficace et sécurisée dans diverses applications.

#### ❖ Données Techniques (voir annexe E)

Type	3 phases immergées dans l'huile
Puissance nominale	300 MVA
Refroidissement	OFAF
Rapport	225/19 kV
Variateur de prise	2x2.5 %
Groupe vecteur	Ynd11
Fréquence	50 Hz
Vcc	13%
Echauffements maximum des:	
Huile	55 °C (huile de sommet)
Bobinages	60 °C (moyenne)

### III.7 Diesel de secours

Le Groupe Diesel est constitué de trois parties essentielles (voir le tableau 12) :

- ✓ Moteur thermique équipé des systèmes mécaniques nécessaires.
- ✓ Un compresseur d'air.
- ✓ Le système de commande et de protection (voir la figure 37)

**Tableau 8 :** Caractéristique technique de groupe diesel.

Diesel de secours	
Puissance active nominale	<b>4114 KW</b>
Puissance apparente nominale	<b>6050 KVA</b>
Vitesse nominale	<b>1000 tr /mn</b>
Fréquence	<b>50 Hz</b>
Courant	<b>582.2 A</b>
Phases	<b>3</b>



**Figure III.2 :** Groupe diesel.

### III.8 Système de gaz naturel

Le système gaz naturel est conçu pour alimenter les deux turbines à gaz V94.3A4 avec gaz au niveau de qualité tel que demandée par les deux turbines à gaz V94.3A4 et aux conditions de pression et débit requises par les TG mêmes.

Le combustible devant alimenter la centrale est le gaz naturel qui est délivré à la centrale au moyen d'un gazoduc.

Le système combustible gaz porte sur une station de détente avec un circuit gaz adéquat et fiable pour répondre aux exigences de fonctionnement des turbines à gaz pour tous les régimes de fonctionnement.



**Figure III.3 :** poste gaz de la centrale électrique

### III.8.1 Caractéristiques technique du poste gaz

• Débit max nécessaire à l'entrée du poste gaz .....	150000	Nm <sup>3</sup> /h
• Débit maximum de chaque turbine à gaz .....	17	kg/s
• Pression maximum d'entrée .....	70	bars
• Pression minimum d'entrée .....	32	bars±10%
• Pression à l'entrée de la Turbine à Gaz .....	28	bars
• Température min prévue à l'entrée du poste gaz .....	5	°C
• Température min de sortie .....	10	°C
• Vitesse du gaz (max.) .....	20	m/sec
• Réglage du débit .....	0	± 100 %

Le débit de fonctionnement en pointe devra être le 105% du débit de fonctionnement en base

### III.9 Système gasoil

La fonction du "Système du gasoil" est de pomper le gasoil des réservoirs existant au réservoir du groupe électrogène de secours et à la pompe incendie et aux turbines à gaz à la pression et débit demandés.

Le système se compose principalement des pompes, filtres, tuyaux, vannes et instrumentation nécessaire.

Le Système du gasoil est projeté pour alimenter les turbines à gaz à la pression et débit demandés.

Les réservoirs existants alimentent deux groupes des pompes d'alimentation (l'un pour l'unité 1 et l'autre pour l'unité 2).

Chaque groupe de pompe d'alimentation d'huile combustible est équipé avec deux pompes, chacune avec un débit suffisant aux les requêtes d'une turbine à gaz (consommation de combustible et combustible recirculé).

En outre, le système doit alimenter le réservoir du groupe électrogène de secours et le réservoir du diesel de la pompe contre l'incendie.

Le système comprend principalement :

- 2 réservoirs existant
- 2 x 100% pompes d'alimentation de chacun TG, avec un filtre duplex monté sur la tuyauterie d'aspiration commune et un filtre duplex sur la

tuyauterie de refoulement commune

- 1 pompe d'alimentation pour le réservoir des diesels avec un filtre simple monté sur la tuyauterie d'aspiration
- 2 x 100% accumulateur pneumatique pour chaque turbine à gaz
- 1 réchauffeur du gasoil pour chaque turbine à gaz
- 1 réservoir des drainages du gasoil avec une capacité de 2 m<sup>3</sup>
- 1 pompe de drainage du gasoil

### **III.10 Système à air comprimé**

La fonction du système air de régulation et air de travail est de fournir de l'air exempt d'huile, séché et filtré, pour la consommation des instruments ; et de l'air exempt d'huile pour les services généraux.

Un système d'air comprimé commun aux deux turbines à gaz est fourni pour la centrale.

On pourvoit deux compresseurs pour fournir l'air nécessaire pour les utilisateurs des services et pour les exigences des instruments ; ils alimentent deux réservoirs.

En aval du réservoir principal sont pourvus deux systèmes séparés : l'un pour l'air de régulation et l'autre pour l'air de travail.[11]

Le système comprend principalement :

- 2 x 100% compresseurs à air de type à vis chacun avec un silencieux et un airfiltre. Une unité fonctionne normalement en fournissant la charge requise. Le deuxième reste en condition de secours.
- Deux réservoirs d'air sous pression, pour l'air de travail et l'air de régulation ;
- Deux filtres duplex, avec une capacité de 110% de production d'air comprimé d'un compresseur ;
- Deux sécheurs d'air à deux tours, du type régénératif à froid, avec une capacité de 110% de production d'air comprimé ;
- Deux post filtres duplex, avec une capacité de 110% de production d'air comprimé d'un compresseur ;
- Un réservoir d'air de régulation sous pression ;

- Une vanne d'arrêt actionné avec un obturateur pneumatique, sur le collecteur de distribution de l'air de travail.
- Un réservoir d'air de travail pour l'atelier

### **III.11 Le système de commande**

Le système de contrôle commande pour la centrale est un système de contrôle distribué DCS (Distributeur Control System) qui est conçu et construit selon de la technologie la plus avancée des microprocesseurs. Toutes les valeurs de procédé mesurées seront visualisées sur l'écran opérateur. La plupart des opérations seront effectuées à travers le clavier spécialisé et l'écran.

Le système DCS devra assurer les fonctions énumérées ci-dessous :

- Mise en œuvre d'algorithme de contrôle ;
- Contrôle logique ;
- Contrôle automatique du point de consigne des boucles de régulation (simple, cascade, multiples) ;
- Opération manuel/auto des vannes (ouverture/fermeture) et pompe (manuel/auto.)
- Acquisition des données ;
- Surveillance des tendances ;
- Consignation d'état ;
- Pétrographie ;
- Calcul économique de la tranche on-line et Off-line ;
- Archivage.

Le système de déclenchement d'urgence ESD (Emergency Shut Down) sera également pris en charge par le système de contrôle des turbines à gaz.

#### **III.11.1 Conception de la salle de commande**

Un bâtiment de contrôle principal sera construit pour la centrale.

La salle de contrôle principal dans ce bâtiment de contrôle couvre ce qui suit. Les utilités (tel que : air instrument, etc.) :

- Les turbines à gaz
- Poste gaz
- Réseau électrique de la centrale
- Le système de détection incendie
- L'évacuation de l'énergie.

La surveillance et le contrôle seront assurés par le système DCS qui est constitué

essentiellement des équipements suivants :

- Pupitres de console opérateur avec écran et périphériques
- L'écran géant pour visualiser le synoptique électrique et synoptiques de procédés
- Une station d'ingénierie par unité.
- Imprimantes
- Vidéo copieurs couleur
- Réseau de communication redondant
- Unités d'archivage (redondante) des données de toute la centrale (deux disques durs).
- Unités d'analyse des émissions.
- Station de contrôle de procédé
- Unité d'entrée/Sortie de procédé.

Le constructeur fournira dans son offre un schéma d'architecture de son contrôle commande.

### **III.12 Caractéristique technique du Système d'échappement**

Le système réalisé est d'une forme cylindrique avec des solutions de réduction de bruit passive et/ou réactive.

#### **A) Domaines d'application**

Réduction de l'impact sonore de centrales de production d'énergie décentralisées et de centrales électriques de grande capacité.

#### **B) Description.**

Ce système comprend quatre ensembles principaux :

- La partie inférieure de la cheminée.
- La partie supérieure de la cheminée.
- Le diffuseur abritant le silencieux.
- Le cadre de support

##### **➤ Un diffuseur**

Il absorbe les dilatations thermiques par son joint qui est installé entre la sortie de la turbine et l'entrée du diffuseur, on retrouve aussi des thermocouples qui permettent l'évaluation de la température d'échappement. **(Voir annexe F)**

➤ **Une cheminée**

Elle est constituée de trois parties : partie inférieure, partie supérieure et le cadre de supportage.

**Tableau 9** : Caractéristiques techniques du système d'échappement.

<b>Système d'échappement</b>	
Débit- volume d'admission (aux conditions ISO)	<b>1490 m<sup>3</sup>/s</b>
Pression max. (partie supérieure de la cheminée)	<b>1000 Pa</b>
Plage de température ambiante	<b>-1 à 40°C</b>
Gaine	<b>Acier à base de carbone</b>
Calorifuge	<b>Laine céramique</b>
Couverture	<b>Acier inoxydable</b>

### III.13 Fonctionnement de la centrale

Dès que le système de démarrage de la turbine est activé et que l'embrayage est engagé, l'air ambiant est aspiré, filtré puis comprimé dans les 17 étages du compresseur axial. Pour empêcher le pompage du compresseur au démarrage, des vannes anti-pompage d'extraction d'air sont ouvertes et les aubes orientables (I.G.V) situées à l'entrée du compresseur sont en position "fermée".

A la vitesse de rotation nominale, les vannes anti-pompage commencent à se fermer automatiquement tandis que les aubes orientables (I.G.V) reviennent à leur position normale de fonctionnement et se sont déjà légèrement ouvertes pour atteindre un angle intermédiaire. L'air comprimé en provenance du compresseur pénètre dans l'espace annulaire constituant la chambre de combustion, au même moment les injecteurs introduisent le combustible dans la chambre de combustion où il se mélange à l'air. L'allumage s'effectue grâce à deux bougies rétractables.

Les gaz chauds issus de la chambre de combustion traversent ensuite les quatre étages de la turbine où ils se détendent. Chaque étage compose d'un ensemble d'aubes fixes suivies d'une

rangée d'aubes mobiles. Dans chaque rangée d'aubes fixes, l'énergie cinétique du jet de gaz augmente, en même temps que la pression chute, une partie de l'énergie cinétique du jet est convertie en travail utile transmis au rotor de la turbine sous la forme d'un couple mécanique.

Après leur passage dans les aubes du quatrième étage, les gaz d'échappement traversent le diffuseur.

La rotation résultante de l'arbre entraîne le rotor de l'alternateur et certains auxiliaires.

### **III.14 Conclusion**

Un dimensionnement et une description bien détaillée de la TAG SIEMENS V94.3A a été décrite au long de ce chapitre. Toutes les parties constituantes avec leurs caractéristiques techniques ont été présentées. Enfin une étude sur les systèmes mécaniques principaux a été abordée.

Chapitre IV :

Maintenance de la turbine  
à gaz V94.3A

## **Introduction**

Les installations et les équipements ont tendance à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples (usure, déformations, corrosions...). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt définitif ou momentané qui influera sur les capacités de production et mettre la sécurité du personnel en danger.

Pour améliorer la production et la bonne conduite des différents équipements, les ingénieurs ont mis en place une maintenance dont ils ne peuvent s'en passer, car elle est devenue indispensable pour les entreprises.

### **IV.1 Définition de la maintenance :**

C'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Dans une entreprise, maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.), qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité.

### **IV.2 But de la maintenance :**

Parmi les buts essentiels de la maintenance on cite :

- Prolonger la durée de vie du matériel.
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de panne.
- Faciliter la gestion des stocks.
- Amélioration de production en optimisant les coûts engendrés des différentes opérations de maintenance.
- Assurer le bon fonctionnement du matériel.

**IV.3. Différents types de maintenance :**

On distingue deux types de maintenance : la maintenance préventive et la maintenance corrective.

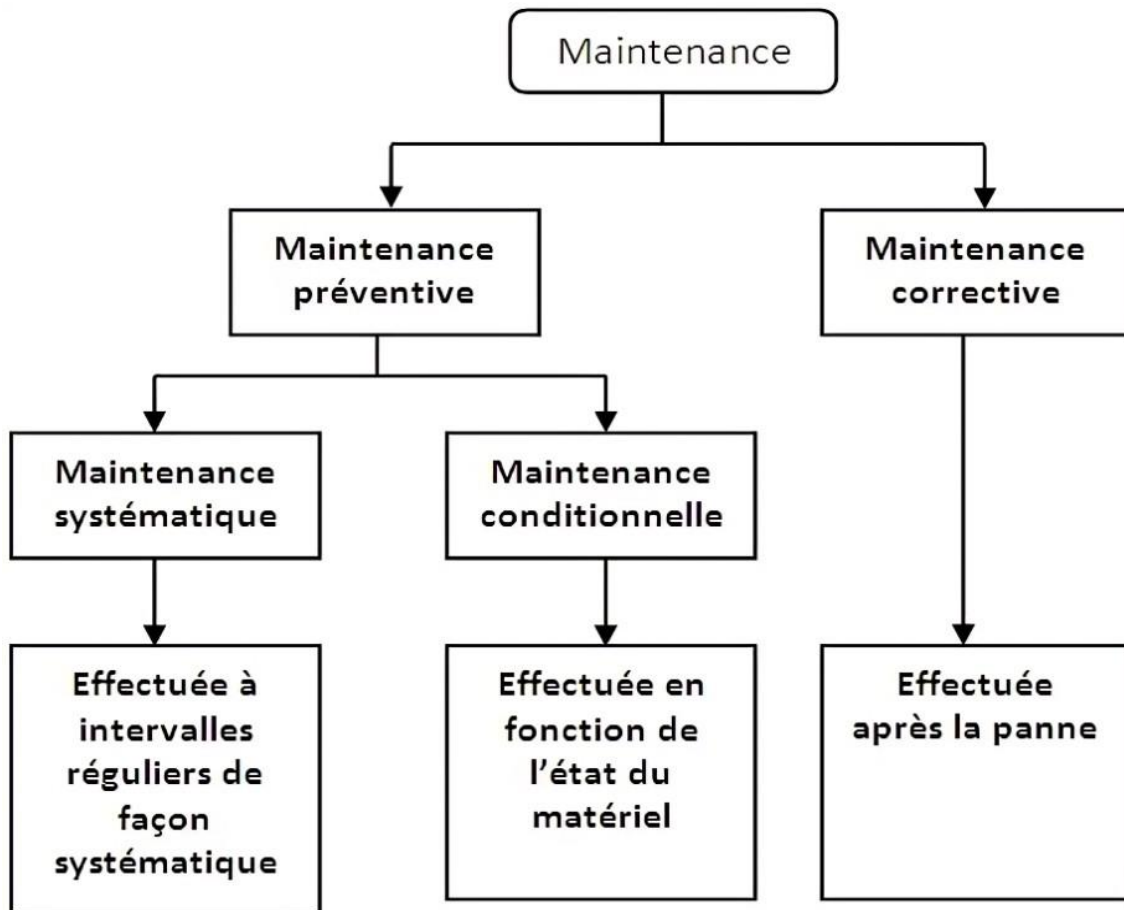


Figure IV.1 : Organigramme de maintenance

**IV.3.1. La maintenance préventive :**

Elle vise à diminuer la probabilité de défaillance d’un système, pour cela elle s’appuie sur la maintenance systématique et la maintenance conditionnelle.

La maintenance préventive se divise en deux formes essentielles.

**IV.3.1.1. Maintenance préventive systématique :**

C’est la maintenance qui est effectuée selon un échéancier établi en fonction du temps, ou du nombre d’unités d’usage, cette maintenance se pratique quand on souhaite procurer à un équipement une sécurité de fonctionnement.

**IV.3.1.2 Maintenance préventive conditionnelle :**

C’est une maintenance subordonnée à un type d’événement prédéterminé révélateur de l’état de dégradation du bien. Cette forme de maintenance permet d’assurer une surveillance continue des

points sensibles de l'équipement au cours des visites préventives dont le rôle est d'éliminer les pannes accidentelles ou de les réduire à un niveau acceptable.

Il existe un troisième type de maintenance qui est la maintenance améliorative, qui consiste à débarrasser définitivement les causes de défaillance par des modifications, ce type de maintenance est nécessaire pour :

- Déterminer les causes réelles du problème traité.
- Imaginer les remèdes adaptés à leur suppression.

#### **IV.3.1.3 Avantages et inconvénients de la maintenance préventive**

##### **• Avantage**

- Préparation optimale des interventions.
- Réduction minimale de l'indisponibilité du matériel.
- Facilité de programmation et de planification des travaux.

##### **• Inconvénients**

- Coûts de gestion de stock élevés.
- Frais liés à la planification.
- Charges supplémentaires liées à la formation du personnel.

#### **IV.3.2 La maintenance corrective :**

Elle consiste au dépannage ou à la réparation et elle s'applique d'après la panne.

Selon AFNOR : consiste à effectuer des actions pour corriger des défaillances ou des pannes qui surviennent dans les équipements, les systèmes ou les installations. Cela inclut les opérations de réparation, de remplacement de pièces défectueuses ou endommagées, et d'autres actions visant à rétablir le bon fonctionnement après qu'une défaillance a été détectée.

La maintenance corrective débouche sur deux types d'intervention :

##### **- Les dépannages :**

Ils consistent à la remise en marche provisoire de l'équipement. Ils caractérisent la maintenance palliative.

##### **- Les réparations :**

Dans ce cas la maintenance sera une intervention définitive et limitée, elles caractérisent la maintenance curative. Donc la maintenance corrective assure :

- Une amélioration éventuelle (correction), visant à éviter la répétition de panne ou à minimiser ses effets sur le système (surveillance par analyse de vibrations).
- Une mise en mémoire de l'intervention permettra une amélioration ultérieure.

#### **IV.3.2.3 Avantage et inconvénients de la maintenance corrective :**

- **Avantage**

- Un budget d'entretien moyen.
- Coût direct minimisé.
- Frais de gestion de stocks non important.

- **Inconvénient**

- Temps d'arrêt et d'intervention trop élevé.
- Coût de maintenance élevée.
- Achats des pièces de rechange à un prix élevé.

#### **IV.4 La Gestion de maintenance assistée par ordinateur**

La GMAO, également connue sous le nom de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur, est une méthode et un outil de gestion de la maintenance qui utilise une base de données centralisée. Elle permet de planifier, suivre et gérer toutes les activités liées à la maintenance, qu'elles soient d'ordre technique, budgétaire ou organisationnel. Cette approche repose sur l'utilisation de terminaux répartis dans différents endroits de l'entreprise tels que les bureaux techniques, les ateliers, les magasins et les services d'approvisionnement.

Dans le but d'accroître l'efficacité des équipements utilisés, la société SPE spécialisée dans la production d'électricité a décidé d'introduire le système SYANA (système de gestion assistée par ordinateur pour la maintenance). Ce système s'avère être un avantage considérable lorsqu'il s'agit d'établir une stratégie préventive en matière de maintenance. Parmi ses nombreuses fonctionnalités figurent notamment la gestion des interventions en matière de maintenance avec un suivi historique et des rapports détaillés, ainsi que la gestion des pièces détachées et l'organisation des équipes chargées de la maintenance avec une répartition des tâches et l'établissement de plannings. Il est important à souligner que SYANA a été développé sous forme d'une application web pour faciliter son accès et son utilisation au sein de l'entreprise.[11]



Figure IV.2: Interface utilisateur principale de SYANA.

#### V.4.1 Les Fonctionnalités Intégrées de SYANA :

Les différentes fonctionnalités de la solution SYANA sont décomposées en modules distincts, chacun ayant son propre domaine de gestion. Voici un aperçu des principaux modules de SYANA :

##### ➤ **Module Maintenance :**

- Gestion des équipements de production.
- Gestion des ressources nécessaires.
- Création et suivi des demandes d'intervention.
- Planification des interventions.
- Gestion des permis de travail.
- Suivi des travaux d'intervention.

##### ➤ **Module Achat :**

- Gestion des contrats et des commandes d'achat.
- Gestion des demandes d'offres fournisseurs.
- Suivi de la satisfaction des demandes d'achat.
- Suivi des livraisons et des arrivages.
- Suivi des factures d'achat et des frais pour le calcul du coût d'achat final.

➤ **Module Stock :**

- Gestion des magasins et des dotations en stock.
- Création de demandes d'achat pour approvisionnement.
- Gestion des transferts inter-magasins.
- Gestion des demandes de sortie de matériel stockable.
- Suivi des mouvements de stock.
- Réalisation d'inventaires de stock.

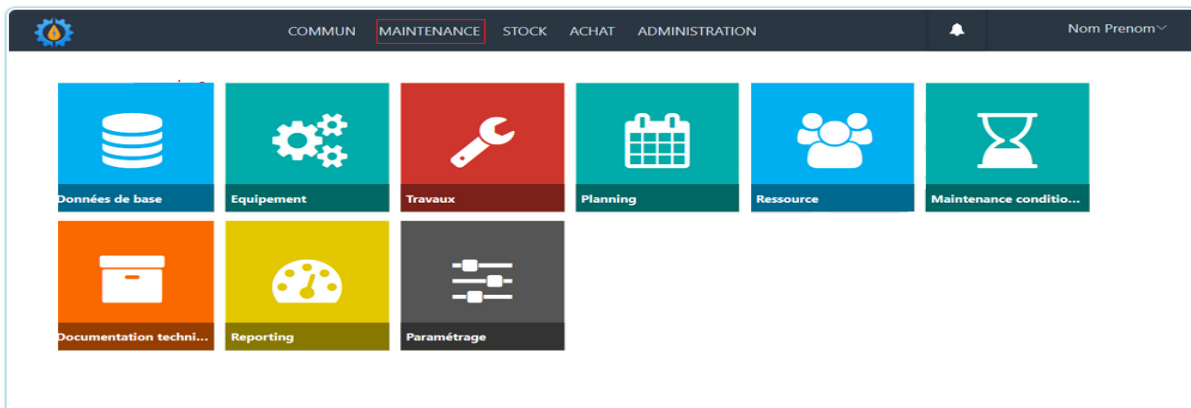
➤ **Module Commun :**

- Gestion des données partagées entre les différents domaines intégrés dans SYANA.
- Inclut les informations telles que les demandeurs, les articles et services, les fournisseurs, les données sur les pays, les monnaies, les références fournisseurs, etc.

➤ **Module Administration :**

- Gestion des entités organisationnelles.
- Gestion des utilisateurs et de leurs profils.
- Configuration de la visibilité des données.
- Paramétrage du système selon les besoins spécifiques de la société.

Chaque module joue un rôle essentiel dans la gestion globale de la maintenance, des achats, du stock et de la communication entre les différentes parties prenantes de l'entreprise. Ils constituent un ensemble cohérent pour optimiser l'efficacité opérationnelle et la prise de décision.



**Figure IV.3 :** Les différents modules et sous-modules de SYANA

## **V.5 Les étapes de déroulement les interventions de la maintenance préventive :**

### **Étape 1 :** Initiation de l'Ordre de Travail

- L'ordre de travail est initialement soumis au chef du service de maintenance pour évaluation.
- Le type d'intervention est classifié par le chef de service, puis transmis à l'ingénieur responsable, qu'il s'agisse de maintenance électrique ou d'instrumentation (voir figure 53).

### **Étape 2 :** Affectation des Ressources

- L'ingénieur responsable de la maintenance attribue ensuite l'ordre de travail au chef de section pertinent.
- Le chef de section désigne l'équipe d'intervention, principalement composée de techniciens spécialisés en instrumentation ou en électrique.

### **Étape 3 :** Exécution des Travaux

- Après cette étape de préparation, l'équipe d'intervenants met en œuvre les instructions spécifiées dans l'ordre de travail.

## **IV.6 Planning des interventions préventives**

### **IV.6.1 Les interventions mécaniques**

#### **Fréquence Mensuelle :**

- Inspection pour détecter les fuites.
- Inspection pour détecter les fissures.
- Opérations de manœuvre des vannes.

#### **Fréquence Semestrielle :**

- Vérification du serrage des vis et boulons.
- Inspection de la corrosion des boulons et rondelles.
- Nettoyage et redressement des surfaces des ailettes de l'échangeur.
- Graissage de l'arbre du ventilateur.
- Inspection des pales et des pieds des pales.

**Fréquence Annuelle :**

- Graissage des roulements.
- Vérification du serrage des écrous et des boulons.

**IV.6.2 les interventions Électrique****Fréquence Journalière :**

- Contrôle visuel pour vérifier l'état du matériel et détecter toute condition anormale (bruit excessif, vibrations, fuites, surchauffe, etc.).

**Tous les 3 Mois :**

- Nettoyage du moteur et de la boîte à bornes.
- Inspection de l'état des bornes du moteur.
- Test d'isolement du moteur et des câbles.
- Mesure de l'intensité de courant et des vibrations.
- Lubrification des roulements du moteur (entre 700h et 800h).
- Vérification du fonctionnement de la résistance anti-condensation.
- Inspection de tous les écrous et boulons du moteur pour s'assurer qu'ils sont correctement serrés.

**Tous les 3 Ans :**

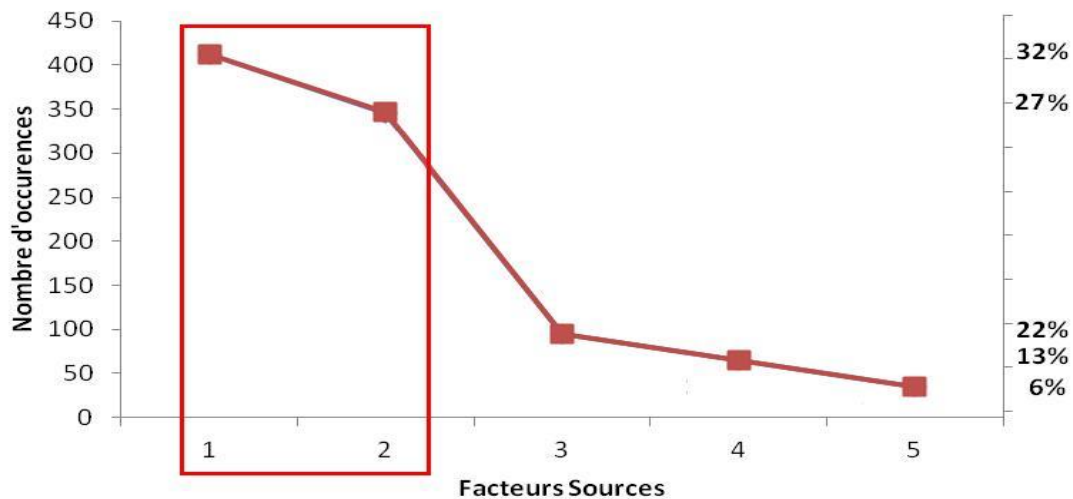
- Inspection de l'état général du matériel (corrosion, peinture, traces d'échauffement...).
- Contrôle du serrage des connexions.
- Inspection de l'état des roulements, remplacement et regréasse si nécessaire.
- Vérification de la fixation et de la mise à la terre.

**IV.7 Les méthodes de maintenance****IV.7.1 Diagramme de Pareto**

Le diagramme de Pareto, souvent appelé la règle 80/20, est une méthode d'optimisation et de résolution de problème largement utilisée dans le domaine industriel. Il tire son nom de l'observation que généralement, 80 % des effets proviennent de 20 % des causes. Cela signifie que,

dans de nombreux cas, un petit nombre de facteurs ou de problèmes contribue de manière significative à la majorité des résultats indésirables.

Pour créer un diagramme de Pareto, on recueille des données sur les causes ou les problèmes, puis on les classe par ordre décroissant d'importance. Les causes ou problèmes les plus importants sont représentés en haut du diagramme, tandis que les moins importants sont en bas. La hauteur des colonnes dans le diagramme est proportionnelle à l'importance de chaque cause ou problème.



**Figure IV.4 :** diagramme de Pareto (20/80)

L'utilisation du diagramme de Pareto permet aux équipes de maintenance de se concentrer sur les facteurs qui ont le plus grand impact, ce qui peut conduire à une allocation plus efficace des ressources et à une amélioration significative de la performance globale de la maintenance. En identifiant et en traitant en premier lieu les causes principales des problèmes, on peut réduire les temps d'arrêt non planifiés, optimiser les processus de maintenance et, en fin de compte, améliorer la fiabilité des équipements et la satisfaction du client. Cette approche basée sur les données aide les équipes de maintenance à travailler de manière plus intelligente et à obtenir des résultats plus significatifs.[12]

### IV.7.2 Méthode ISHIKAWA

L'objectif de cette méthode est d'explorer de manière exhaustive toutes les dimensions du problème en identifiant toutes les causes possibles, qu'elles soient évidentes ou non. En classant ces causes par familles et sous-familles, vous pouvez organiser votre analyse de manière logique et systématique.

L'avantage de la méthode d'Ishikawa est qu'elle permet de creuser profondément pour découvrir les causes fondamentales d'un problème, plutôt que de se contenter de traiter les symptômes. Cela aide les équipes de maintenance à prendre des mesures correctives ciblées et à éviter que le problème ne se reproduise. De plus, cette méthode favorise la collaboration entre les membres de l'équipe, car elle permet de réunir différentes perspectives pour une analyse complète.

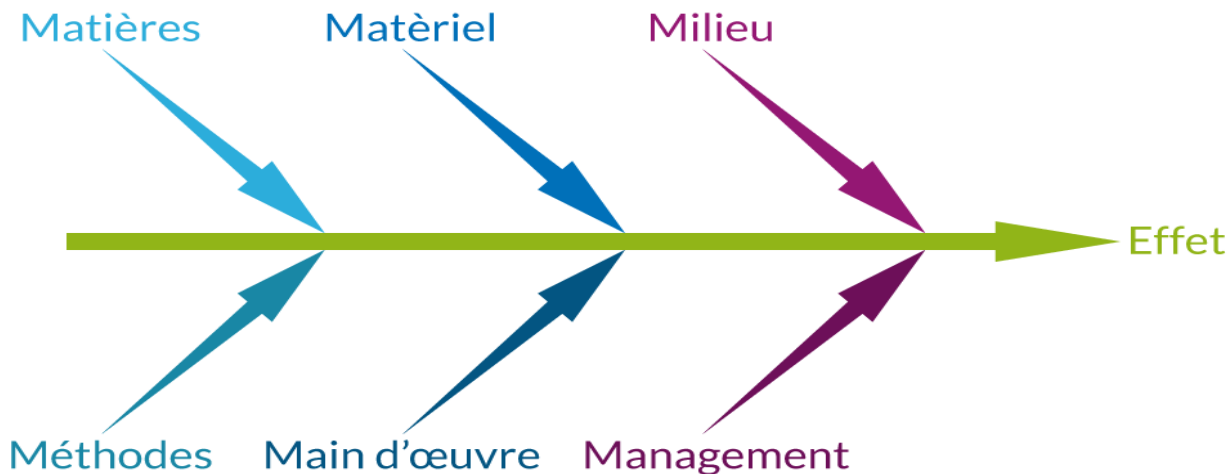


Figure IV.5 : Diagrammes causes effets.

En fin de compte, le diagramme d'Ishikawa est un outil puissant pour la résolution de problèmes en maintenance, car il guide les équipes vers des solutions efficaces et durables en identifiant et en traitant les causes sous-jacentes des problèmes.[13]

### IV.7.3 Méthode 5S

C'est un outil d'amélioration continue importé du Japon, permettant d'optimiser l'organisation et l'efficacité d'un poste de travail, d'un service, d'une entreprise.

L'appellation '5S' vient des initiales des mots clés de la méthode.

SEIRI : C'est débarrasser (éliminer ce qui est inutile)

SEITON : (ranger) concevoir un espace de travail efficace où chaque chose a une place bien définie facilitant son utilisation.

SEISO : c'est nettoyer (tenir propre les outils, les équipements, l'atelier...)

SEIKETSU : c'est organiser (établir et formaliser des règles).

SHITSUKE : c'est maintenir la rigueur (respecter les règles).

#### **IV.7.4 L'arbre de défaillance**

L'arbre des défaillances est une représentation graphique de type arbre généalogique (la filiation d'une famille). Il représente une démarche d'analyse d'événement. L'arbre de défaillances est construit en recherchant l'ensemble des événements élémentaires, ou les combinaisons d'événements, qui conduisent à un événement redouté (E.R). L'objectif est de suivre une logique déductive en partant d'un événement redouté pour déterminer de manière exhaustive.

#### **IV.7.5 Méthode AMDEC**

La méthode AMDEC (l'**A**nalyse des **M**odes de **D**éfaillance de leurs **E**ffets et de leur **C**riticité) est une méthode exhaustive pour analyser l'effet de toutes les défaillances de tous les éléments d'un système. Elle considère les modes de défaillances successivement, et fait donc l'hypothèse implicite qu'il n'y a pas de modes de défaillances simultanés qui se manifestent en même temps. Cette hypothèse est importante et est une limite pour traiter les défaillances de cause commune.

On peut s'intéresser aux défaillances des fonctions d'un système, à celles des composants ou entités structurelles d'un système ou au mélange des deux.

L'AMDEC détermine donc :

- Le mode de défaillance qui est la manière par laquelle la défaillance qui est observée, et qui correspond à une perte totale ou partielle de fonctions assurées par le moyen.
- La cause potentielle de la défaillance qui est l'événement initial susceptible de conduire au mode de défaillance.
- L'effet que peut avoir le mode de défaillance sur le bon fonctionnement du moyen de production ou sur l'utilisateur final du moyen. Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise (norme AFNOR expérimentale X60-500).

AMDEC réduit les coûts indirects (coûts d'indisponibilité) et amélioré la fiabilité des équipements dès la conception. Ce qui permet d'optimiser cette composante tout en identifiant les éléments les plus critiques et en aidant les décideurs de service maintenance. AMDEC se compose principalement par 4 types :

- 1.Préparation de l'analyse : définition du contexte, recherche des informations et observations ;
- 2.Description, modélisation de l'installation ;
- 3.Application de la procédure AMDEC ;

- Identification des modes ;
- Recherche des effets ;
- Recherche des causes ;
- Evaluation de la probabilité ;
- Evaluation de la gravité

4. Bilan de l'analyse et des mesures à prendre, rédaction du rapport d'analyse. [14]

### V.7.6.1 Processus de la méthode AMDEC

Le processus AMDEC se compose de quatre étapes essentielles : initialisation, Décomposition Fonctionnelle, Analyse AMDEC et la Synthèse (voir la figure IV.6).

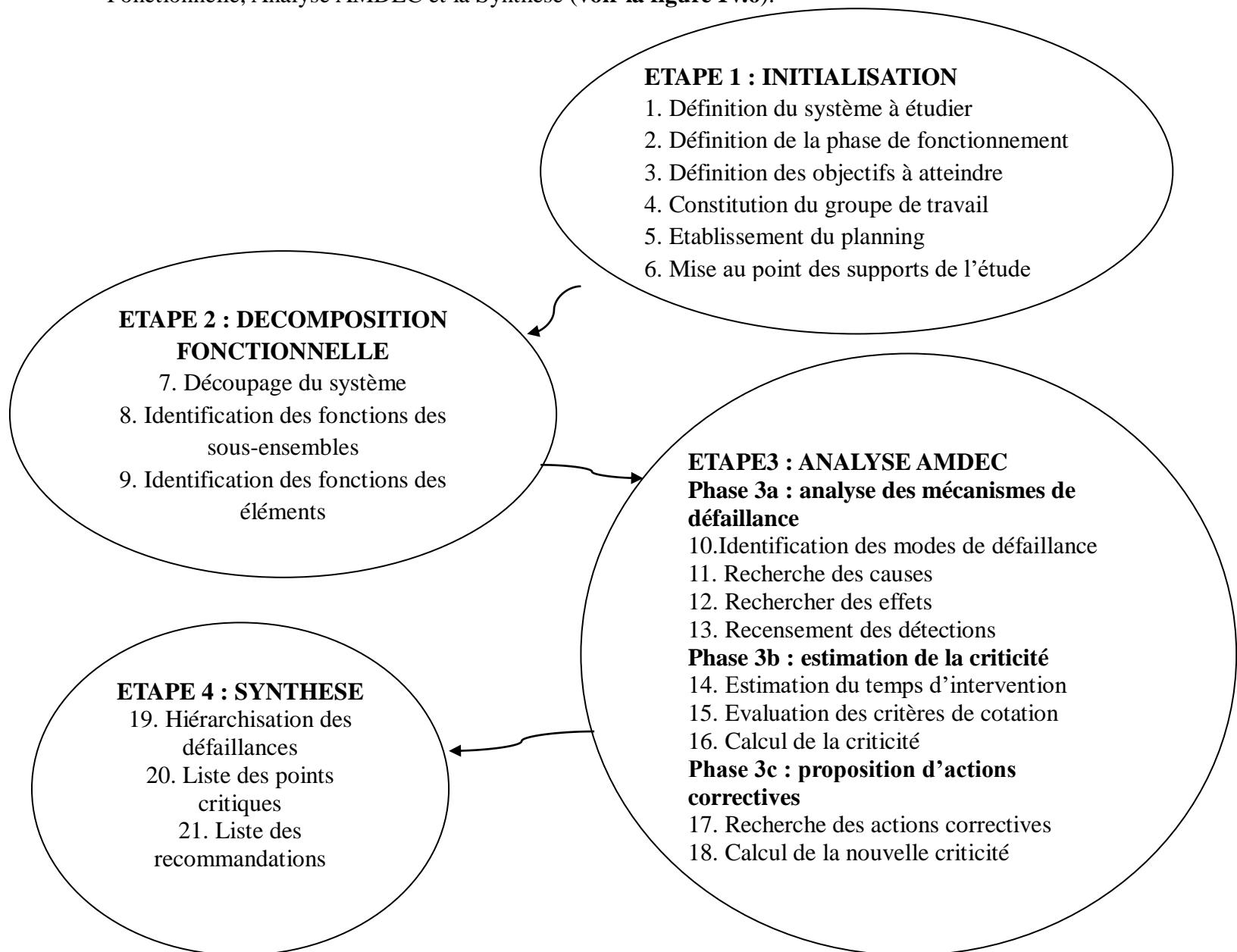


Figure IV.6 : Démarche pratique de l'AMDEC machine

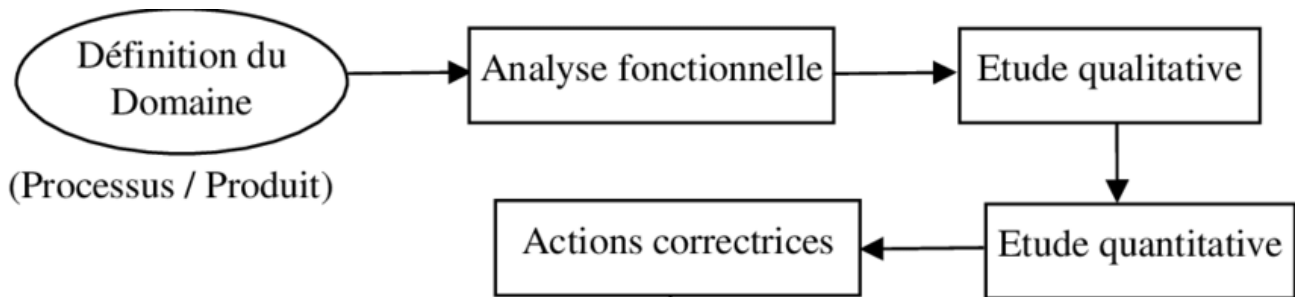


Figure IV.7 : Démarche d'AMDEC processus.

1. **L'Indice de Fréquence (f)** : Cet indice est lié à la fréquence d'apparition prévue de la défaillance. Il prend en compte la probabilité combinée de l'apparition du mode de défaillance et de la cause de la défaillance. L'indice de fréquence varie de 1 à 4, où 1 représente une fréquence faible et 4 une fréquence élevée.
2. **L'Indice de Détection (D)** : Cet indice évalue la capacité de détecter la défaillance, c'est-à-dire la probabilité de repérer la défaillance avant qu'elle ne provoque un effet indésirable. L'indice de détection est noté de 1 (facilement détectable) à 4 (difficilement détectable).
3. **L'Indice de Gravité (G)** : Cet indice est associé à la gravité de l'effet de chaque défaillance telle qu'elle est perçue par l'utilisateur ou l'exploitant. Il tient compte de l'impact potentiel de la défaillance. Plus l'effet est grave, plus l'indice de gravité est élevé.
4. **L'Indice de Criticité (C)** : Cet indice est calculé comme le produit des indices de fréquence, de détection et de gravité ( $C = G \times F \times D$ ). Il s'agit d'un indice synthétique qui permet de hiérarchiser les défaillances potentielles en fonction de leur criticité.

Montrent les niveaux de criticité et les actions recommandées en conséquence :

- **Criticité Négligeable ( $1 < C < 10$ )** : Cette catégorie indique que la défaillance a peu d'impact, et aucune modification de conception n'est nécessaire. La maintenance corrective peut être suffisante.
- **Criticité Moyenne ( $10 < C < 20$ )** : Dans ce cas, des améliorations de performance peuvent être envisagées pour l'élément. Une maintenance préventive systématique est recommandée pour éviter les défaillances.

- **Criticité Élevée (20 < C < 40)** : Une révision de la conception du sous-ensemble ou du choix des éléments peut être nécessaire. Une surveillance spécifique et une maintenance préventive conditionnelle ou prévisionnelle sont recommandées.
- **Criticité Interdite (40 < C < 64)** : Cela indique une criticité extrêmement élevée, où une remise en cause complète de la conception est souvent nécessaire pour éviter des conséquences graves. Des actions drastiques, une surveillance continue et une maintenance préventive intensive sont requises.[15]

En utilisant cette analyse de criticité, les équipes de maintenance peuvent prioriser les actions en fonction de l'impact potentiel des défaillances, ce qui contribue à optimiser les ressources et à minimiser les risques pour la sécurité et la fiabilité des équipements.

ANALYSE DES MODES DE D2FAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE							AMDEC				
Système :.....			Phase de fonctionnement ;.....				Date analyse :.....		Page :...		
Sous-système :.....											
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Action corrective
							F	G	D	C	

Figure IV.8 : Exemple de feuille d'AMDEC.

### IV.8. Les inspections appliquées sur la turbine à gaz V94.3A :

#### Introduction :

Les installations techniques représentent un important capital investi. Ce capital doit être préservé et géré avec efficacité. La division de maintenance nécessite de réunir un vaste éventail de compétences dans des domaines variés, ce qui conduit à l'organisation de la maintenance autour de 4 services : services Inspection, électricité, instrumentation et mécanique industrielle.

Un programme de maintenance préventive est une nécessité primaire afin d'assurer la gestion correcte des installations conduites par des turbines à gaz où les arrêts forcés de l'installation doivent être réduits au minimum. Et pour cela nous pouvons classer les inspections de la turbine en deux types :

**IV.8.1 Inspection en fonctionnement (maintenance conditionnelle) :**

Il est vivement recommandé d'enregistrer les paramètres clés dès les premiers démarrages et pendant le fonctionnement initial de la turbine. Cette démarche nous permet d'établir des valeurs de référence pour des aspects tels que la consommation et les performances lorsque la machine est encore neuve.

Cette initiative nous offre une base solide pour évaluer avec précision tout changement survenant dans le fonctionnement de la turbine à gaz au fil de sa durée de vie. En conséquence, cela facilite l'identification des causes potentielles de défauts et nous aide à sélectionner les solutions adéquates pour y remédier.

Pour obtenir une compréhension complète du comportement de la turbine, nous collectons des données de fonctionnement pendant les phases transitoires, comme les démarrages et les arrêts, ainsi que dans des conditions de régime permanent. Nos principales préoccupations lors des inspections en marche englobent :

- Surveiller la vitesse des roues haute pression (HP) et basse pression (BP).
- Évaluer la charge exercée sur la turbine.
- Enregistrer le nombre de démarrages effectués.
- Calculer le cumul des heures de fonctionnement.
- Mesurer les pressions et températures à différents points de la turbine.
- Prendre en compte les températures et pressions ambiantes.
- Vérifier la pression d'huile et du combustible, ainsi que l'état des différents filtres.
- Évaluer les niveaux de vibrations des rotors de la turbine HP et BP.

Ces paramètres clés constituent la base de notre analyse continue, garantissant que la turbine fonctionne de manière optimale et prévoyant d'éventuelles défaillances grâce à une surveillance proactive.[16]

**IV.8.2. Inspections préventive périodique :****IV.8.2.1. Inspection de la machine pas démontée :**

Les taches principales selon inspection préventive périodique sont :

Tous les jours

- ✓ Vérifier l'étanchéité de la turbine
- ✓ Vérifier l'étanchéité des systèmes hydraulique, de Carburant et d'huile de lubrification
- ✓ Vérifier le niveau de l'huile de lubrification
- ✓ Vérifier tous les auxiliaires de la turbine (autonettoyant, système d'aération)

Chaque semaine

- ✓ Effectuer un lavage à chaud ou de préférence un lavage à froid.

Tous les mois

- ✓ Effectuer un lavage à froid
- ✓ Vérifier la pression du tuyau du reniflard
- ✓ Vérifier le niveau du produit extincteur et vérifier le bon état du système
- ✓ Tester le système gaz et incendie
- ✓ Vérifier que le conduit d'admission d'air n'est pas rouillé ni endommagé, nettoyer avec le dispositif de nettoyage à impulsions.
- ✓ Actionner le système d'huile de lubrification d'urgence pour tester son intégrité

Tous les trois mois

- ✓ Effectuer une vérification des vibrations
- ✓ Vérifier l'intégrité des pompes d'huile de lubrification d'urgence, auxiliaire et principale
- ✓ Vérifier que tous les boulons de fixation de l'unité entraînée et de la turbine sont serrés

Tous les six mois

- ✓ Vérifier que les dispositifs anti-retours de flammes sont propres
- ✓ Vérifier que le désembuer d'huile n'est pas obstrué

#### **IV.8.2.2. Inspection de la machine démontée (maintenance préventive systématique) :**

L'examen planifié de la machine suit une structure établie en se basant sur les recommandations de la société SIEMENS. Ce processus d'entretien suit un plan spécifique qui guide les actions à entreprendre pour maintenir la performance optimale de la machine.

Des vérifications de service complètes de l'ensemble sont réalisées chaque année. Pour le turbomoteur, les contrôles de service sont effectués en fonction d'un équivalent en heures (en tenant compte du type de turbomoteur, des conditions d'exploitation, du carburant utilisé, de la charge et des heures de fonctionnement). Ces contrôles réguliers garantissent que le turbomoteur fonctionne efficacement et en toute sécurité.

Les inspections nécessitant le démontage des enveloppes externes sont déterminées en fonction du degré d'inspection requis. En conséquence, nous pouvons distinguer les types d'inspections suivants:

- ✓ Inspection de type A "9000 heures" : Cette inspection implique une observation à l'aide d'un boroscope du système de combustion, du générateur de gaz et de la zone de la turbine.

- ✓ Inspection de type B "27000 heures" : Cette étape englobe une observation à l'aide d'un boroscope similaire, mais avec le démontage des composants.
- ✓ Inspection de type C "54000 heures" : Au cours de cette inspection, certains composants du système de combustion sont remplacés et le générateur de gaz est également inspecté.
- ✓ Inspection de type D "54000 heures" : Cette étape implique une révision complète de la turbine de puissance. Si nécessaire, les composants en fin de vie sont remplacés pour garantir la performance continue de la turbine.

Pour planifier ces inspections, nous utilisons une formule de calcul pour déterminer les heures équivalentes. Cette formule combine les heures d'exploitation annuelles avec un facteur de 10 fois le nombre de démarrages effectués chaque année. Cette approche nous aide à établir un calendrier d'entretien précis et à maintenir la turbine en parfait état de fonctionnement au fil du temps.[17]

Année :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bloc(package)	A	A	B	A	A	C	A	A	B	A	A	D
Heures équivalentes	9000	18000	27000	37000	45000	54000	63000	72000	81000	90000	99000	10800
Générateur de gaz	A	A	B	A	A	C	A	A	B	A	A	D
Combustion	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Zone de la turbine	A	A	B	A	A	C	A	A	B	A	A	D

Tableau 10 : Plan de maintenance typique

Système /composant	Tâche
Ensemble rotor	-Effectuer la vérification endoscopique des ailettes du compresseur et des ailettes de la turbine du compresseur.
Aube de stator variable tringlerie	-Effectuer le contrôle visuel du mécanisme de fonctionnement de l'actuateur et des leviers d'ailettes. -vérifier l'intégrité des fixations. -contrôler /relever les positions de fonctionnement /arrêt de la couronne de liaison.
Carter d'entrée d'air	-Effectuer le contrôle de la grille d'entrée d'air.
Moteur de la turbine	-Vérifier que les récipients ne présentent pas de traces de dommage externe ni de corrosion.

**Tableau 11 :** Inspection type 'a' pour Générateur de gaz

Système/ Composant	Tâche
Généralités	Effectuer le contrôle visuel des circuits de combustion dynamiques pour vérifier l'absence de dommages ou de traces de corrosion.
Tubes à flamme de la chambre de combustion	Effectuer l'inspection endoscopique des tubes à flamme.
Pièces de transition	Effectuer l'inspection endoscopique des pièces de transition.

**Tableau 12 :** Inspection type 'a' pour Système de Combustion

Système/ Composant	Tâche
Ensemble turbine	- Inspection des aubes avec l'endoscope. - Vérifier que les récipients ne présentent pas de traces de dommage externe ni de corrosion.

**Tableau 13 :** Inspection type 'a' Pour Turbine de puissance

Système/ Composant	Tâche
Filtre, eau de nettoyage	- Vérifier et nettoyer
Électrovanne, Soupape De surpression	- Vérifier le bon fonctionnement.
Clapet combiné d'isolement et ventilation/étalonnage	- Vérifier visuellement qu'il n'y a pas de dommages. - Vérifier l'étanchéité. - Vérifier la position et le bon fonctionnement.
Orifice d'échappement, Ventilation d'électrovanne de Surpression	- Vérification
Tuyauterie du système	- Vérifier visuellement qu'il n'y a pas de fentes, fuites et autres dommages. - Vérifier qu'il existe un espace suffisant entre les tuyaux.
Actuateur de système d'aubes directrices variables	Étalonnage de l'actuateur - Déplacer l'actuateur, vérifier son bon fonctionnement. - Vérifier les angles de fonctionnement/démarrage. - Vérifier que le feed-back est conforme aux valeurs affichées. - Faire évoluer lentement et vérifier que la force est dans les limites requises.
Vanne de purge inter étages et vanne pilote	- Vérifier qu'il n'y a pas d'huile ni de contaminant, nettoyer si nécessaire. - Vérifier le bon fonctionnement au démarrage de la turbine.

**Tableau 14 :** Inspection type 'a' Pour Systèmes auxiliaires du moteur

**Inspection type B : (Tab II.6)**

Pour Générateur de gaz, Système de Combustion et Turbine de puissance.

Comme pour l’inspection type A.

Système/ Composant	Tâche
Composants de l'extrémité chaude pour GG	- Vérification les Composants.
Tubes à flamme de la chambre de combustion	- Déposer un brûleur/tube à flamme principal pour Faciliter l’inspection.
Ensemble turbine	- Déposer des échantillons d'aube pour analyse. - Vérifier l'état des aubes. Remplacement des composants, selon l'état.

**Tableau 15 :** Plan de maintenance type B

**Inspection type C et D (Inspection Général) : (Tab II.7.8)**

Inspection type C pour Générateur de gaz et Système de Combustion, l’inspection type D pour la turbine de puissance.

Les inspections type C, D comme pour l’inspection type B mais remplacer les composants du système de combustion et la turbine de puissance.

Système/ Composant	Tâche
Moteur de turbine GG	- Révision/échange.
Tubes à flamme de la chambre de combustion	- Remplacer les tubes à flammes en fonction du nombre d’heures de durée de vie prévu.
Pièces de transition	- Remplacer les tubes de passage en fonction du nombre d’heures de durée de vie prévu.

**Tableau 16 :** Plan de maintenance type C

Système/ Composant	Tâche
Ensemble turbine	- Révision complète, selon l'état. Remplacement de Composants arrivés en fin de vie.
Flexible, sortie de soupape de Surpression	- Remplacer flexible, sortie de soupape de surpression
Flexible, alimentation en eau de nettoyage	- Remplacer Flexible, alimentation en eau de nettoyage
Transmetteurs de pression	- Remplacer
Actuateur de système d'aubes directrices variables	- Remplacer
Vanne de purge inter étages et vanne pilote	- Remplacer

Tableau 17 : Plan de maintenance type D

**IV.9 Inspection mineur (IC) du groupe n°01 - V94.3A centrale de M'SILA III :**

**IV.9.1 paramètres de fonctionnement avant inspection [18] :**

KKS	Paramètres	Unité	SEUIL	SEUIL	Trip	TG 01		
			MIN	MAX		08 <sup>H</sup> 00	15 <sup>H</sup> 00	21 <sup>H</sup> 00
<b>Skid final gaz</b>								
1XEKG10CP101	Pression gaz avant le filtre final	Bar	28			29,82	30	29,82
1XEKG10CT102	Température gaz avant le filtre final	°C	5	60		8,32	10	8
1XEKE21CP101	Pression différentielle du filtre N°01	mBar	30	150		-0,11	-0,11	-0,11
1XEKE22CP101	Pression différentielle du filtre N°02	mBar	30	150		0,06	0,06	0,06
<b>Echangeur l'huile de lubrification/eau</b>								
1XPGA20CP515	Pression d'eau entré échangeur A	Bar	0	8		3,5	3,6	3,5
1XPGA20CT415	Température d'eau entré échangeur A	°C	0	80		20	30	25
1XPGB20CP515	Pression d'eau sortie échangeur A	Bar	0	8		1,6	1,6	1,6
1XPGB20CT415	Température d'eau sortie échangeur A	°C	0	80		30	40	35
1XPGA20CP516	Pression d'eau entré	Bar	0	8		0	2	0

	échangeur B								
1XPGA20CT416	Température d'eau entré échangeur B	°C	0	80			20	25	20
1XPGB20CP516	Pression d'eau sortie échangeur B	Bar	0	8			0	2	0
1XPGB20CT416	Température d'eau sortie échangeur B	°C	0	80			30	35	28
1XPGB20CT505	Température d'eau sortie échangeur A+B	°C					30	40	28
<b>Huile de lubrification</b>									
1XMBV10CL501	Niveau de l'huile de graissage	mm	310	510			1/2	1/2	1/2
1XMBV10CT501	Température de l'huile de graissage du réservoir	°C	7	>75	< 7		70	74	73
1XMBV26CT101	Température de l'huile dans le collecteur	°C					/	/	/
1XMBV35CP501	Pression d'huile pour alimentation du Vireur	Bar					0	0	0
1XMBV33CP501	Pression alimentation huile de soulèvement des paliers alt	Bar					0	0	0
1XMBV37CP503	Pression d'huile de soulèvement du palier alt L, C	Bar			< 130		50	50	50
1XMBV37CP504	Pression d'huile de soulèvement du palier alt L, O, C	Bar			< 130		40	40	40
<b>1XMBV10CP510</b>		Bar					-7	-7	-7
1XMBV26CP501	Pression d'huile de graissage du palier comp, turbine et vireur	Bar			< 1.4+0.5		2,4	2,4	2,4
1XMBV31CP501	Pression alim huile de soulève de palier camp, turbine	Bar			< 90		0	0	0
1XMBV31CP502	Pression d'huile de soulèvement du palier compresseur	Bar			< 90		50	50	50
1XMBV31CP503	Pression d'huile de soulèvement du palier turbine	Bar					10	20	10
<b>1XMBV21CP501</b>	Pression d'huile de by-pass de l'échangeur	Bar			< 4.5		5,4	5,4	5,4
1XMBV50CP402	Pression de refoulement de la pompe d'extracteur de vapeur	Bar					-19	-20	-19
<b>1XMBV26CP101</b>	Pression d'huile de graissage du palier comp, turbine et vireur	Bar			< 1.4+0.5		55,49	53,8	55,49
<b>1XMBV35CP101</b>	Pression d'huile de vireur en aval des filtres	Bar			> 0.6		-0,01	-0	-0,01
<b>Huile Hydraulique</b>									
1XMBX03CP501	Pression de la ligne d'alimentation	Bar			< 145		160	160	160

1XMBX01CT501	Température de l'huile hydraulique dans le réservoir	°C	20	65		43	47	48
1XMBX02CP501	Pression de refoulement de la pompe principale	Bar				160	160	160
1XMBX02CP502	Pression de refoulement de la pompe auxiliaire	Bar				0	0	0
1XMBX04CP501	Pression du l'accumulateur N°01	Bar				160	160	160
1XMBX04CP502	Pression du l'accumulateur N°02	Bar				160	160	160
1XMBX06CP501	Pression de refoulement des pompes pour refroid et filtrage	Bar	> 0,9	< 1.3		2	1,8	2
1XMBX01CL501	Niveau du réservoir	mm	210+3	270+3		BN	BN	BN
<b>Refroidissement TG</b>								
1XMBH23AA101	Position de la vanne de refroidissement de l'étage 03	%	0	100		99	99	99
1XMBH22AA101	Position de la vanne de refroidissement de l'étage 02	%	0	100		42	42	42
1XMBH23AA102	Position de la vanne de refroidissement de l'étage 03	%	0	100		99	99	99
1XMBH22AA102	Position de la vanne de refroidissement de l'étage 02	%	0	100		42	42	42
1XMBH24CP501	Pression sur le piston d'équilibrage	Bar				1,7	1,7	1,7
<b>Système Auto-nettoyant</b>								
	Compresseur N°01 : Pression d'air	Bar	7	9,5		0	0	0
	Compresseur N°01 : Pression d'huile	Bar				0	0	0
	Compresseur N°01 : Température d'huile	°C				65	90	65
	Compresseur N°02 : Pression d'air	Bar	7	9,5		0	0	0
	Compresseur N°02 : Pression d'huile	Bar				0	0	0
	Compresseur N°02 : Température d'huile	°C				23	30	23
	Pression du réservoir	Bar	11			6,7	7,6	6,7
<b>Transformateur Principal BAT</b>								
	Température 49T	C°		105		59	61	59
	Température 26Q	C°		95		58	61	58
	Niveau d'huile					1/2	1/2	1/2
	Position du régleur de tension	°	1	5		3	3	3
<b>Transformateur soutirage BBT</b>								
	Température 49T	C°		75		24	39	24
	Température 26Q	C°		75		22	36	22

	Niveau d'huile					1/2	1/4	1/2
	Position du régleur de tension	°	1	17		5	5	5
<b>Salle batteries</b>								
	Niveau d'électrolyte batteries 220vcc					1/2	1/2	1/2
	Niveau d'électrolyte batteries 48vcc					BN	BN	BN
<b>Disjoncteur groupe</b>								
	Pression gaz SF6	KPa	640			780	780	780
<b>Circuit NORIA</b>								
1XPGB11CP501	Pression différentielle du filtre N°01	mBar	0	0,6		DEF	DEF	DEF
1XPGB12CP501	Pression différentielle du filtre N°02	mBar	0	0,6		330	330	330
1XPGB11CP501	Pression d'eau du refoulement de la pompe N°01	Bar	0	6		4,4	4,4	4,4
1XPGB12CP501	Pression d'eau du refoulement de la pompe N°02	Bar	0	6		1,5	1,5	1,5
1XPGB20CT502	Température d'eau de refoulement pompe	°C	0	70		DEF	DEF	DEF
1XPGB11CL501	Niveau du réservoir de l'eau		720	300		BN	BN	BN
<b>Echangeur eau/air : système alternateur</b>								
12PGA20CP511	Pression différentielle de l'échangeur N°01	Bar				DEF	DEF	DEF
12PGB20CP512	Pression différentielle de l'échangeur N°02	Bar				DEF	DEF	DEF
12PGC20CP513	Pression différentielle de l'échangeur N°03	Bar				DEF	DEF	DEF
12PGD20CP514	Pression différentielle de l'échangeur N°04	Bar				DEF	DEF	DEF

KKS	Paramètres	Unité	SEUIL MIN	SEUIL MAX	Trip	TG 01		
						08 <sup>H00</sup>	15 <sup>H00</sup>	21 <sup>H00</sup>
<b>Poste gaz</b>								
10EKA10CP102	Pression après la vanne de tête	Bar	32	70		54	55	54
10EKA10CT101	Température de gaz après la vanne de tête	°C	5	45		20	21	20
	Pression d'air de commande vanne purge séparateur	Bar	3,5	9		4,2	4,2	4,2
0EKE21CP501	Pression différentielle du filtre gaz N°01	Bar	0	2		0,11	0,11	0,11
0EKE22CP501	Pression différentielle du filtre gaz N°02	Bar	0	2		0,064	0,06	0,064
	Niveau des condensats dans le séparateur primaire	mm				L	L	L
<b>10EKA25GH002</b>	Pression gaz après les réchauffeurs	Bar	31,5	70		54	55	54
10EKA29CT103	Température après le réchauffeur	°C	34			20	21	20
<b>Réchauffeur N°01</b>								
	Niveau de l'eau	Litre		10				
0EKC26CT501	Température de l'eau de réchauffeur	°C		85				
0EKC26CP503	Pression du bruleur	Bar						
	Pression air de commande vanne de régulation gaz	Bar	3,5	9				
	Pression air de commande vanne d'isolement chaudière	Bar						
<b>Réchauffeur N°02</b>								
	Niveau de l'eau	Litre		10		BN	BN	BN
0EKC27CT501	Température de l'eau de réchauffeur	°C		85		20	20	20
0EKC27CP503	Pression du bruleur	Bar				1,3	1,3	1,3
	Pression air de commande vanne de régulation gaz	Bar	3,5	9		3,6	3,6	3,6
	Pression air de commande vanne d'isolement chaudière	Bar				5,4	5,4	5,4
	5. Nombre d'heure total de fonctionnement							
	6. Nombre d'heure de fonctionnement en charge							

## IV.9.2 Caractéristiques de la TG [19] :

<b>Compresseur</b>	
Nombre d'étages	15
Type de fabrication du rotor	Multidisque à cannelure Hirth et de liaison centrale
Nombre d'étages des aubes directrices d'entrée variables	1
Soupapes de décharge	2 à l'étage 5 1 à l'étage 9 1 à l'étage 13
Taux de compression du compresseur	18
<b>Système de combustion</b>	
Nombre de chambres de combustion	1
Type	Annulaire
Nombre de brûleurs	24
Type d'allumeurs	Bougies d'allumage
Nombre d'allumeurs	1 par brûleur
Type d'éléments de surveillance de flamme	Capteurs de flamme
Nombre d'éléments de surveillance de flamme	2
<b>Turbine</b>	
Nombre d'étages	4
Type de fabrication du rotor	Multidisque à cannelure Hirth et barre de liaison centrale
<b>Vitesse de la turbine à gaz</b>	
Vitesse nominale	3000 rpm (50 Hz)
Plage de vitesse permise	47,5-^51,5 Hz
<b>Vireur</b>	
Type	Moteur hydraulique
Vitesse de fonctionnement du vireur	120÷150 rpm
Période de fonctionnement requise après l'arrêt	24 heures
Possibilité d'arrêt manuel	Oui
Vireur d'urgence	Oui (par SFC [convertisseur de la fréquence de démarrage])

**IV.9.3 Les activités de l'inspection mineure (IM) :**

L'Inspection mineure, étant principalement une inspection visuelle exécutée sur quelques-unes des parties internes de l'installation, comprend les activités suivantes [20] :

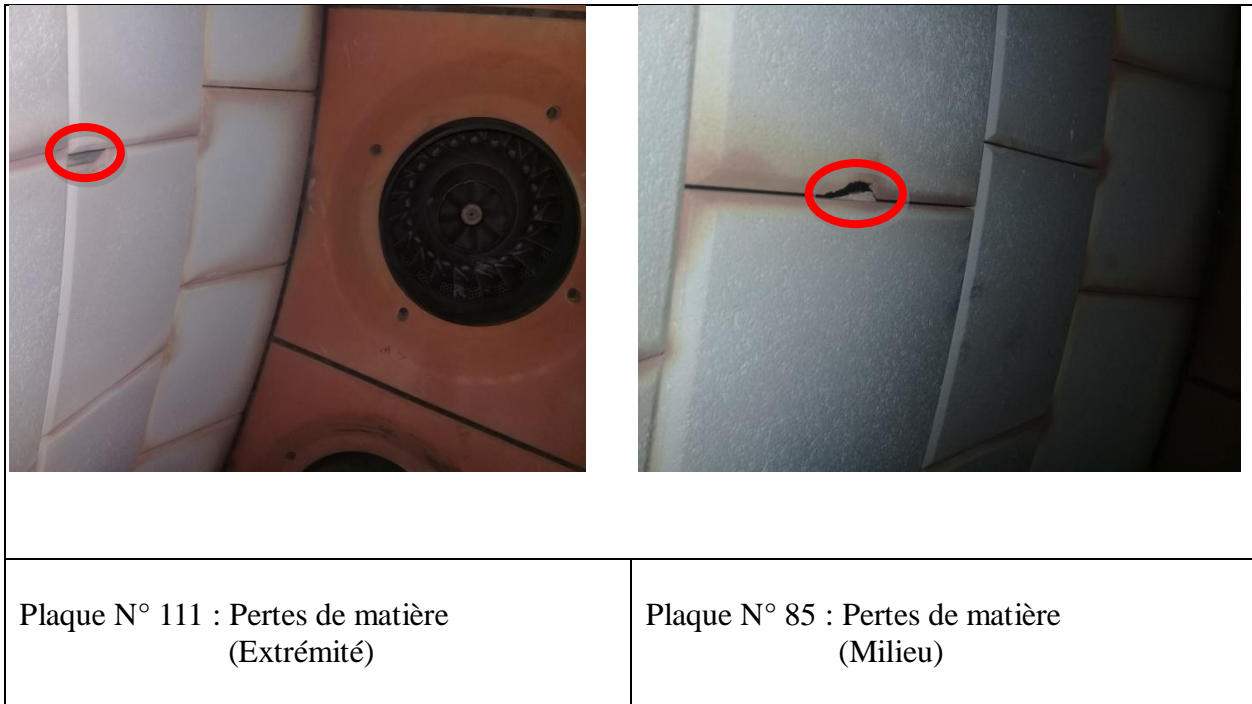
N°	ACTIVITES
1	Saisie des données d'exercice avant l'arrêt.
2	Débranchement du réseau, arrêt et refroidissement de la machine sur le vireur. Lavage hors ligne du compresseur.
3	Inspection visuelle externe, visant au contrôle de fuites de combustible, d'eau, d'huile et d'air des connexions, des tuyaux flexibles, des joints d'étanchéité, des manchons, etc.
4	Contrôles de l'intégrité de l'isolement, des instruments et des connexions électriques.
5	Ouverture des trous d'homme positionnés sur les composants à soumettre à inspection (conduite d'échappement, prise d'admission de l'air, chambres de combustion, partie inférieure de la bâche extérieure).
6	Inspection visuelle des chambres de combustion et du 1 <sup>er</sup> étage de la turbine.
7	Contrôle des jeux des extrémités des aubes du 1 <sup>er</sup> étage de la turbine.
8	Inspection visuelle de l'ensemble (ailettes) de turbulences axiales et diagonales, et des brûleurs (ceux accessibles).
9	Inspection visuelle des trous d'homme.
10	Inspection visuelle de diffuseur de compresseur
11	Inspection visuelle de la prise de l'air, du logement des filtres, du support du palier, des gicleurs du système de lavage du compresseur.
12	Inspection visuelle des aubes directrices de l'air à pas variable du compresseur
13	Inspection visuelle sur le premier étage du compresseur (là où ils sont accessibles).
14	Contrôle du jeu de l'extrémité des aubes du 1 <sup>er</sup> étage du compresseur.
15	Inspection visuelle des aubes et des palettes du 4 <sup>-ème</sup> étage de la turbine.
16	Contrôle du jeu de l'extrémité des aubes du 4 <sup>-ème</sup> étage de la turbine.
17	Conduit d'échappement gaz chauds - Inspection visuelle du conduit d'échappement et des bras
18	Inspection visuelle finale de l'unité pour détecter la présence d'éventuels objets étrangers laissés sur place.
19	Fermeture des trous d'inspection et des trous d'homme à exécuter immédiatement après l'inspection visuelle finale.
20	Assistance au démarrage de la turbine.

**IV.10 Description des travaux de maintenance dans TAG V94.3A :**

**1- Plaques céramique chambre de combustion :**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur les plaques céramiques de la chambre de combustion, aucun anomalie observé sauf des traces d'échauffement, décoloration légère

- Deux plaques céramique pertes de matière sur la partie médiane et extrémité de la plaque  
Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.9**)



**Figure IV.9 :** Plaques céramique chambre de combustion

**Recommandation :**

- Il faut suivre l'évolution la prochaine inspection

**2- Brûleurs & Inserts**

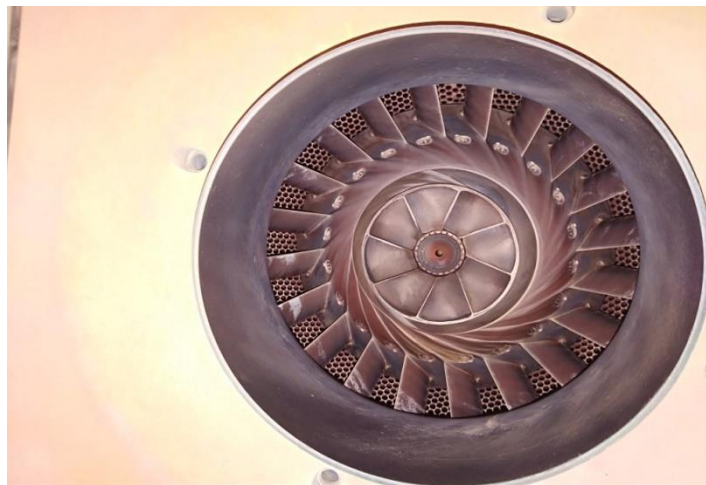
Suite à l'inspection visuelle effectuée sur les brûleurs et inserts Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.10**) :

- l'ensemble des ailettes de turbulences axiales et diagonales des brûleurs sont en bon état en générale.

- Traces d'oxydation sur les turbulences

- Quelques inserts présentent d'arrachement du revêtement et des fissures

Légères et aussi décoloration



Ailettes de turbulences axiales et diagonales



Arrachement du revêtement, fissures Légères et décoloration

**Figure IV.10** : les brûleurs et inserts

**Recommandation :**

- Il faut suivre l'évolution la prochaine inspection

**3- Carreaux métallique de fermeture :**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur les carreaux métalliques de fermeture Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.11**)

- Quelque carreau métallique de fermeture pressante décoloration et arrachement de matières surface rugueuse.



Décoloration & surface rugueuse

**Figure IV.11 :** vue sur les carreaux métalliques

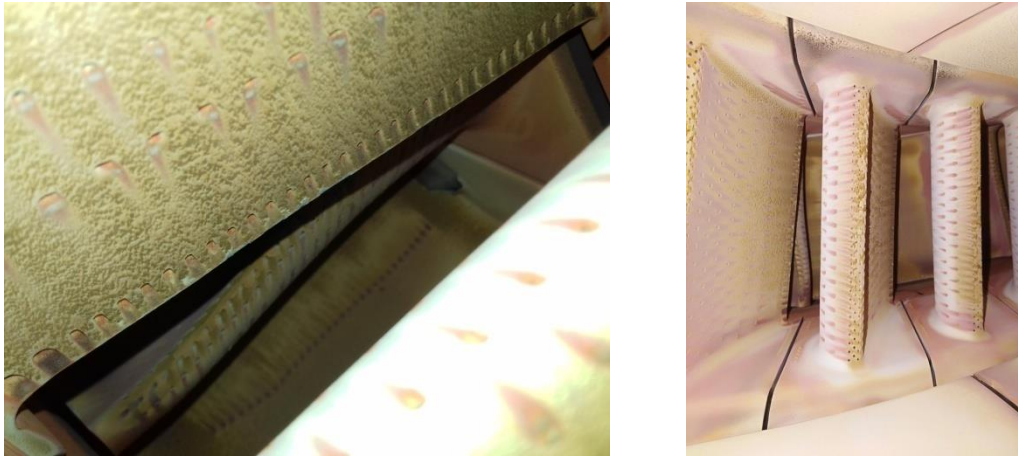
**Recommandation :**

- Il faut suivre l'évolution la prochaine inspection

**4 - Directrice premier étage :**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur la directrice 1<sup>er</sup> étage Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.12**)

- la directrice 1<sup>er</sup> étage présente des dépôts de calamine et décoloration



Dépôts de calamine & décoloration

**Figure IV.12** : Vue sur la directrice 1<sup>er</sup> étage

**Recommandation :**

- Il faut suivre l'évolution la prochaine inspection

**Ailettes turbine 1<sup>er</sup> étage turbine :**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur les ailettes 1<sup>er</sup> étage turbine Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.13**)

- Quelques ailettes 1<sup>er</sup> étage turbine présente arrachement de revêtement, dépôts de calamine et décoloration
- Déformation 2 ailettes au niveau bord d'attaque (Photo boroscope)
- Trace de frottement (Photo boroscope)



Arrachement de revêtement



Trace de frottement



Déformation



Déformation

Figure IV.13 : Vue sur les ailettes 1<sup>er</sup> étage turbine

**Recommandation :**

- Il faut suivre l'évolution la prochaine inspection

Les jeux des quatre endroits des ailettes turbine ont été prises :

2.60 mm

2.75 mm

2.90 mm

3.70 mm

Dans le sens du flux

### **3.inspection a l'échappement**

#### **La trappe d'échappement**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur le joint de la trappe d'échappement Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.14**)



**Figure IV.14 :** Vue sur le joint de la trappe d'échappement

#### **Recommandation :**

- Changement la prochaine inspection

#### **Tunnel d'échappement :**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur les parois d'échappement Comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.15**)

- Les parois de L'échappement ont été trouvées en bon état.



Figure IV.15 : Vue effectuée sur les parois d'échappement

**Diffuseur d'échappement :**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur le diffuseur comme le montrent les images ci-dessous (figure IV.16)

- Des fissures au niveau des anciens cordons de soudure de la nervure de diffuseur

Figure IV.16 : Vue sur diffuseur d'échappement



**Recommandation :**

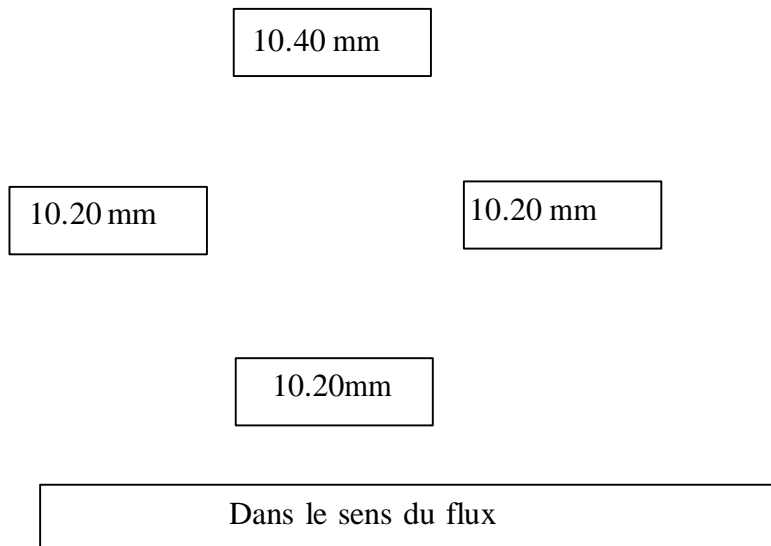
- Réparation la prochaine inspection

**3-b : Ailettes 4<sup>ème</sup> étage turbine :**

- Aucune anomalie sur les parties accessibles visuellement des ailettes Turbine 4<sup>ème</sup> étage.
- Les jeux des quatre endroits des ailettes turbine ont été prises :



**Figure IV.17 :** Vue sur inspection dans les ailettes du 4<sup>ème</sup> étage.



**Inspection a l'admission**

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur conduite d'admission comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.18**)

- Enlever tous les dépôts et nettoyer l'entrée du compresseur.
- Accumulation de saleté au niveau de l'IGV et tunnel d'admission





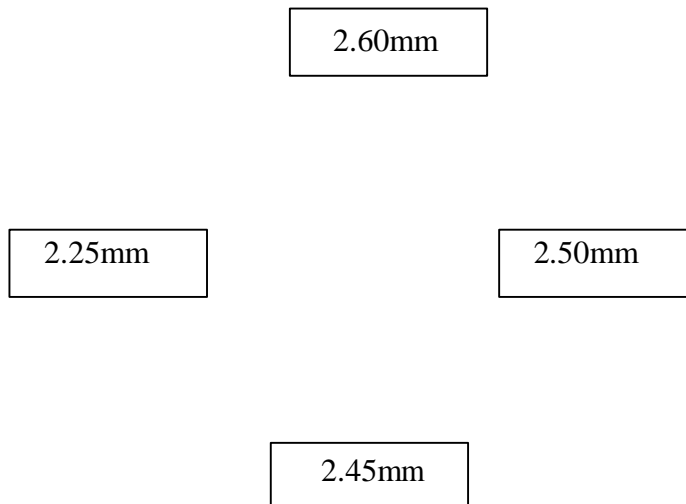
Après nettoyage



- Les jeux des quatre endroits du 1<sup>er</sup> étage compresseur ont été pris :



**Figure IV.18** : Inspection visuelle effectuée sur conduite d'admission (avant et après le nettoyage)

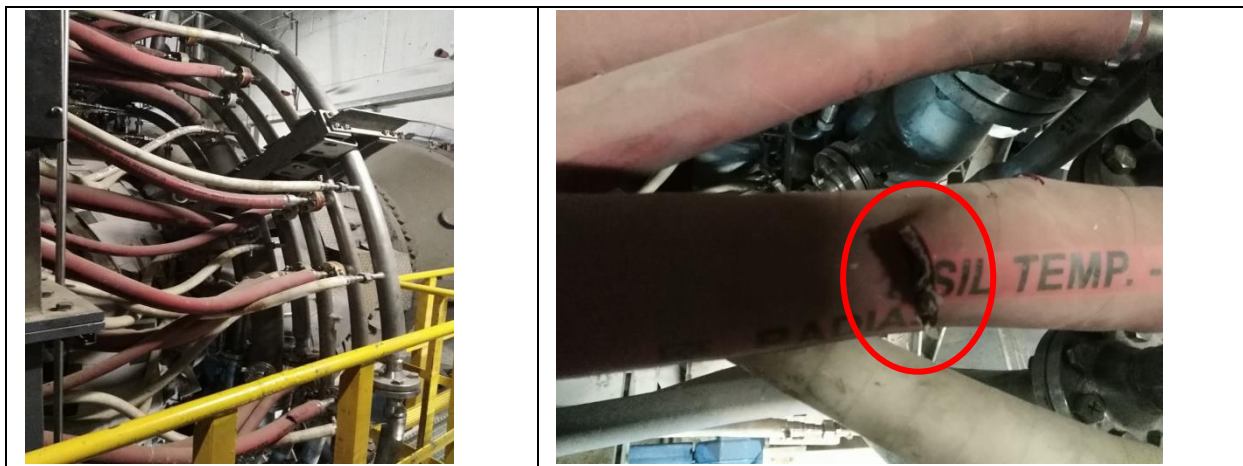


Dans le sens du flux

### Flexibles

Suite à l'inspection visuelle effectuée sur les flexibles comme le montrent les images ci-dessous (**figure IV.19**)

- Les flexibles (Gaz et Fuel) sont en bon état en générale sauf quelque flexibles prés mixte (gaz) en trouvé des déchirures externes



**Figure IV.19 : Les flexibles (Gaz et Fuel)**

### Recommandation :

- Il faut suivre l'évolution la prochaine inspection

### III – Paramètres de fonctionnement après inspection :

L'inspection endoscopique du groupe N01 de la centrale M'sila rentre dans le cadre des inspections systématique du groupe. Afin de déceler des défauts ou des anomalies sur le turbocompresseur.

**Moyens utilisés :**

- contrôle visuel ;
- appareil photo numérique ;
- endoscope de marque GE Mentor visuel IQ ;

**Données du groupe :**

- modèle : V94.3A
- puissance :215 MW
- heure de marche depuis la mise en service /depuis la dernier inspection
- nombre de démarrage depuis la mise en service/ depuis la dernière inspection

**Caractéristique du groupe :**

- nombre d'arbre : 1
- nombre d'étages turbine :4
- nombre d'étages compresseur : 16
- vitesse de rotation : 3000tr/min
- nombre des chambres de combustion : une chambre annulaire
- nombre de bruleurs : 24

**Matériels concernés par l'inspection :**

- inspection de la chambre de combustion ;
- inspection d'échappement ;
- inspection de l'admission et du compresseur axial ;
- inspection de la turbine ;

**Déroulement de la mission d'inspection :**

Préparatifs de la visite endoscopique du groupe N°01

- consignations électriques ;
- ouvertures des trous d'homme de la chambre de combustion ;
- ouvertures de la trappe compartiment admission ;
- ouvertures de la trappe coté échappement ;

## **IV.11 Conclusion**

La maintenance de la turbine à gaz V94.3 est un processus complexe qui exige une planification minutieuse, une surveillance constante et une exécution précise. Une approche proactive de la maintenance contribue à garantir la disponibilité continue de l'équipement, à minimiser les coûts opérationnels et à assurer une production d'électricité fiable. Une collaboration étroite entre les équipes de maintenance et les ingénieurs est nécessaire pour relever les défis spécifiques associés à cette technologie.

L'approche de l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est un outil puissant pour évaluer et optimiser la maintenance de ces équipements complexes.

Cette méthodologie continue d'être essentielle pour assurer des performances optimales de la turbine à gaz et contribuer à la production d'électricité fiable.

# *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

L'ingénierie cherche constamment à optimiser les processus, à tirer le meilleur parti des ressources disponibles pour maximiser la rentabilité. Dans cette optique, notre exploration de la turbine à gaz nous a permis de plonger dans ses caractéristiques, sa structure, son fonctionnement et son importance cruciale dans la production d'électricité.

La performance de la turbine dépend en grande partie d'un programme de maintenance préventive solide. Celui-ci vise à maintenir les équipements en parfait état de marche, à détecter les problèmes potentiels, à diagnostiquer les pannes mécaniques et à trouver des solutions efficaces. Notre utilisation de l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) nous a permis de classer et de hiérarchiser ces défaillances en fonction de leur gravité, facilitant ainsi la mise en place d'actions correctives appropriées.

En conclusion, notre travail a conduit à des recommandations visant à améliorer le plan de maintenance préventive. Ces recommandations mettent particulièrement l'accent sur la réduction de la fréquence des pannes et, par conséquent, sur la réduction de leur criticité.

Enfin, notre stage à la centrale électrique de Draa El hadja a été extrêmement bénéfique. Il nous a apporté des connaissances pratiques précieuses et une meilleure compréhension de l'environnement industriel. Cela renforce notre conviction que l'ingénierie joue un rôle crucial dans la recherche d'efficacité et de durabilité dans le secteur de la production électrique.

# *Références bibliographiques*

## **Références bibliographiques**

- [1] ANSALDO ENERGIA, Manuel de formation Turbines à gaz V94.3A 2\*215 MW, Draa El Hadja, Tome I, Sonelgaz, 2003.
- [2] Fiche d'organigramme de la central Draa El Hadja.
- [3] Earl, Logan (Turbomachinery, basic theory and application), Marcel Dekker, Inc, 1953
- [4] ANSALDO Energia S.P.A, « Turbine à gaz V94.3A », Manuel de formation tome 2, 2001, SONELGAZ. SPE Centrale DRAA EL HADJA.
- [5,6] PFE université M'hamed bougara (contribution à la surveillance de la turbine a gaz MS5002b réalisé par GUEMOURI aghiles et MERDAS oualid)
- [6] PFE université Badji mokhtar ANNABA (les turbines à gaz réalisé par BERKAS khaoula et ABBACI wissem eddine).
- [7] PFE université Kasdi merbah OUARGLA (mécanique des chantiers pétroliers réalisé par BARIKI mohamed et BENAOUN belgacem).
- [8] Génie mécanique. Réf : BM4283 v2.
- [9] SONELGAZ manuel de formation tome 2 la turbine à gaz siemens V93.A4. Février 2001.
- [10] Melle. L. BOUSSOUAR Mr. S. NEDJIMI, ' Etude de la transformation du groupe 1 de la centrale Cap-Djenet en cycle combiné', université Mouloud Mammeri, TIZI OUZOU.
- [11] Fiche Sonelgaz.
- [12] site web : [Nadra CH : LE DIAGRAMME DE PARETO \(20/80\) \(nadrarh.blogspot.com\)](http://nadrarh.blogspot.com)
- [13] site web : <http://www.marketing-etudiant.fr/ishikawa.html>
- [14] PFE (application de la méthode AMDEC a la ligne de boudinage C1 de la STIP réalisé par AYMEN Mahjoub 2013)
- [15] PFE institut supérieur des études technologiques de MEDENINE (élaboration un plan de maintenance préventive réalisé par BEN CHIEKH mahdi et OURABI Hana 2020)
- [16] PFE université de kasdi merbah OUARGLA (l'effet de la température ambiant sur la performance d'une turbine à gaz 2019).
- [17] PFE université de M'sila (maintenance des machines thermiques et hydrauliques réalisé par GUEZAOUT islam et AZIZI nadjib 2020).
- [18] donnée d'une inspection mineure du groupe N°01 de central électrique M'sila III.
- [19] Documentations SPE M'sila.

## *Références bibliographiques*

---

[24] Courriel à SPE-Planning différents inspections 2021.

# Annexes

## Annexes

### Annexe A :

#### 1. Fiche technique du système de filtration *Foglio Dati Sistema Filtrazione*

##### 1.1 Généralités - Données du projet *Generale – dati di progetto*

Description <i>Descrizione</i>	U.d.M.	Valeur <i>Valore</i>	Remarques <i>Note</i>
Spécifications de référence <i>Specifiche di Riferimento</i>		<b>SXMBLM007</b>	Système de filtration Système antibruit
Débit d'air prévu <i>Portata Aria</i>	kg/s	650	Conditions ISO à la hauteur du site
Température d'air prévue <i>Temperatura di progetto</i>	°C	+15	
Température minimum / maximum <i>Temperatura Minima/massima</i>	°C	-7,1/+48,3	Moyenne mensuelle
Température de référence du site <i>Temperatura di Riferimento</i>	°C	+40	
Humidité de référence du site <i>Umidità Relativa di Riferimento</i>	%	60	
Humidité relative minimum / maximum <i>Umidità Relativa Minima/Massima</i>	%	39 /76	Moyenne mensuelle
Altitude <i>Altezza</i>	m	500	
Pression dans le site minimum / maximum <i>Pressione minima/ massima</i>	mbar	961/968	Moyenne mensuelle
Pluviosité maximale prévue <i>Pioggia, Massimo livello di progetto</i>	mm/jour	34,7	période entre 1996 et 2005
Vitesse du vent de référence prévue <i>Velocità del Vento di Progetto</i>	m/s	30	Hypothèse de calcul
Sismicité <i>Sismicità</i>		<b>Zone III Groupe 1A</b>	Conformément au règlement algérien RPA2003
Contenu annuel moyen de poussière <i>Contenuto Medio Annuale in Polveri</i>	µg/m³	10	En zone rurale
Contenu instantané maximum de poussière prévu <i>Contenuto Massimo istantaneo in Polveri</i>	mg/m³	200	Seulement en cas de tempête de sable
Contenu moyen de NaCl <i>Contenuto Medio di NaCl</i>		<2 % du contenu total de poussière	

## ANNEXES

### Annexe B :

#### 1.4 Fiche technique du système de dégivrage *Foglio Dati Sistema anti-ghiaccio*






Description <i>Descrizione</i>		Valeur <i>Valore</i>	Remarques <i>Note</i>
<b>Système de dégivrage</b> <i>Sistema anti-ghiaccio</i>			
Type <i>Tipo</i>		Equipé d'un compresseur GT de prélèvement de l'air <i>Con aria calda estratta da GT</i>	
Température nominale de l'air prélevé <i>Temperatura nominale aria estratta</i>	°C	430	
Plage de température ambiante <i>Range di temperatura di intervento</i>	°C	-5 / +5	
Plage d'humidité relative <i>Range di umidità di intervento</i>	%	70 / 100	
Débit d'air prévu <i>Portata aria di progetto</i>	kg/s	20	
Augmentation de la température de l'air <i>Aumento temperatura aria aspirata</i>	°C	14	
Pression de référence de l'air prélevé <i>Pressione nominale aria spillata</i>	bar	19	
Pression minimale de l'air prélevé <i>Pressione minima aria spillata</i>	bar	10	

#### 1.5 Fiche technique du système autonettoyant *Foglio dati sistema autopulente*

<b>Air comprimé par le compresseur d'air (inclus)</b> <i>Aria compressa da compressore aria (Incluso nella fornitura)</i>			
Dimensions du compresseur d'air <i>Taglia compressore</i>	%	2x100 %	Unités interconnectées
Pression d'air <i>Pressione aria</i>	Bar	7+10	
Température de l'air <i>Temperatura aria</i>	°C	<80	
Fréquence de nettoyage estimée <i>Frequenza di lavaggio(stima)</i>		1/jour ou $\Delta p > 550$	Dp 450 Pa pour l'arrêt de la pulsation
Nombre maximum d'éléments de filtration dans 1 pulsation <i>no massimo elementi filtranti puliti assieme</i>	%	15	Pour chaque module
Nombre maximum d'éléments de filtration dans 1 pulsation <i>no massimo elementi filtranti puliti assieme</i>	%	5	Pour le système entier
Durée d'un cycle de lavage complet <i>Tempo di lavaggio completo</i>	min	15	
Ventilateurs d'extraction <i>Ventilatori d' estrazione</i>	N°	> 2	

**Annexe C :**

**2. Fiche technique du registre d'obturation** *Foglio Dati Serranda Isolamento*

Description	Usine	Remarque
 Via N. Lorenzi, 8 Genova - Italia		
CEI 60034-1 GENERATORE SINCRONO TRIFASE tipo _____ WY23Z-109 CEI 34.3 ALTERNATEUR 3PHASE SYNCHRONE type _____		
Matricola n°/Matricule n° * Anno di costruzione/Année de construction **		
300000 kVA	3000 glr/min / tr/min	50 Hz
19000 V ■ Ecc./Exc.	349 V ■ Fuga/Surveillance	3600 glr/min / tr/min
9116 A ■ Ecc./Exc.	1445 A ■ Moment d'inertie J	8575 kgm <sup>2</sup>
Facteur de puissance cos φ 0,9 Cl. Isol./Cl. Isolation F Raff. primario/Température froide 40 °C		
Cell./Conn. 	IP 54	Servizio/Type de service S1
  		
Tasso di Fuga	%	1

**3. Accessoires et équipements divers** *Accessori e varie*

Équipements divers	
Accessori	
Palans pour changement des filtres <i>verricelli per cambio filtri</i>	2 externes, 250 kp chaque 1 interne, 250 kp
Portes anti-implosion <i>Portelle Anti Implosione</i>	2, équipées de réchauffeurs et microrupteurs munis de filet de protection en acier inoxydable <i>Complete di scaldialie e microinterruttori, con rete protezione inox</i>


**Annexe D :**

**Annexe E :**

# ANNEXES

CEI 60076

N°    
 ANNÉE 2008



**GETRA** S.p.A.  
 COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE  
 MARCIANISE (CE) ITALY

T3C0580E0000

ENROULEMENT 63 K  
 HUILE 58 K

**TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ**

TYPE: OFAF POUR EXTÉRIEUR - FREQUENCE 50 Hz - TEMPÉRATURE AMBIANT 42°C - ÉCHAUFFEMENT

**PUISSANCE NOMINAL** 300 MVA

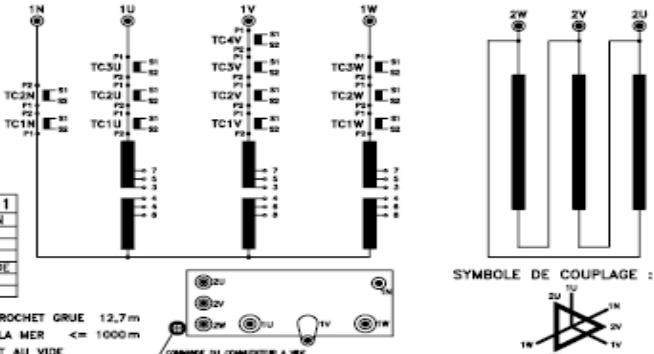
ENR. TENSION NOMINAL (V)      COURANT NOMINAL (A)      NIVEAUX D'ISOLEMENT (kV)

H.T.      225000 ± 2x2,5%      769,8      HT      U<sub>u</sub>/CF/CM/11/11,0      245/950/750/185/240-212


M.T.      19000      9116      NEUTRE HT      U<sub>u</sub>/11      123/185

MT      U<sub>u</sub>/CF/11      24/50/125

BORNES DE HT U-V-W			
COMM. À VIDE	TENSION	COURANT	
POS.	COUPLAGE	VOLT	A
1	7-8	213750	810,3
2	8-7	219375	789,5
3	5-6	225000	769,8
4	4-5	230625	751,0
5	3-4	236250	733,1



SYMBOLE DE COUPLAGE : YNd11



TENSION DE COURT CIRCUIT (75°C)				
ENR	PUISSANCE	TENSION	Vcc	
HT/MT	kVA	VOLT	%	
3000000	225000/190000			

TRANSFORMATEUR DE COURANT SELON CEI 60044-1					
POS.	RAPPORT	PRISES	CHARGE	CLASSE	APPLICATION
TC1U-V-W	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION
TC2U-V-W	800/1 A	S1-S2	30 VA	0,2	MESURE
TC3U-V-W	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION
TC1V	800/2 A	S1-S2	10 VA	3	IMAGE THERMIQUE
TC1W	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION
TC2V	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION
TC2W	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION
TC3V	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION
TC3W	800/1 A	S1-S2	30 VA	SP20	PROTECTION

POIDS TOTAL      263000 kg


POIDS HUILE      57000 kg

POIDS À DÉCOUVER      29000 kg

HAUTEUR DU CROCHET GRUE      12,7 m

HAUTEUR SUR LA MER      <= 1000 m

CUVE RESISTANT AU VIDE



CONNEXION DU COMPENSATEUR À REÇ.

NOM DE L'USINE
NOM DU FABRICANT PLASIE

## Annexe F :

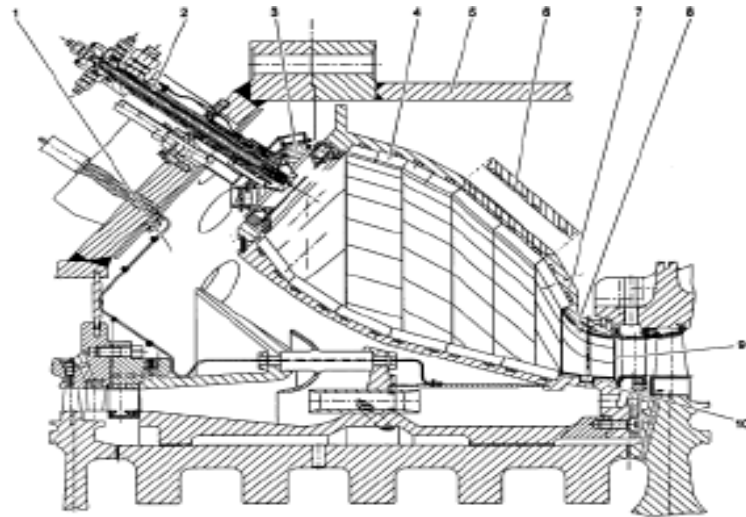


Fig. 1 : Section longitudinale du foyer de la rampe d'injection du brûleur hybride

- |  |  |                                       |
|--|--|---------------------------------------|
| 1. Diffuseur de renversement du débit  | 7. Corps extérieur                           | 14. Trous de l'air de refroidissement |
| 2. Groupe de brûleurs                  | 8. Chemises thermiques                       | 15. Vis                               |
| 3. Coupelle rotative diagonale         | 9. Sortie des gaz chauds                     | 16. Rondelle conique                  |
| 4. Carreau de la chambre de combustion | 10. Moyeu                                    | 17. Support de carreau                |
| 5. Boîtier extérieur                   | 11. Entraîneur des aubes fixes de la turbine | 18. Insert du brûleur                 |
| 6. Trou d'homme                        | 12. Protection de l'arbre                    | 19. Faux cadre                        |
|  | 13. Espace annulaire                         | 20. Vis de serrage                    |