

Année universitaire 2024/2025

ملخص

تركز دراستنا على أداء التوربين الغازي B6 في محطة توليد الكهرباء بعنابة، مع تسليط الضوء على مبدأ تشغيل هذا التوربين، والذي يعتمد على دورة برايتون، بالإضافة إلى فهم مكوناته الرئيسية الثلاثة، وهي الضاغط الذي يضغط الهواء الداخل. غرفة الاحتراق، حيث يتم خلط الغاز مع الهواء المضغوط لإنتاج غازات ذات طاقة حرارية عالية. التوربين الذي يستقبل هذه الغازات الساخنة لتحريك شفراته. وتتضمن دراستنا أيضاً تحليل بعض المعدات المساعدة الخاصة بمحطة توليد الكهرباء في عنابة، والتي تدعم تشغيل توربين الغاز B6.

كلمات مفتاحية : توربين, غاز, احتراق, مردودية

Résumé

Notre étude se concentre sur les performances de la turbine à gaz 6B dans la centrale électrique d'Annaba, en mettant en lumière le principe de fonctionnement de cette turbine, qui repose sur le cycle de Brayton, ainsi que sur la compréhension de ses trois composants principaux, à savoir, le compresseur, qui comprime l'air entrant. La chambre de combustion, où le gaz est mélangé à l'air comprimé pour produire des gaz à haute énergie thermique. La turbine, qui reçoit ces gaz chauds pour actionner ses pales. Notre étude inclut également l'analyse de certains équipements auxiliaires spécifiques à la centrale électrique d'Annaba, qui soutiennent le fonctionnement de la turbine à gaz 6B.

Mots clés : Turbine, Gaz, Combustion, Rendement.

Abstract

Our study focuses on the performance of the 6B gas turbine at the Annaba Power Plant, highlighting its operating principle, which is based on the Brayton cycle, as well as understanding its three main components: the compressor, which compresses the incoming air; the combustor, where the gas is mixed with compressed air to produce high-energy gases; and the turbine, which receives these hot gases to power its blades. Our study also includes an analysis of some of the auxiliary equipment specific to the Annaba Power Plant that supports the operation of the 6B gas turbine

Key words: Turbine, Gaz. Combustion, Efficiency.

Remerciement

Louange à Dieu qui nous a permis d'achever ce modeste mémoire. Nous

souhaitons exprimer notre profonde gratitude à nos encadrants, M.

Chebbira Mahfoud et Mme Bouchelga Fatma, pour leur soutien tout au

long de notre travail sur ce mémoire et pour leurs précieux conseils. Nous

exprimons également nos sincères

remerciements aux membres du jury pour l'examen de ce travail. Enfin,

nous adressons notre gratitude à tous les enseignants

du Département Sciences

et Technologies.

Dédicace :

"Je dédie ce modeste travail à ma mère et à mon père, source d'affection, de courage et de respect, en reconnaissance de leurs sacrifices et de leur soutien inlassable.

À mes frères et sœurs, ainsi qu'à mes enseignants qui ont enrichi mon parcours académique.

À la famille, et à tous les amis et collègues qui ont été un soutien et un encouragement, ainsi qu'à tous ceux qui ont influencé ma vie, de près ou de loin

Table de matière

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les turbines à gaz	2
I .1.Introduction.....	3
I .2.Historique et étapes de développement des turbines à gaz.....	3
I .3.Types de turbines	4
I .4.Définition de la turbine	5
I .5. Classification des turbines à gaz	5
I .6. Caractéristique de certains noms de turbines à gaz	7
I .7.Conclusion	10
Chapitre II : Etude et fonctionnement de la turbine gaz 6B.....	11
II .1.Introduction	12
II .2. Présentation de la central Annaba.....	12
II .3. Généralités, Fonctionnement	13
II .4. Composants de turbine à gaz	14
II .5. Socle et supports turbine	27
II .6.Paliers.....	28
II .7. Cycle de baryton	30
II .8. Description du système de lancement de la turbine à gaz GE 6B	32
II .9. Etude de fonctionnement de la turbine	33
II .10. Conclusion.....	34
Chapitre III : Auxiliés de la turbine à gaz	37
III .1Introduction.....	38
III .2. Station gaz.....	38
III .2.1. Poste gaz EKA.....	38
III .2.2.Compresseur.....	40
III .2.3. SKID final	41
III .3.Station fuel	42
III .4. Principaux systèmes électrique	43
III .4.1.Transformateur	43
III.4.2.Présentation distribution BT	44
III .4.3.Présentation distribution MT	45
III .5. Système d'admission d'air	46
III .6.Conclusion	47
Conclusion général.....	59
Bibliographie.....	50

Liste de figure

Figure 1 : Schéma d'une turbine à gaz mono-arbre.....	5
Figure 2 : Schéma d'une turbine à gaz bi-arbre.....	6
Figure 3 : Schéma d'une turbine à action et à réaction.....	6
Figure 4 : diagramme Classification des turbines à gaz.....	7
Figure 5 : Turbin a gaz GE10-1.....	8
Figure 6 : Turbine à gaz MS5001PA.....	9
Figure 7 : Turbine à gaz GE 6B.....	10
Figure 8 : Plan de situation de la centrale.....	12
Figure 9 : La centrale turbine à gaz d'ANNABA.....	13
Figure 10 : Schéma de passage des gaz dans la turbine (cycle simple).....	14
Figure 11 : Composants de turbine à gaz.....	15
Figure 12 : Section compresseur.....	16
Figure 13 : Rotor de compresseur.....	16
Figure 14 : Stator de compresseur (EN NOIR).....	17
Figure 15 : Aube du rotor compresseur.....	18
Figure 16 : Système (IGV).....	18
Figure 17 : Disposition du system de combustion.....	19
Figure 18 : Chambres de combustion.....	20
Figure 19 : Tube de flamme.....	20
Figure 20 : Bougie d'allumage.....	21
Figure 21 : Détecteur de flamme (typical).....	21
Figure 22 : Injecteurs.....	22
Figure 23 : Pièce de transition	22
Figure 24 : Section turbine.....	23
Figure 25 : Rotor turbine	24
Figure 26 : Aubes turbine.....	24
Figure 27 : Stater turbine.....	25
Figure 28 : Segments de directrices.....	26
Figure 29 : Diaphragmes et segments	27
Figure 30 : Socle turbine	27
Figure 31 : Support avant et support arrière de la turbine (1 de chaque côté).....	28
Figure 32 : Palier N° 1.....	29
Figure 33 : Palier N°2.....	29
Figure 34 : Une unité de turbine à gaz à cycle fermé.....	30
Figure 35 : Schéma d'une turbine à gaz à cycle ouvert (à gauche) et son diagramme T-s (à droite).....	30
Figure 36 : Diagrammes T-s et P-V pour un cycle de Baryton.....	31
Figure 37 : Circuit de lancement.....	33
Figure 38 : La variation du la température.....	35
Figure 39 : La variation du la vibration.....	36
Figure 40 : La variation du la puissance active.....	36
Figure 41 : La variation du la puissance réactive.....	36
Figure 42 : Vanne de tête.....	39
Figure 43 : Filtre vertical de type à cartouches coalescentes.....	39
Figure 44 : Filtre cyclone.....	39
Figure 45 : Réservoir à condensats	40
Figure 46 : Compresseur.....	40
Figure 47 : Schéma de circuit de gaz.....	41

Figure 48 : SKID final.....	42
Figure 49 : Back de stockage fuel EGC20.....	42
Figure 50 : Pompe fuel.....	43
Figure 51 : Pompe d'injection d'eau déminéralisée.....	43
Figure 52 : Transformateur principale	44
Figure 53 : Schéma de distribution MT.....	45
Figure 54 : Tableau MT 6,6kV 00BBA10	45
Figure 55 : Schéma de distribution BT.....	46
Figure 56 : Tableau BT principal 400V 00BFA10.....	46
Figure 57 : Système d'admission d'air.....	47
Figure 58 : La chambre d'admission d'air	47
Figure 59 : Le système de filtration.....	48
Figure 60 : Silencieux.....	48

Liste de symbole et abréviations

Symbole et abréviation	Nome	Page
CO	Compresseur axial	5
CC	Chambre de combustion	5
T	Turbine	5
CH	Charge	5
N	Réducteur	6
Thp	Turbine à haute pression	6
Tbp	Turbine à basse pression	6
T (k)	Température	31
S (kj/kg*k)	Specifice entropy	31
P (bar)	Pression	31
V (m ^3)	Volume	31
X	Le travail fourni (compresseur)	31
Y	Le travail produit (turbine)	31
Z	Débite massique du cycle	31
Q1	La chaleur fournie du cycle (réchauffeur)	31
Q2	La chaleur rejetée du cycle (refroidisseur)	31
μ	Le rendement thermique	31
T (1.2.3.4)	La température	31
P (1.2.3.4)	La puissance	31
R	Le rapport de pression	31
EKA	L'alimentation des deux turbines à gaz de type 6B	38
TG	Turbine gaz	40
EGC20	Bac de stockage fuel	43
TAS	Transformateurs de sous tirage	44
GH007/GH011	Les 2 disjoncteurs à l'arrivent	44
GH009	Le disjoncteur de couplage	44
QF (1.2.3)	Les disjoncteurs de couplage	44
MT	Moyenné tension	44
BT	Base tension	44

Liste de tableau

N°	Nome	Page
01	Caractéristiques de conception du MS 5001PA	08
02	Caractéristiques de construction	09
03	Relevé électrique TG	35
04	Résultat obtenu par simulation matlab	35

Introduction générale

L'Algérie est considérée comme l'un des pays les plus riches en ressources énergétiques diversifiées, ce qui lui confère un avantage stratégique dans le secteur énergétique. La production d'électricité en Algérie repose principalement sur le gaz naturel, qui représente environ 97 % du mix électrique du pays. L'Algérie dispose d'importantes réserves de gaz naturel, ce qui en fait l'un des plus grands producteurs et exportateurs mondiaux de gaz. Outre le gaz naturel, les énergies renouvelables jouent un rôle croissant dans le mix énergétique algérien. Le pays cherche à diversifier ses sources d'énergie et à réduire sa dépendance aux combustibles fossiles en développant des projets solaires, éoliens et hydroélectriques. Les installations de production d'électricité en Algérie comprennent des centrales au gaz naturel, des centrales solaires et des centrales hydroélectriques.

A l'époque société française (EGA) Électricité et Gaz d'Algérie était responsable de la production d'électricité en Algérie. Après l'indépendance de l'Algérie, son nom n'a pas changé jusqu'en 1969. Elle a alors été rebaptisée Société nationale de production d'électricité et de gaz, qui est devenue à ce jour la plus grande entreprise chargée de la production et de la distribution d'électricité en Algérie. Elle est composée de plusieurs filiales, à savoir la Société Algérienne de Production d'Electricité (SPE), la Société Algérienne de Distribution d'Electricité et de Gaz (SDA), la Société Algérienne de Gestion du Réseau de Transport de Gaz (GRTG) et la Société Algérienne de Digestion du Réseau de Transport d'Electricité (GRTE). Cette diversité des sources d'énergie permet à l'Algérie de réaliser son développement et de répondre aux demandes des citoyens dans le secteur de l'électricité, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et la pollution de l'environnement.

L'Algérie produit 97% de son électricité à partir de combustibles fossiles, dont le gaz naturel, considéré comme l'une des ressources les plus importantes pour lesquelles l'Algérie se distingue. C'est pourquoi la Société Nationale de Production d'Electricité mise sur l'utilisation de turbines à gaz dans les centrales de production d'électricité en Algérie.

Les turbines à gaz sont considérées comme des éléments clés dans la production de l'énergie mécanique, qui par la suite sera convertie en énergie électrique. Dans notre travail on s'intéresse beaucoup plus à la présentation et l'analyse du fonctionnement des turbines à gaz, en mettant en évidence leurs composants, les thermodynamiques qui les régissent, de plus les facteurs influençant leurs performances. Une attention particulière sera portée sur la simulation du cycle de la turbine à l'aide du logiciel Matlab.

Chapitre I

Généralités sur les turbines à gaz

I.1. Introduction

Les turbines à gaz sont l'une des technologies modernes les plus importantes utilisées pour convertir l'énergie thermique en énergie mécanique ou électrique. Elles fonctionnent sur le principe de la conversion de l'énergie générée par la combustion de carburant (comme le gaz naturel) pour faire tourner les pales d'une turbine à haute vitesse.

I.2. Historique et Étapes de développement des turbines à gaz

I.2.1. Historique

La première conception réussie d'une turbine à gaz est réalisée par de nombreux pionniers en même temps, l'un d'eux étant Sir Frank Whittle (Angleterre). Il a réalisé la peinture de la première turbine à gaz en 1930, mais des brevets similaires ont été déposés en Allemagne et en Italie la même année. Whittle a développé un moteur à turbine à gaz fonctionnel en avril 1937, qui a été utilisé pour propulser le premier avion à turboréacteur réussi en Grande-Bretagne. Ses premiers travaux sur la théorie de la propulsion au gaz étaient basés sur les contributions de la plupart des pionniers de ce domaine.

Après un certain temps, le moteur à réaction est devenu la méthode la plus populaire pour propulser les avions et, par conséquent, la turbine à gaz s'est rapidement développée pour produire de l'énergie électrique.

La raison pour laquelle la turbine à gaz est apparue bien plus tard que les autres types de moteurs à combustion interne était la difficulté de trouver des matériaux pour les pièces mobiles, en particulier les aubes de turbine, car elles devaient résister à des températures extrêmement élevées du gaz en combustion sans fondre ni s'affaiblir [1].

I.2.2. Étapes de développement des turbines à gaz

1935 : Jendrassik (Hongrie) premier moteur à turbine à gaz régénératif.

1936 : Allis Chalmers Manufacturing Co. (États-Unis) : construction de groupes turbines à gaz Brown-Boveri de 600 kW pour les champs pétrolifères américains.

1939 : Brown-Boveri a installé la première turbine à gaz marine sur le navire français Athos.

1940 : Escher-Wyss Co., Suisse, a construit le premier groupe motopropulseur à cycle fermé ; air comme fluide de travail, 2000 kW, avec refroidissement intermédiaire et régénération.

1941 : Brown-Boveri Co., Suisse, a construit la première locomotive à turbine à gaz avec régénérateur.

1948 : Boeing Company, États-Unis, a construit le premier mini-moteur à turbine à gaz, 175 ch

1949 : La station Huey, Oklahoma Gas & Electric Co., a exploité la première centrale à cycle

combiné avec une turbine à gaz et une turbine à vapeur General Electric et une puissance de 3 500 kW. 1949 L'équipe Alco /Elliott/General Electric a construit la première turbine à gaz pour locomotive américaine, produisant 4 800 ch.

1950 : Rover Co., Angleterre : première automobile à turbine à gaz.

1952 : General Electric/El Paso Natural Gas : premier compresseur à turbine à gaz sur un gazoduc.

1953 : General Electric s'est associé à la société Esso pour construire la première raffinerie alimentée par turbine à gaz utilisant la cogénération.

1953 : Westinghouse Electric Co. construit la première centrale électrique à turbine à gaz américaine avec refroidissement intermédiaire et régénération.

1963-68 : Ford a exploité une turbine à gaz pour véhicule de 300 ch, et Chrysler a développé son moteur CR-2A de 140 ch.

1979 : Première utilisation sur autoroute d'un autobus Greyhound à turbine à gaz et d'un semi-remorque à turbine à gaz, utilisant le moteur régénératif Allison GT 404-4 de 300 ch, sponsorisé par le ministère américain de l'Énergie [1].

I.3. Types de turbines

Les turbines sont des dispositifs mécaniques utilisés pour convertir l'énergie d'une forme à une autre et constituent l'une des innovations techniques les plus importantes qui ont contribué au développement des technologies de production d'électricité. Il existe plusieurs types de turbines, chacune conçue pour une utilisation spécifique en fonction de la source d'énergie disponible.

➤ Turbines à vapeur

Elles fonctionnent en chauffant l'eau pour la transformer en vapeur sous haute pression. Cette vapeur est dirigée vers les pales de la turbine pour tourner et produire de l'énergie. Ils sont fréquemment utilisés dans les centrales électriques conventionnelles et les industries [2].

➤ Turbines à gaz (Turbines à gaz)

Elles fonctionnent en brûlant du combustible tel que le gaz naturel pour générer des gaz à des températures et des pressions élevées. L'énergie de ces gaz est utilisée pour faire fonctionner une turbine. Travailleurs des centrales électriques et des moteurs à réaction [2].

➤ Turbines hydrauliques

Exploitent le débit d'eau à partir d'une certaine hauteur (comme des cascades ou des barrages) pour générer de l'énergie cinétique [2].

➤ Éoliennes

Elles convertissent l'énergie cinétique du vent en énergie électrique au moyen de pales qui tournent sous l'influence du vent [2]. Il est largement utilisé comme source d'énergie renouvelable et respectueuse de l'environnement [2].

I .4. Définition de la turbine

Comme il est cité auparavant, une turbine est tout type de dispositif rotatif qui utilise l'action d'un fluide pour produire un travail. Les fluides typiques incluent : l'air, le vent, l'eau, la vapeur et l'hélium. Les moulins à vent et les barrages hydroélectriques exploitent l'action des turbines depuis des décennies pour faire tourner le cœur d'un générateur électrique, produisant de l'énergie pour une consommation industrielle et résidentielle.

Des turbines plus simples sont beaucoup plus anciennes, leur première apparition connue remontant à l'époque de la Grèce antique [1].

I .5. Classification des turbines à gaz

I .5 .1 . Selon le mode de construction

a. Turbine mono-arbre

La section compresseur et turbine de ces machines est constituée d'un seul rotor simple. Ces turbines sont utilisées dans des situations où la charge est constante et la vitesse est constante, comme dans les générateurs électriques, et pour cette raison elles sont utilisées dans la production d'énergie électrique [3].

CO : Compresseur axial. / T: turbine
CC : Chambre de combustion. / CH : charge

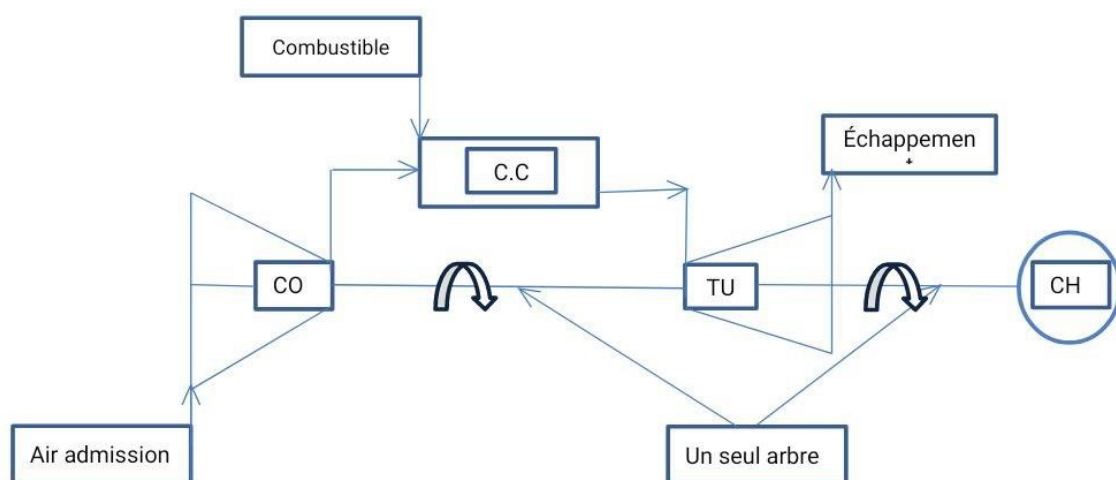


Figure 1 : Schéma d'une turbine à gaz mono-arbre [3]

b. Turbine bi-arbre

La turbine à gaz se compose de deux roues turbines indépendantes mécaniquement. La roue turbine HP entraîne le rotor du compresseur axial et les accessoires, tandis que la roue BP deuxième étage sert à entraîner l'organe récepteur (ex : les compresseurs). Le but des roues turbines non reliés est de permettre aux deux roues de fonctionner à des vitesses différentes pour satisfaire aux exigences de charge variable de l'organe récepteur [3].

CO : Compresseur axial. / N : Réducteur.
 CC : Chambre de combustion. / CH : charge
 Thp : Turbine à haute pression. / Tbp : turbin à basse pression

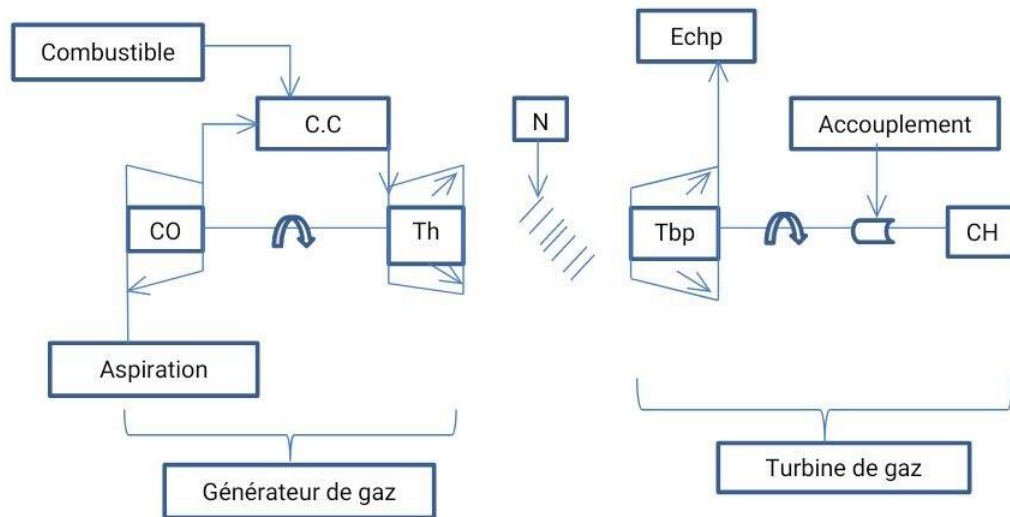


Figure 2 : Schéma d'une turbine à gaz bi-arbre [3]

I .5.2. Selon le mode de travail

a. Turbine à action

La transformation thermique du fluide se produit uniquement à la sortie, car les pales mobiles en possèdent une, qui est la conversion de l'énergie cinétique $p_1 > p_2$.

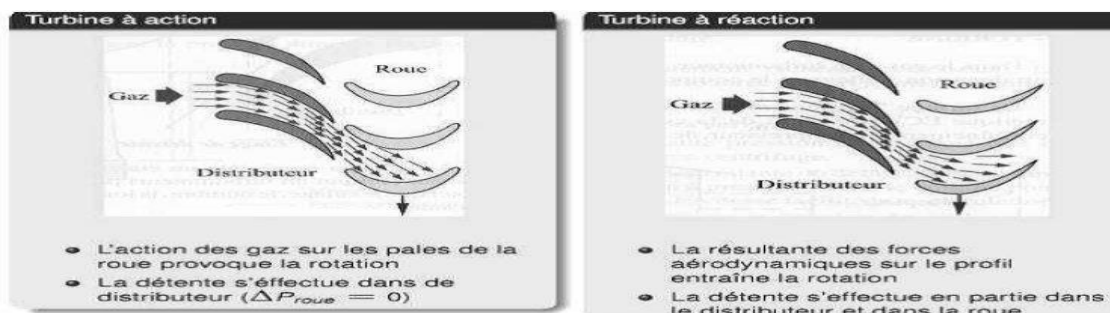


Figure 3 : Schéma d'une turbine à action et à réaction [3]

b. Turbine à réaction

La transformation se produit dans les canaux fixes et mobiles des turbines à réaction, où une partie de l'énergie thermique de la roue est convertie en énergie mécanique et cinétique ($p_1 > p_2 > p_3$) [3].

I. 5. 3. Selon le mode de fonctionnement thermodynamique

La turbine à gaz à cycle ouvert dont l'aspiration et l'échappement s'effectuent directement dans l'atmosphère, ce type de turbines qui est le plus répandu se divise en deux classes : « Turbine à cycle simple et turbine à cycle avec régénération ou mixte ».

a. Turbine à cycle ouvert

c'est une turbine utilisant un seul fluide pour la production d'énergie mécanique après la détente les gaz possédant encore un potentiel énergétique sont perdus dans l'atmosphère à travers la cheminée.

b. Turbine à cycle ferme

Les pertes de chaleur causées par les gaz d'échappement sont les plus importantes dans l'installation de turbine à gaz. Pour cela le rendement des installations de turbine à gaz peut être augmenté, en conduisant les gaz d'échappement dans un échangeur thermique où ils réchauffent l'air sortant du compresseur avant son entrée dans les chambres de combustion. On récupère une partie de chaleur sensible de ces gaz qui se trouvait perdue dans l'atmosphère [3].

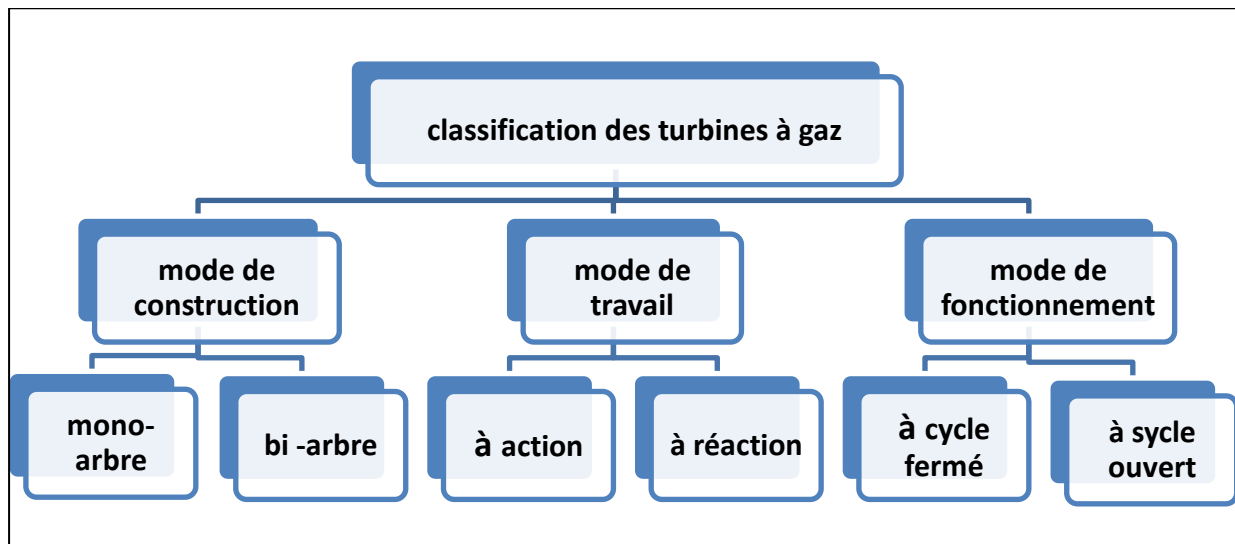


Figure 4 : Diagramme classification des turbines à gaz [4]

I.6. Caractéristique de certains noms de turbines à gaz

I.6.1. Turbin a gas GE10-1

La famille de moteurs GE10 est une gamme de 12 MW turbine à gaz robuste, disponible en configuration à un ou deux arbres. Il s'agit de l'évolution du PGT10, éprouvé sur le terrain, et il intègre les dernières avancées en matière de conception aérodynamique [5].

➤ **Caractéristiques du moteur La turbine à gaz est le moteur GE10-1**

_ PUISSANCE ÉLECTRIQUE : (kW) 11250

_ RENDEMENT ÉLECTRIQUE : (%) 31.4

_ DÉBIT D'ÉCHAPPEMENT : (kg/sec) 47.5

_ TEMPÉRATURE D'ÉCHAPPEMENT : (°C) 482

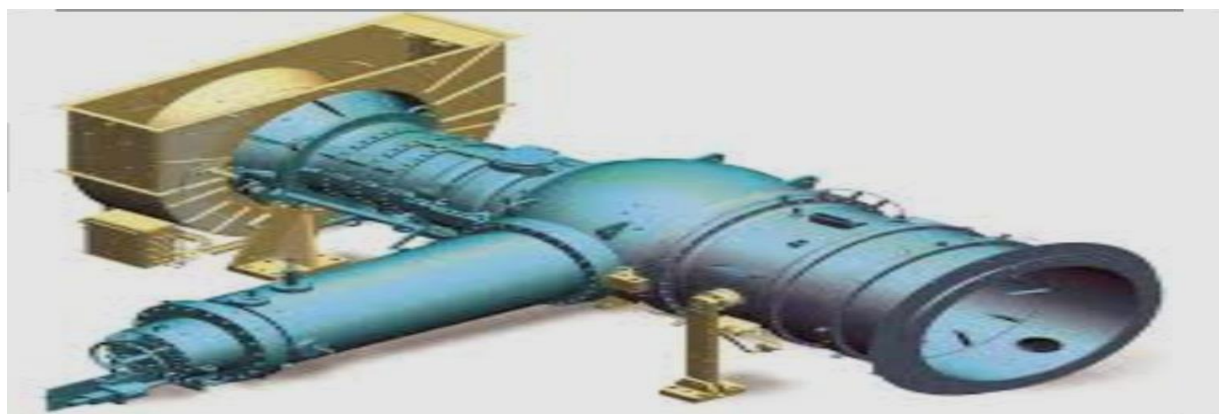


Figure 5 : Turbine a gaz GE10-1 [5]

I .6.2. Turbine à gaz MS 5001PA

Tableau 1 : Caractéristiques de conception du MS 5001PA [6]

Performances	Gaz	Distillat
Puissance ISO (KW)	26300	25800
Puissance thermique ISO (Btu/KW.HR),	11990	12070
Rendement ISO (%)	28.46	28.27
Débit d'échappement (kg/sec)	124.16	124.44
Température d'échappement (°C)	487	488
*Vitesse (tr/min)	5100	5100
+105 Cycle combiné		
Puissance ISO (KW)	40	39
Rendement (%)	42	41.5

Généralités sur les turbines à gaz

+205 Cycle combiné		
Puissance ISO (KW)	80.5	78.5
Rendement (%)	42.3	42.0

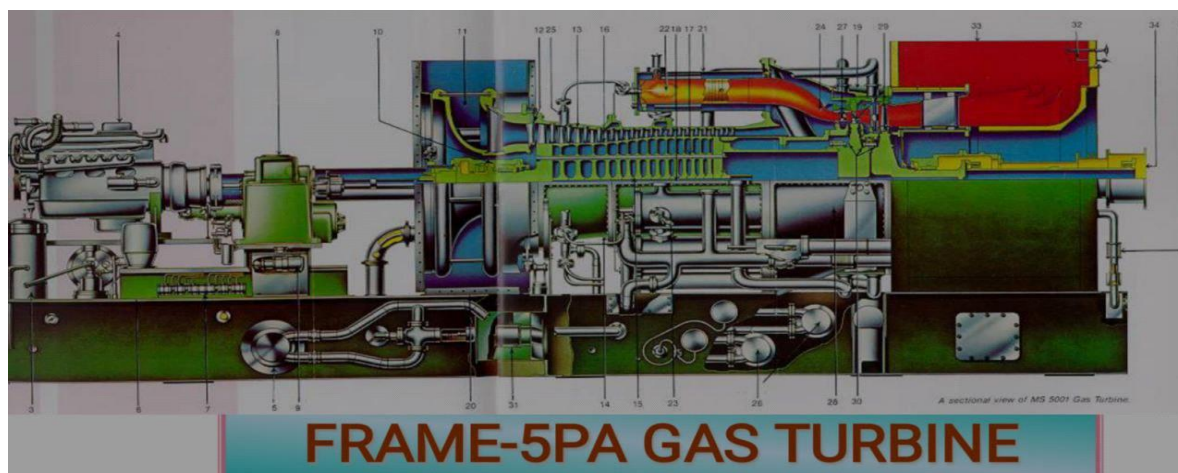


Figure 6 : Turbine à gaz MS5001PA [6]

I .6.3. Turbine à gaz PG6581(B)

Performances	Gaz	Distillat
Puissance ISO (kW)	42100	41160
Debit thermique ISO (kcal/kWh)	2680	2704
Rendement ISO (%)	32.1	31.8
Débit d'échappement (kg/sec)	147	148
Température d'échappement (°C)	548	549
Vitesse (tr/min)	5163	5163

Tableau 2 : Caractéristiques de construction [6]

I.6. 4. Turbine à gaz 6B

La turbine à gaz 6B.03 est une excellente solution pour les installations éloignées et les conditions de fonctionnement difficiles. Avec plus de 120 unités installées depuis 1968 et plus de 55 millions d'heures de fonctionnement en laboratoire, le 6B.03 offre une flexibilité de carburant supérieure dans sa catégorie en raison de sa capacité à fonctionner sur une large gamme de gaz ou de distillats. La turbine à gaz B6 utilise les carburants les plus économiques disponibles [6].

➤ CARACTÉRISTIQUES DE CONCEPTION 6B

- *Compresseur axial à 17 étages.
- *Les bases de turbine et d'accessoires sont montées sur patins.
- * Entraînement de l'extrémité.
- *chaude Entièrement emballé et assemblé en usine, testé .
- *Puissance 45 000 kW, 70 000 kW, 141 000 kW (61 182,95 hp, 95 173,48 hp, 191 706,58 hp) .
- *Rendement 33,4 %, 51,9 %, 52,4 %. [6]



Figure 7 : Turbine à gaz GE 6B

I.7. Conclusion

Les turbines à gaz sont des appareils utilisés pour produire de l'énergie mécanique grâce à la combustion de carburant. Elles sont largement utilisées dans les centrales électriques. Parmi leurs types les plus connus figurent les turbines simples et les turbines combinées.



Chapitre II

Turbine gaz 6B



II.1. Introduction

Les turbines à gaz ont connu une évolution remarquable ces dernières années, en particulier dans les applications industrielles telles que le transport et le réinjection du gaz. Cette avancée reflète le progrès technologique qui a permis d'améliorer l'efficacité des opérations et de réduire les coûts. En outre, les innovations ont contribué à diminuer les émissions nocives, rendant cette technologie plus compatible avec les exigences environnementales.

II.2. Présentation de la central Annaba

II.2.1. Description générale de la centrale

La centrale d'Annaba est une centrale turbine à gaz de l'unité de Skikda du pôle centre de Production de la SPE.

La centrale TG-ANNABA est constituée de 02 groupes turbines à gaz type 6000B de générale électrique d'une puissance de 72 MW.

La centrale est de type cycle simple fonctionne au gaz naturel
Comme combustible principal et au gas-oil comme combustible de secoure avec la possibilité de passage du combustible gaz au fuel en mode automatique et du fuel au gaz au mode manuelle.

La centrale est dotée de moyens technologiques lui permettant de fonctionner dans le respect des normes en matière de préservation de l'environnement [7].

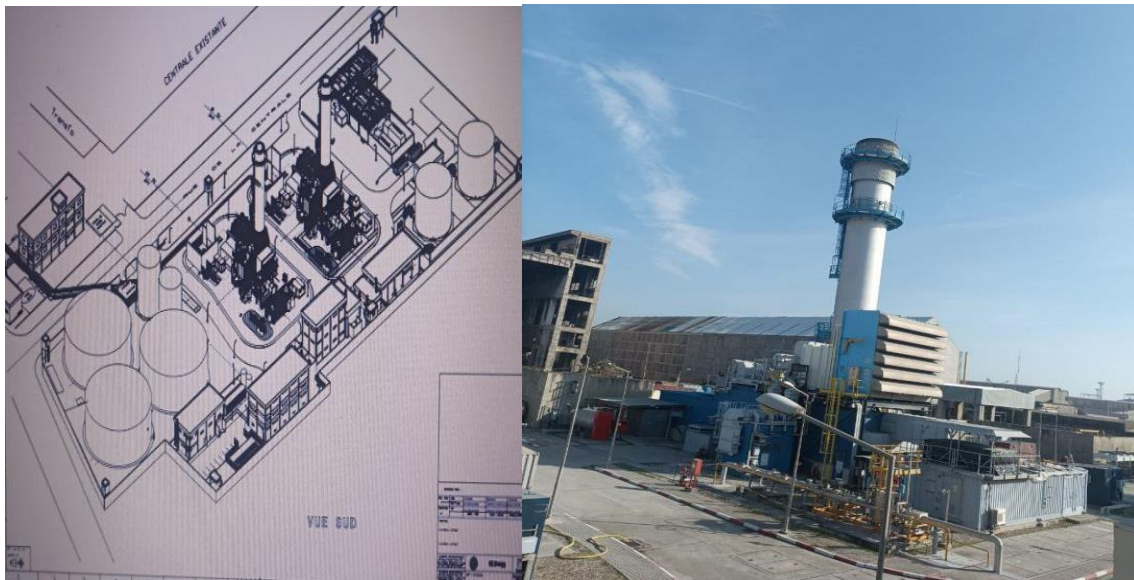


Figure 8 : Plan de situation de la centrale [7]

II.2.2. Géographique de La centrale turbines à gaz d'ANNABA

La centrale turbines à gaz d'Annaba située aux coordonnées 36,89° Nord 7.63° Est, la périphérie. Est à une distance d'environ 01 kilomètre de la ville d'Annaba, elle est implantée dans l'enceinte portuaire Annaba PORT [7].



Figure 9 : La centrale turbine à gaz d'ANNABA [7]

II.2.3. Rôle de la centrale

Cette centrale s'inscrit dans le cadre d'un plan d'urgence initié par SONALGAZ et elle est destinée à répondre aux impératifs suivants :

- Faire face à la demande d'urgence en énergie électrique de l'Est du pays.
- Assurer la fiabilité et la continuité de la qualité de service.
- Assure la sécurité de l'alimentation de la grande ville d'Annaba [7].

II.3. Principe de fonctionnement de la turbine à gaz -GE 6B -

L'air aspiré de l'extérieur est comprimé à travers 17 étapes de compression axiale. Les vannes d'extraction d'air sont ouvertes à partir de l'étage 11 et l'aube directrice (IGV) est fermée à l'entrée du compresseur. Les vannes d'air se ferment automatiquement lorsque la vitesse nominale est atteinte et l'aube directrice revient à sa position normale.

Lorsque l'air comprimé atteint la chambre de combustion, il se mélange au carburant et est ensuite enflammé par deux bougies d'allumage (une seule suffit). La flamme est ensuite transférée vers des tubes qui sont transportés vers les chambres de combustion. Lorsqu'il atteint 50 %, les bougies sont retirées.

Lorsque les gaz chauds atteignent la section turbine, ils passent par trois étapes où l'énergie thermique des gaz est convertie en couple mécanique qui fait tourner l'arbre de la turbine. Les gaz sont dirigés après la troisième étape pour réduire les pertes et l'arbre continue de tourner pour déplacer le générateur et le reste des composants et les gaz s'accumulent dans l'échappement [8].

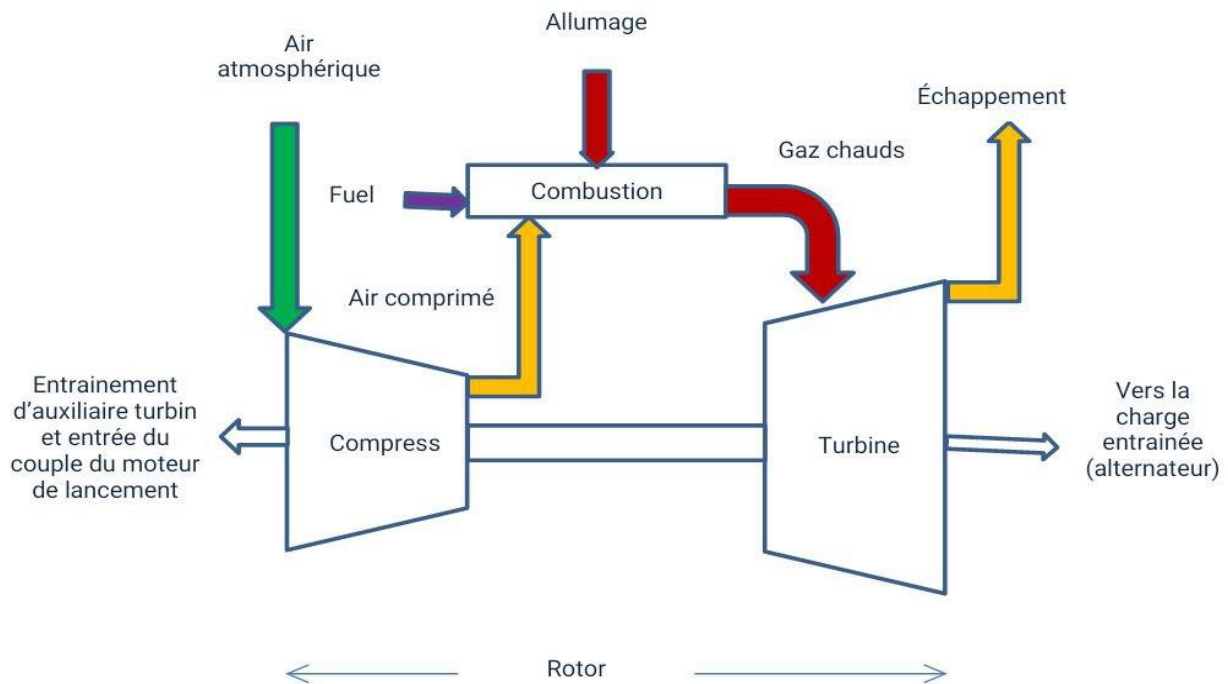


Figure 10 : Schéma de passage des Gaz dans la turbine (Cycle simple) [8]

II.4. Composants de turbine à gaz

L'ensemble de la turbine à gaz est constitué par trois composantes essentielles :

- Section compression
- Section combustion
- Section turbine

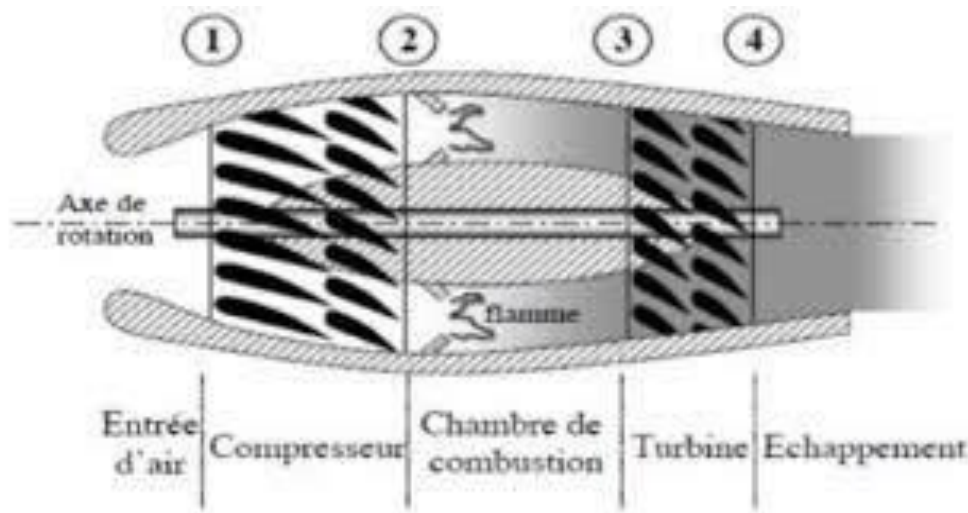


Figure 11 : Composants de turbine à gaz [9]

II.4.1. Section compression

II.4.1.1 Généralités

La section compresseur à débit axial se compose d'un rotor et d'une série de corps. Les corps renferment les aubes orientables, les 17 étages du rotor et l'aubage du stator, ainsi que les deux rangées d'aubes fixes de guidage (appelées E.G.V.).

Dans le compresseur, l'air est mis en rotation par une rangée circulaire d'aubes mobiles (rotor) et subit une augmentation de vitesse. En franchissant ensuite une rangée d'aubes fixes (stator), la vitesse de l'air diminue et sa pression augmente. Les aubes du rotor fournissent l'énergie nécessaire à la compression de l'air dans chaque étage et les aubes du stator guident l'air suivant une direction bien définie vers l'étage suivant. A la sortie du corps d'échappement du compresseur, l'air est dirigé vers les chambres de combustion. Une partie de l'air du compresseur est utilisée pour le refroidissement de la turbine, l'étanchéité des paliers et la commande du dispositif anti pompage.

Afin d'obtenir des performances élevées, les jeux entre rotor et stator doivent être très réduits et les pièces doivent être fabriquées et assemblées avec une très grande précision. [8]

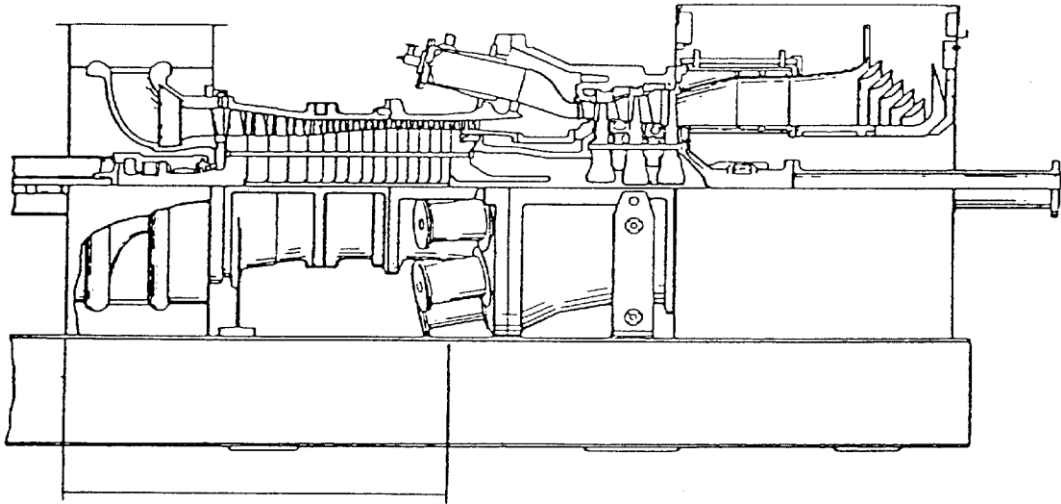


Figure 12 : Section compresseur [8]

II.4.1.2. Rotor du compresseur

Le rotor du compresseur se compose de 15 disques, de deux arbres et de tirants.

Chacun des disques est doté d'entailles brochées à leur périphérie. Les aubes du rotor sont insérées dans ces entailles et sont maintenues en position axiale par des cales à chaque extrémité des entailles. Disques et arbres sont centrés les uns dans les autres par des emboîtements cylindriques puis ils sont maintenus par des tirants de telle sorte que le balourd soit minimal. Chaque disque est contrôlé pour déterminer le défaut de parallélisme des faces et le balourd résiduel [8].

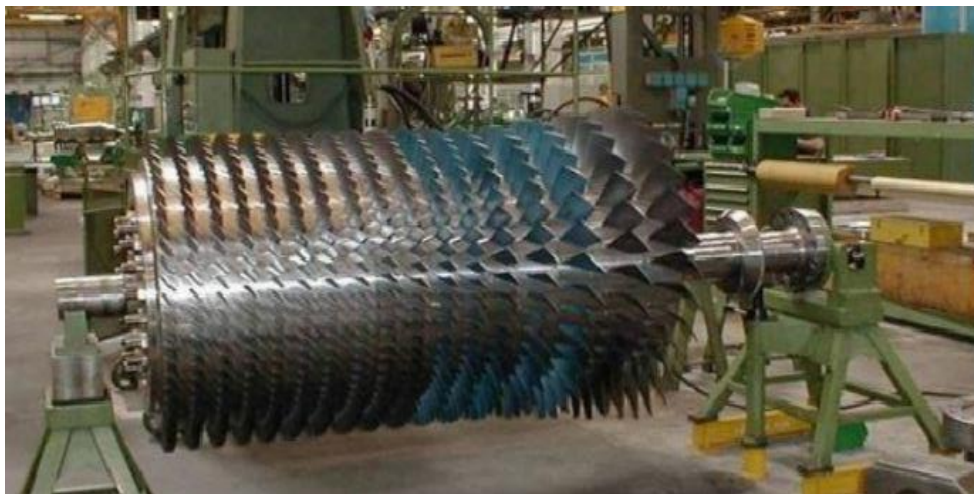


Figure 13: Rotor du compresseur [10]

II.4.1.3. Stator du compresseur

L'ensemble de la section compresseur se compose de trois parties principales :

- le corps d'admission
- le corps du compresseur
- le corps d'échappement du compresseur

Ces éléments, avec le corps turbine et le cadre d'échappement constituent la structure principale de la turbine à gaz. Ils supportent le rotor au droit des paliers et constituent l'enveloppe extérieure de la veine des gaz chauds [11].



Figure 14 : Stator du compresseur [11]

II.4.1.4. Aubes orientables à l'entrée du compresseur

Ces aubes directrices (appelées I.G.V.) sont montées dans la partie arrière du corps d'admission. L'orientation des aubes permet de contrôler le débit d'air dans le compresseur. Le mouvement des aubes est commandé par un vérin hydraulique relié à l'anneau de vannage. Une crémaillère fixée sur cet anneau fait tourner des pignons individuels montés à l'extrémité de chaque aube mobile [8].

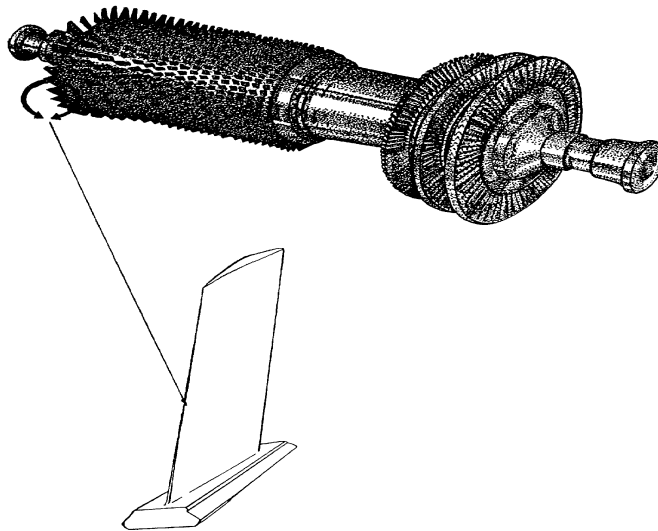


Figure 15 : Aube du Rotor Compresseur [8]

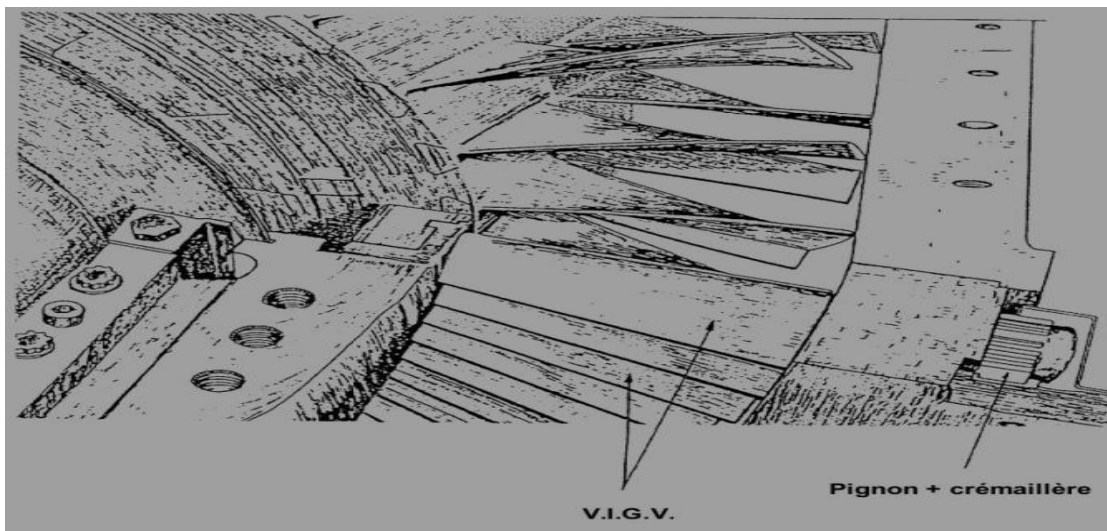


Figure 16 : Système (IGV) [8]

II.4.2 .Section combustion

II.4.2.1. GENERALITES

Le système de combustion est du type à flux inversé et se compose de 10chambres de combustion équipées des composants suivants :

- _ tube de flamme.
- _ Écrans de radiation (flow-sleeve).
- _ Pièces de transition.
- _ tubes d'interconnexion.
- _ Détecteurs de flamme
- _ Injecteurs de combustible font également partie du système.

Le gaz est généré par le système de combustion inversée pour entraîner une turbine. L'air comprimé pénètre dans les chambres de combustion où les tubes à flammes assurent une protection thermique en les entourant. Le carburant est injecté puis enflammé et la flamme est transmise dans les chambres à travers les tubes de liaison pour assurer un fonctionnement synchronisé [8].

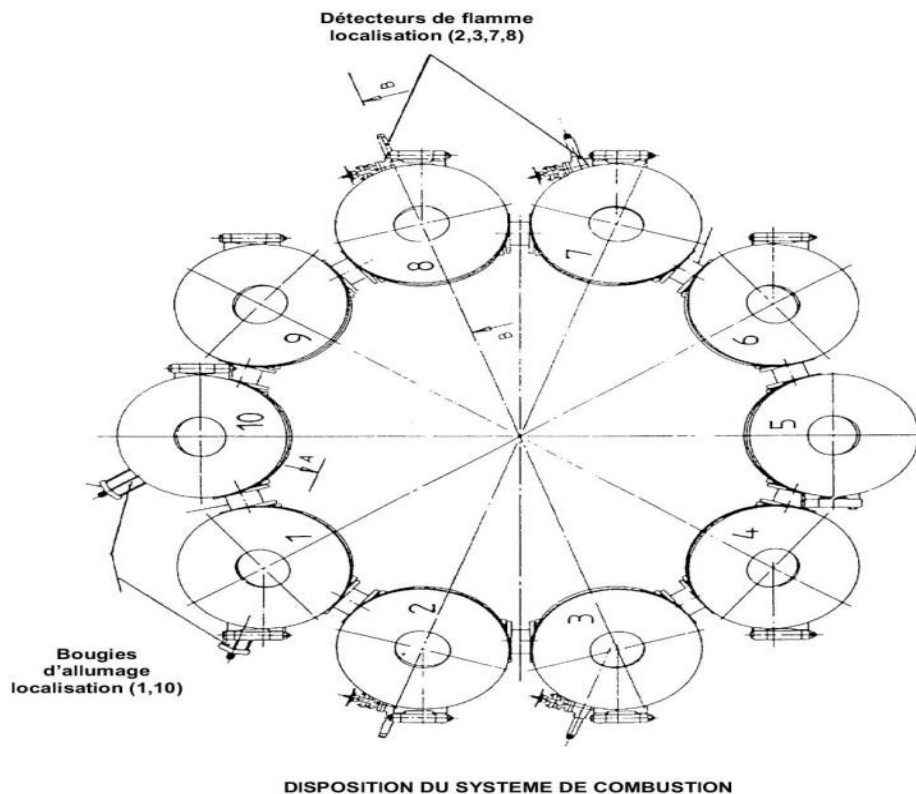


Figure 17 : Disposition du system de combustion [8]

II.4.2.2. Chambre de combustion et tubes d'interconnexion

L'air sortant du compresseur axial, est dirigé vers les chambres de combustion en provenance du divergent du compresseur axial. L'air circule d'avant en arrière à l'extérieur du tube de flamme vers le chapeau du tube de flamme. Il pénètre dans la zone de réaction de la chambre de combustion à travers un tabulateur situé soit sur le tube lui-même, soit sur l'injecteur et à travers des séries de trous calibrés, percés dans le chapeau et dans le tube lui-même.

Les gaz chauds se propagent ensuite vers une zone de tranquillisation et une zone de dilution où s'effectue un apport d'air supplémentaire. Ces trous de dilution permettent le passage du volume d'air correct destiné au refroidissement afin de limiter la température des gaz chauds à l'entrée de la 1ère directrice. Tout au long du tube de flamme et à l'intérieur du chapeau, des trous de refroidissement assurent la formation d'un film d'air relativement plus froid le long des parois du chapeau du tube de flamme.

Les 10 chambres de combustion sont identiques à l'exception de celles équipées de bougies ou de détecteurs de flamme [12].



Figure 18 : Chambres de combustion [12]

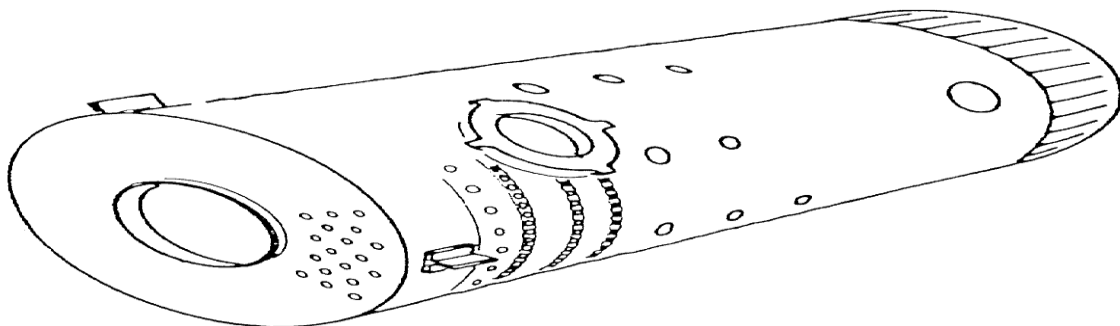


Figure 19 : Tube de flamme [8]

II.4.2.3. Bougies d'allumage et détecteurs de flamme

➤ Bougies d'allumage

La combustion est amorcée par l'étincelle à haute tension de deux bougies à électrode rétractable installées dans des chambres de combustion adjacentes (n_1 et 10) [11].



Figure 20 : Bougie d'allumage [12]

➤ Détecteur de flamme

Dès l'allumage, il est indispensable que l'indication de la présence (ou de l'absence) de flamme soit transmise au système de protection. Dans ce but, un système de surveillance de flamme est monté

Dans quatre chambres de combustion (n_2 , 3, 7 et 8) ; le système de surveillance se compose de quatre capteurs et d'un amplificateur électronique qui est monté dans l'armoire de commande de la turbine [12].



Figure 21 : Détecteur de flamme (TYPICAL) [10]

II.4.2.4. Injecteur de combustible

Chaque chambre de combustion est équipée d'un injecteur de combustible qui délivre la quantité mesurée de combustible nécessaire dans le tube de flamme. Les injecteurs sont utilisés dans les turbines à gaz. L'injecteur distribue le combustible dans la zone de réaction du tube de flamme d'une manière favorisant une combustion uniforme, rapide et complète [8].

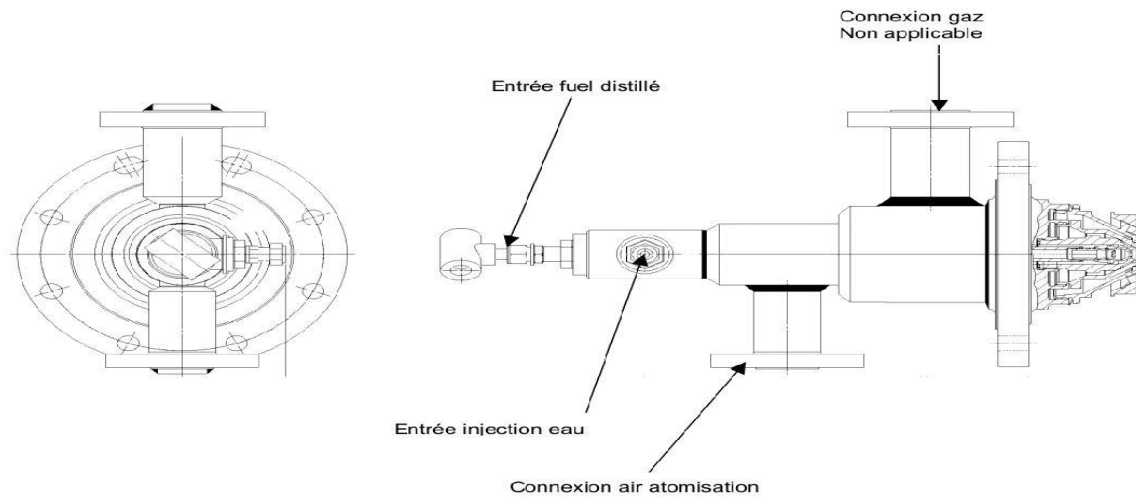


Figure 22 : Injecteurs [8]

II.4.2.5. Pièce de transition

Les pièces de transition permettent d'acheminer les gaz chauds en provenance des tubes de flamme vers la directrice du premier étage de la turbine. La zone de première directrice est donc divisée en dix zones égales qui reçoivent les gaz chauds [8].

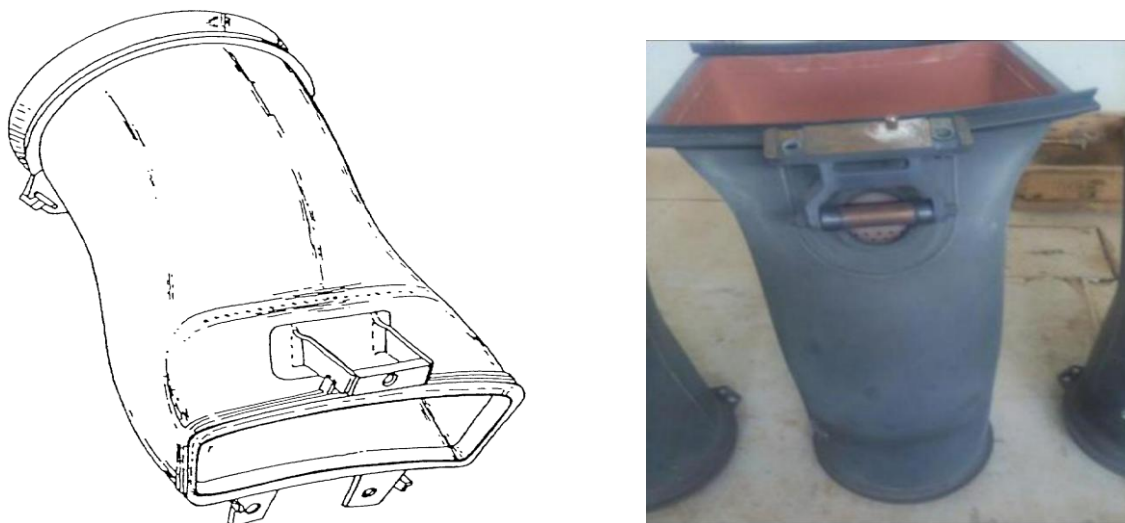


Figure 23 : Pièce de transition [12]

II.4.3 .Section turbine

II.4.3.1. Généralités

C'est dans la zone des trois étages turbine que l'énergie, sous forme de gaz sous pression produite par le compresseur et le système de combustion, est convertie en énergie mécanique [6].

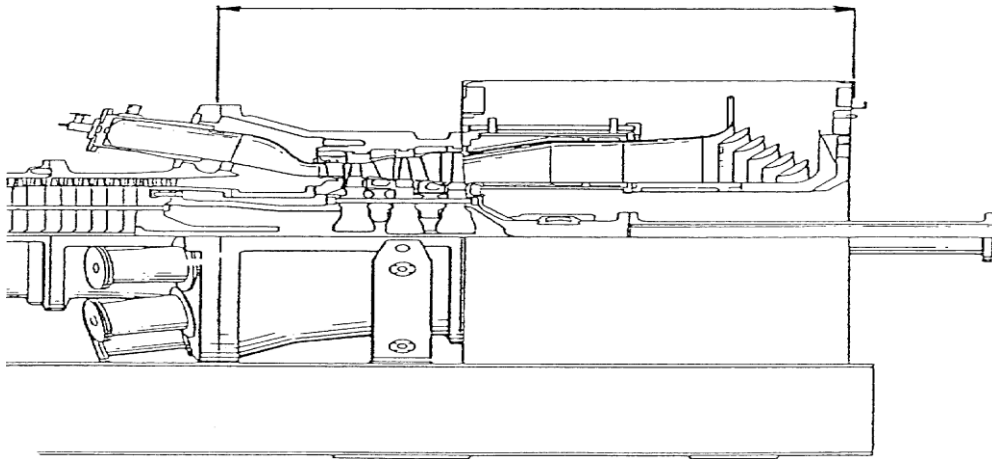


Figure 24: Section turbine [8]

II.4.3.2. Rotor turbine

Le rotor turbine est un ensemble assemblé par des tirants se composant d'une pièce de liaison (distancer), de trois roues (une pour chaque étage), de deux entretoises et enfin d'un arbre de sortie à l'arrière. Le rotor turbine est couplé au rotor compresseur par l'intermédiaire d'une série de boulons au niveau du disque du 17ème étage du compresseur. Ceci permet la liaison entre le distancer et la roue.

Les masses d'équilibrage sont insérées dans des rainures usinées sur les roues turbine et sur les entretoises ou bien un trou de forme sphérique est percé à l'endroit même du balourd résiduel. Les roues et les entretoises sont maintenues en position par une série de tirants. Le positionnement de chaque élément est déterminé de manière à minimiser le balourd résiduel. L'arbre arrière fait la liaison entre la troisième roue turbine et l'accouplement de puissance. La fusée du palier n° 2 en fait partie et est usinée sur ce bout d'arbre [8].



Figure 25 : Rotor turbine [10]

II.4.3.3. Aubes

La dimension des aubes turbine augmente en longueur du profil du 1er au 3ème étage. En raison de la réduction de pression engendrée par la détente dans chaque étage, une zone annulaire plus importante (divergent) est nécessaire pour permettre l'écoulement des gaz ; d'où la dimension croissante des aubes [8].

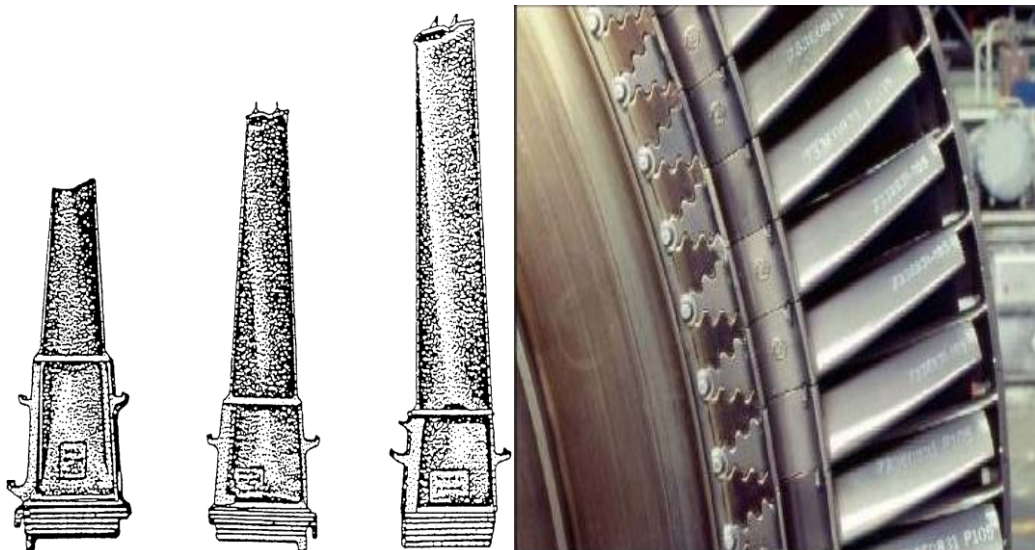


Figure 26: Aubes turbine [10]

II.4.3.4. Stator turbine

Le corps turbine et le cadre d'échappement constitue les organes principaux du stator de la turbine à gaz. Les directrices, les segments de protection, le palier n° 2 et le diffuseur d'échappement sont tenus en place par ces deux organes principaux [8].

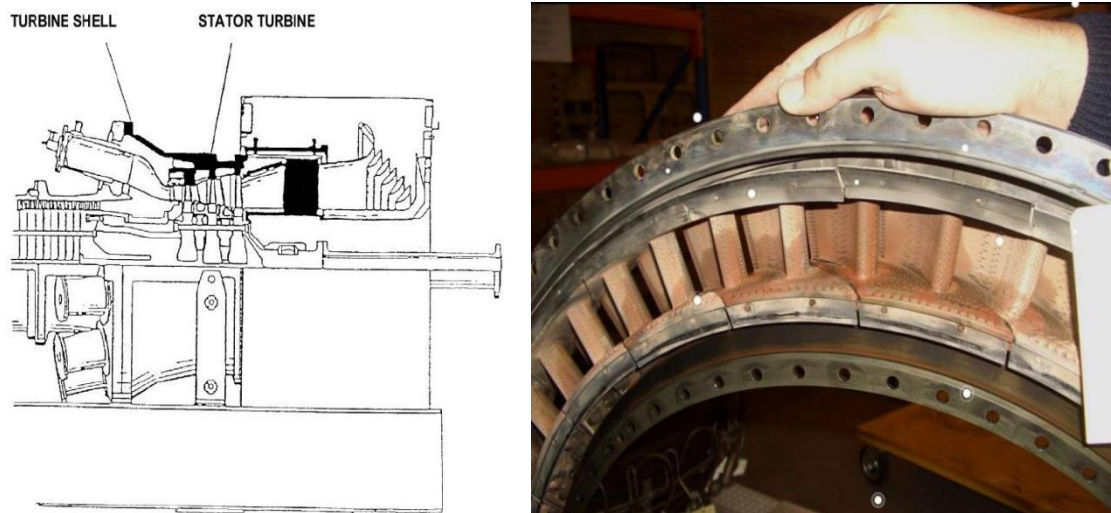


Figure 27 : Stator turbine [10]

Dans le corps turbine, il y a trois étages de directrices (aubage fixe) dont le rôle est de diriger les gaz de combustion sur les aubes turbine afin de permettre la rotation du rotor. La perte de charge dans les directrices étant élevée, cela nécessite la présence de joints d'étanchéité au niveau des diamètres interne et externe afin d'empêcher toute perte d'énergie par fuites. Les directrices fonctionnant dans une veine de gaz chauds, elles sont sujettes à des contraintes thermiques élevées en plus des contraintes mécaniques dues à la poussée des gaz. [8]

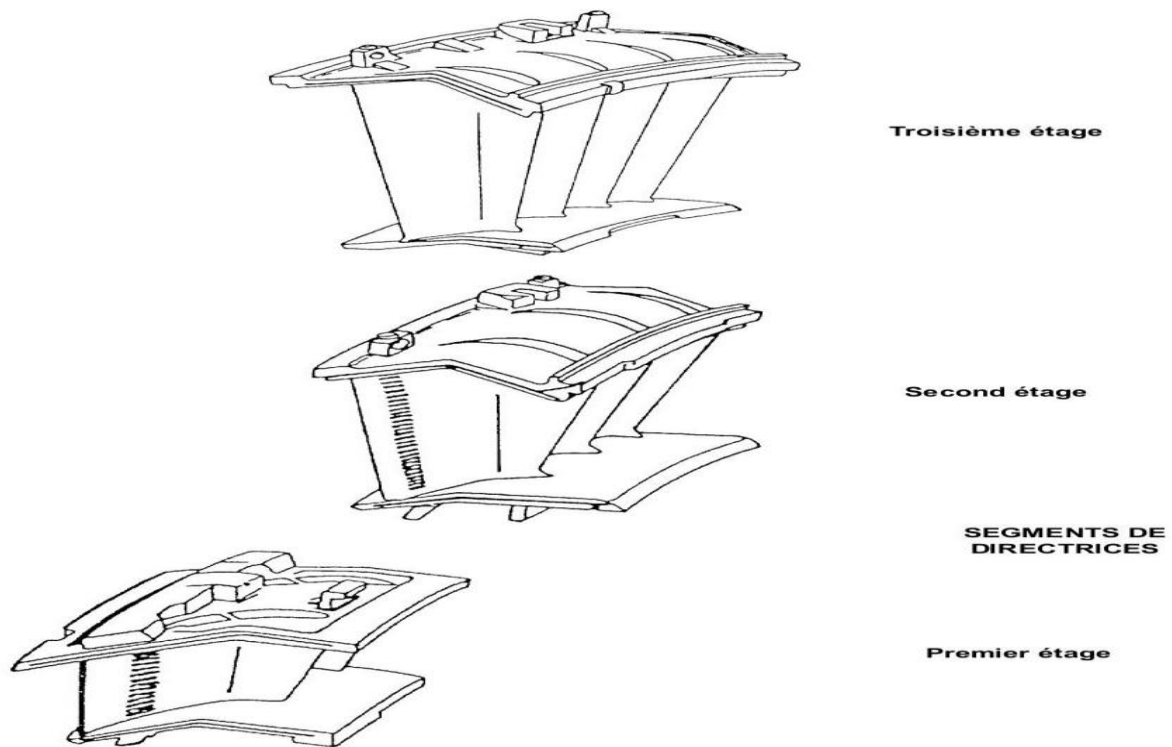


Figure 28 : Segment de directrices [8]

II.4.3.5. Diaphragme et Segments de protection

Les diaphragmes des directrices sont installés aux diamètres internes des segments des directrices des 2^e et 3^e étages pour empêcher les fuites d'air entre les parties fixes et le rotor de turbine. Ils comportent des dents de longueurs inégales qui interagissent avec les gorges d'étanchéité du rotor, minimisant ainsi les pertes d'air et améliorant le rendement.

Les segments de protection, quant à eux, empêchent les sommets des aubes de turbine de frotter directement contre une surface usinée du corps. Ils réduisent les fuites d'air dues aux jeux en bout d'aube et offrent une haute résistance thermique, limitant la dissipation de chaleur vers le corps de turbine. Ce design garantit une meilleure circularité et concentricité du corps, assurant ainsi une performance optimisée et une stabilité accrue du système [8].

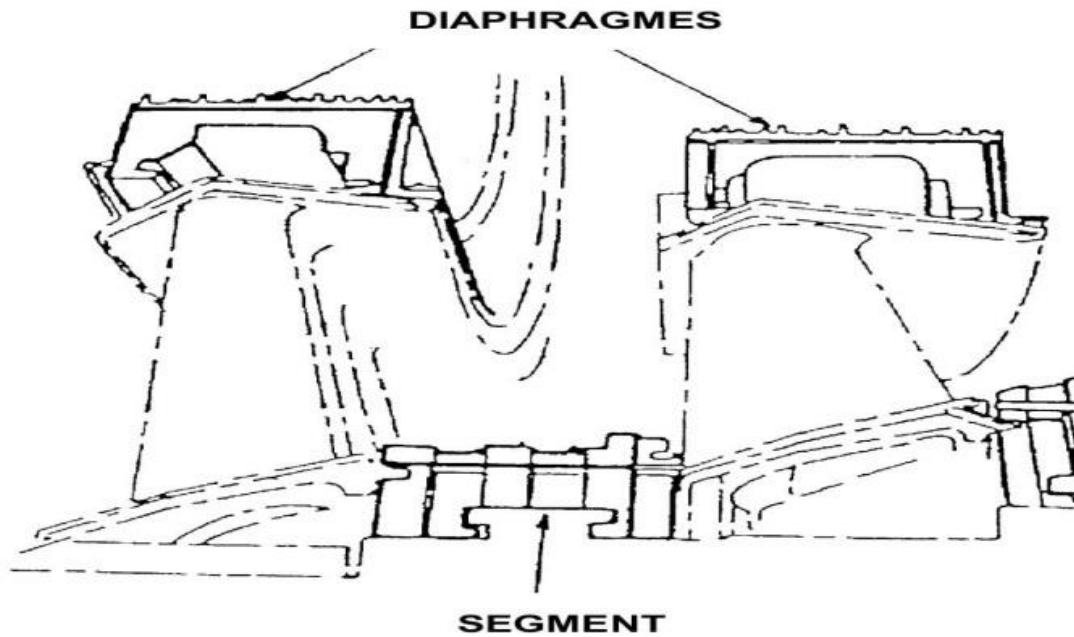


Figure 29 : Diaphragmes et segment [8]

II.5. Socle et supports turbine

II.5.1. Socle turbine

La turbine à gaz et ses auxiliaires sont montés sur un socle en acier mécano-soudé. Ce socle supporte également les caissons d'aspiration et d'échappement. L'extrémité avant du socle, sous le compartiment des auxiliaires, fait office de réservoir d'huile de lubrification. Un collecteur principal d'huile de lubrification est logé dans une cavité de section rectangulaire située à gauche du socle. Cette cavité s'étend du réservoir d'huile à l'extrémité arrière du socle et est utilisée pour le retour d'huile [8].

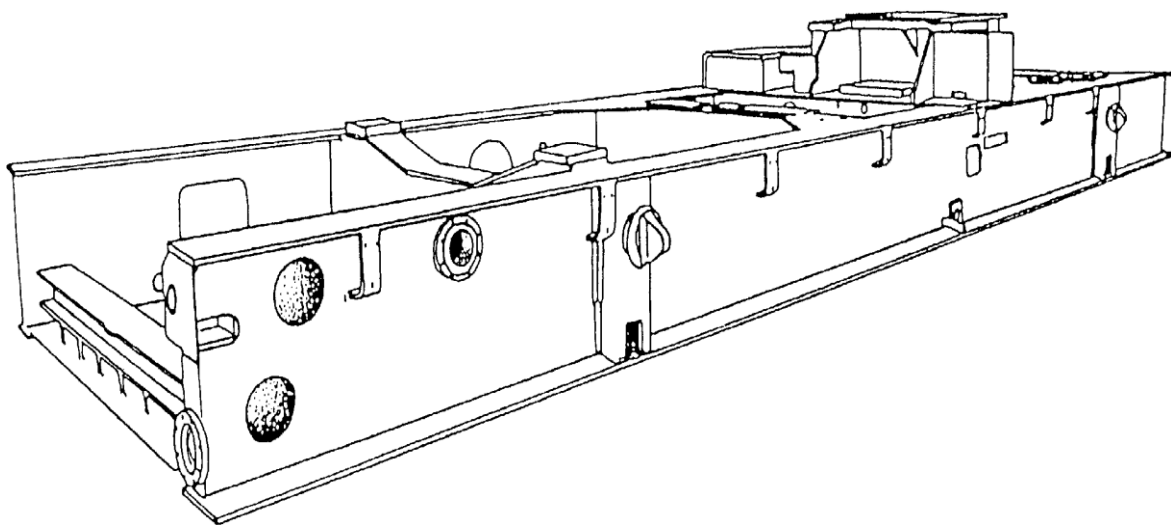


Figure 30 : Socle turbine [8]

II.5.2. Supports turbine

La turbine est montée sur son socle au moyen de supports verticaux. Le support avant est situé au niveau du corps du compresseur, et les 2 "pattes arrières" se situent de part et d'autre du corps de la turbine.

Le support avant se compose d'une plaque flexible qui repose sur deux semelles usinées solidaires du montant transversal avant du socle. Cette plaque est boulonnée et goupillée sur les semelles et à bride avant du corps du compresseur.

Les supports arrières sont des pattes situées de part et d'autre du corps turbine. Ces deux pattes verticales reposent sur des semelles usinées fixées sur le socle. Ces pattes maintiennent l'alignement et le centrage de la turbine par rapport au socle et sont boulonnées et goupillées sur les semelles [8].

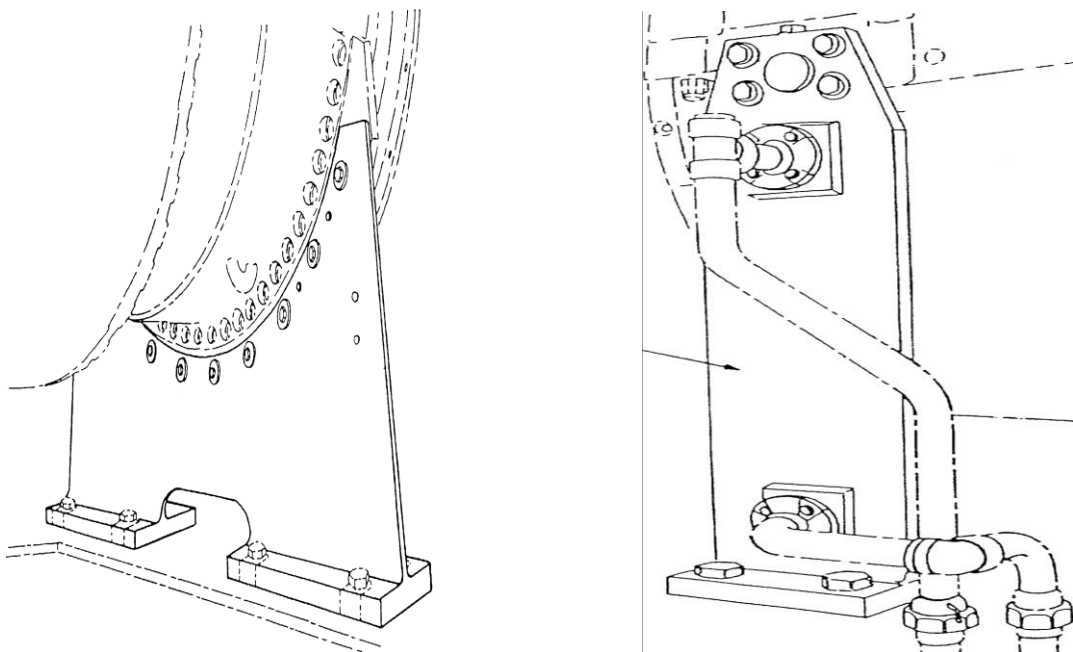


Figure 31 : Support avant et arrière de la turbine (1 de chaque côté) [8]

II.6. Paliers

La turbine à gaz est équipée de deux paliers importants qui supportent le rotor de la turbine. Les paliers et les ensembles d'étanchéité sont incorporés dans deux bâtis : l'un au niveau du corps d'entrée du compresseur et l'autre au niveau du cadre d'échappement. Ces deux paliers sont lubrifiés sous pression par un fluide fourni par le système de lubrification. L'huile de lubrification parvient à chaque palier par une tuyauterie séparée. Le palier n° 1 est équipé de trois éléments: l'un d'eux est du type elliptique, ainsi que le palier n°2. Les coussinets de palier sont du type "elliptique" caractérisés par leurs alésages non cylindriques

et conçus pour améliorer la stabilité des arbres à grande vitesse.

Un palier elliptique se compose de deux demi-cylindres rapportés de façon à ce que leurs centres soient décalés de quelques dixièmes de mm. par rapport au centre du palier. La fabrication s'effectue en plaçant des cales au joint horizontal puis en alésant l'ensemble. Les cales sont ensuite retirées et les deux moitiés rapprochées pour former un palier elliptique [8].

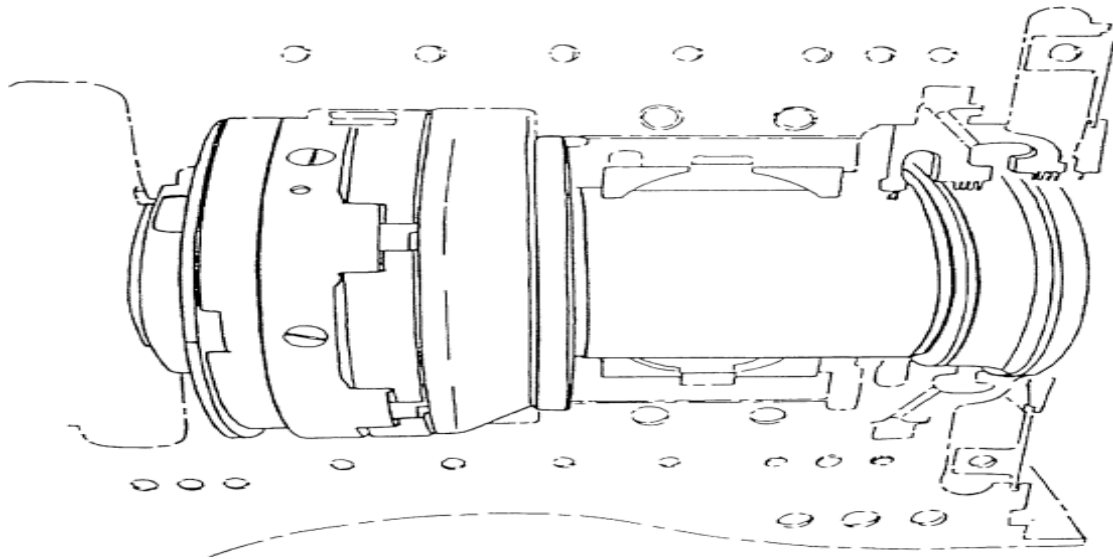


Figure 32 : Pallier N° 1[8]

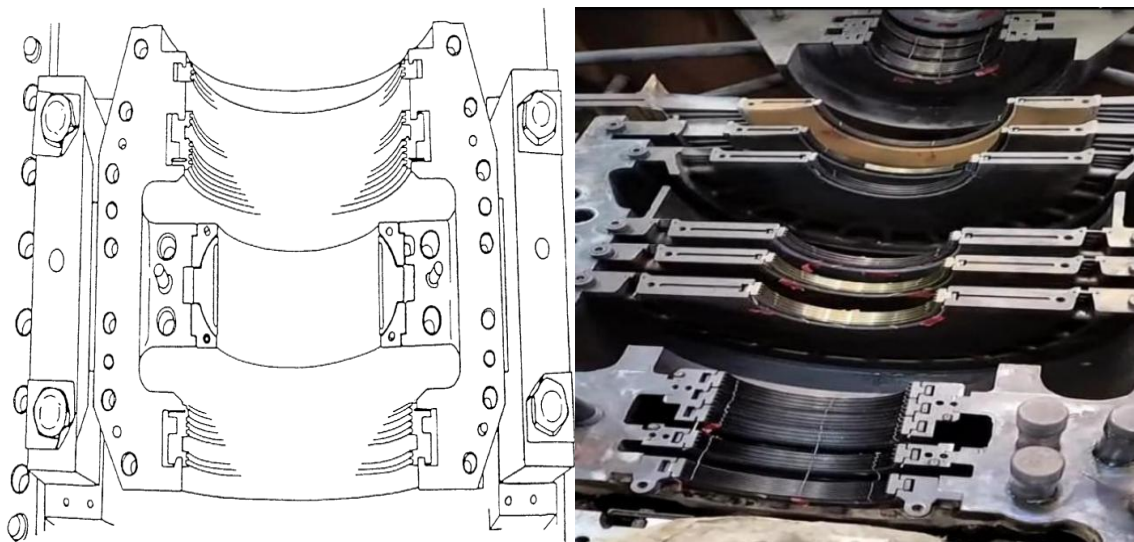


Figure 33 : Pallier N°2 [13]

II.7. Cycle de braytone

Le cycle thermodynamique associé à la majorité des turbines à gaz est le cycle de Brayton, qui fait passer l'air atmosphérique, le fluide moteur, à travers la turbine une seule fois. Les étapes thermodynamiques du cycle de Brayton comprennent la compression de l'air atmosphérique, l'introduction et l'allumage du combustible, ainsi que la détente des gaz de combustion chauffés à travers les turbines de production de gaz et de puissance. La puissance développée est utilisée pour entraîner le compresseur et le générateur électrique. Les principaux composants d'une turbine à gaz sont illustrés à la figure 1.5 ci-dessous [14].

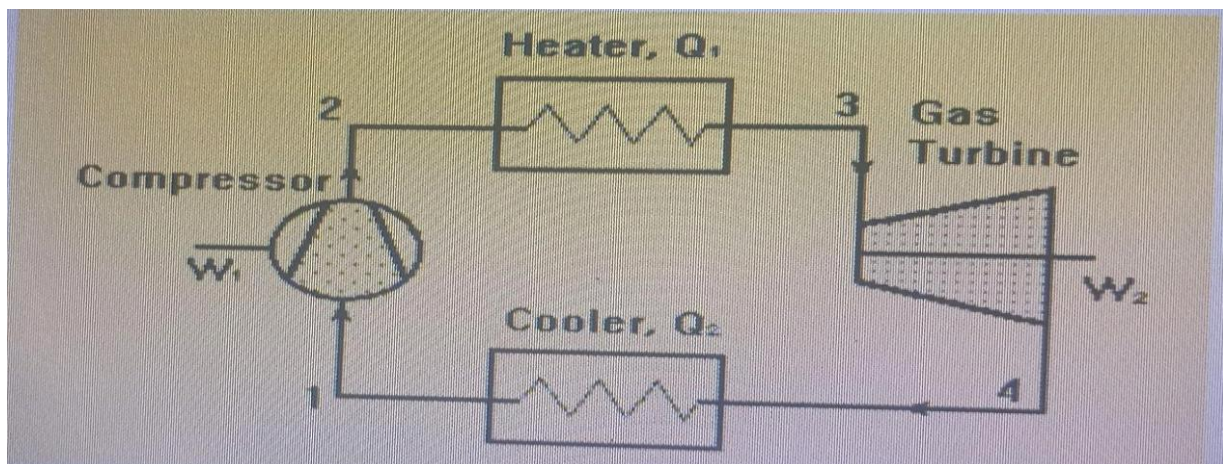


Figure 34 : Une unité de turbine à gaz à cycle fermé [14]

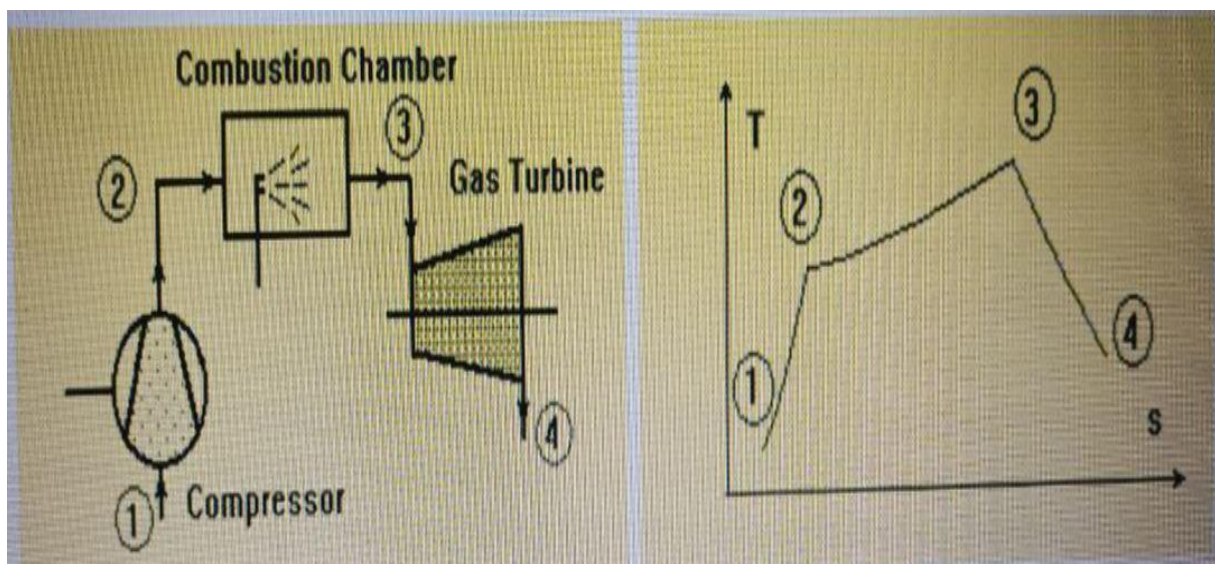


Figure 35 : Schéma d'une turbine à gaz à cycle ouvert (à gauche) et son diagramme T-s (à droite) [14]

La chaleur fournie et rejetée par le cycle de Brayton se produit à pression constante ;

c'est pourquoi ce cycle est également appelé cycle à pression constante. Le cycle, dont les diagrammes T-s et P-V sont présentés dans la figure 1.6 ci-dessous, se compose de quatre processus :

- _ 1 à 2 : Compression isentropique ; /_ 3 à 4 : Détente isentropique ;
- _ 2 à 3 : Apport de chaleur isobare ; /_ 4 à 1 : Rejet de chaleur isobare.

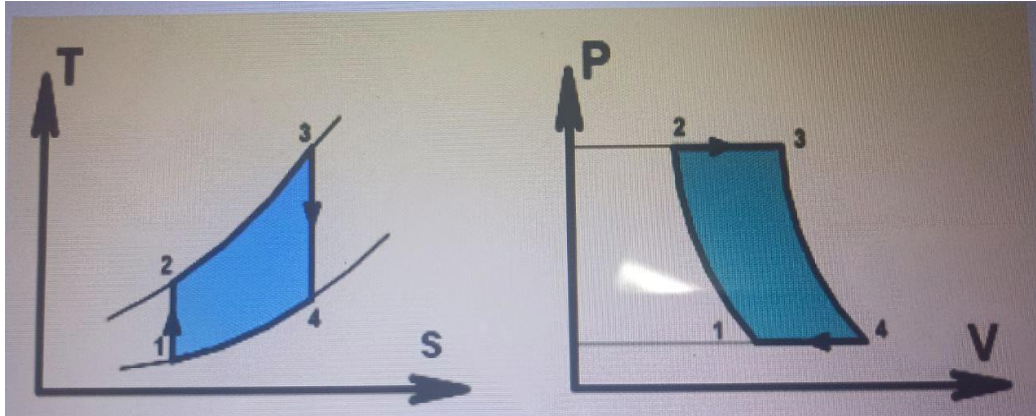


Figure 36 : Diagrammes T-s et P-V pour un cycle de Brayton [14]

Le travail fourni au cycle (compresseur) X et le travail produit du cycle (turbine à gaz)

Y sont :

$$X = Z \cdot (p_2 - p_1) \quad \text{et} \quad Y = Z \cdot (p_3 - p_4) \quad (\text{II.1})$$

Où Z est le débit massique du cycle. La chaleur fournie au cycle (réchauffeur) Q1 et la chaleur rejetée du cycle (refroidisseur) Q2 sont respectivement :

$$Q_1 = Z \cdot (p_3 - p_2) \quad \text{et} \quad Q_2 = Z \cdot (p_4 - p_1) \quad (\text{II.2})$$

Le rendement thermique d'un cycle de Brayton avec un gaz parfait comme fluide de travail est : μ

$$\mu = 1 - (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2) \quad (\text{II.3})$$

On peut montrer que la relation ci-dessus peut être réduite à la suivante :

$$\mu = 1 - r^{-n} \quad (\text{II.4})$$

Où $r = (P_2/P_1)$ est le rapport de pression et $n = (-1 + 1/\gamma)$ est une constante dépendant de la capacité thermique massique de l'air [14].

II.8. Description du système de lancement de la turbine à gaz GE 6B

La turbine à gaz ne pouvant pas démarrer par elle-même, elle doit être entraînée par un dispositif de lancement pour atteindre sa vitesse d'auto-sustentation. Cette fonction est assurée par un moteur électrique relié à un convertisseur de couple afin d'assurer le couple de démarrage nécessaire au lancement de la turbine.

Le système de lancement est constitué:

- D'un moteur électrique de lancement :

Après l'enclenchement de l'embrayage, le moteur de lancement est active afin d'amener la turbine à gaz à sa vitesse d'auto-sustentation lors du cycle de démarrage.

- D'un convertisseur de couple associé à un inverseur :

Le convertisseur de couple est composé d'un rotor pompe entraîné par un moteur qui fournit de l'huile à une turbine hydraulique connectée à l'arbre d'entrée de la transmission de sortie. Le rotor de la pompe exige une puissance fixe à une vitesse fixe, indépendamment de la charge de sortie.

- D'un embrayage à crabots CS1 :

Un embrayage relie l'arbre de sortie du convertisseur de couple à l'arbre principal du réducteur des auxiliaires. L'embrayage est engagé par des vérins hydrauliques et s'ouvre sous l'action des ressorts de rappel installés dans les vérins. L'embrayage est maintenu engagé par le couple transmis par le convertisseur de couple et le mécanisme de virage.

- D'un système de virage alimenté par un moteur à courant continu :

Le mécanisme de virage hydraulique est un système rotatif de type à biellettes connecté à un embrayage unidirectionnel type galet-rampe à l'arbre d'entrée de la transmission de sortie. La transmission de sortie relie le mécanisme de virage depuis la sortie du convertisseur de couple au système d'embrayage.

Le système de virage est alimenté par l'huile de lubrification prélevée au niveau du collecteur. [13]

Paramètres de fonctionnement :

- ✓ Température haute moteur 88CR : 150°C ;
- ✓ Température basse moteur 88CR :70°C ;

Turbine à gaz 6B

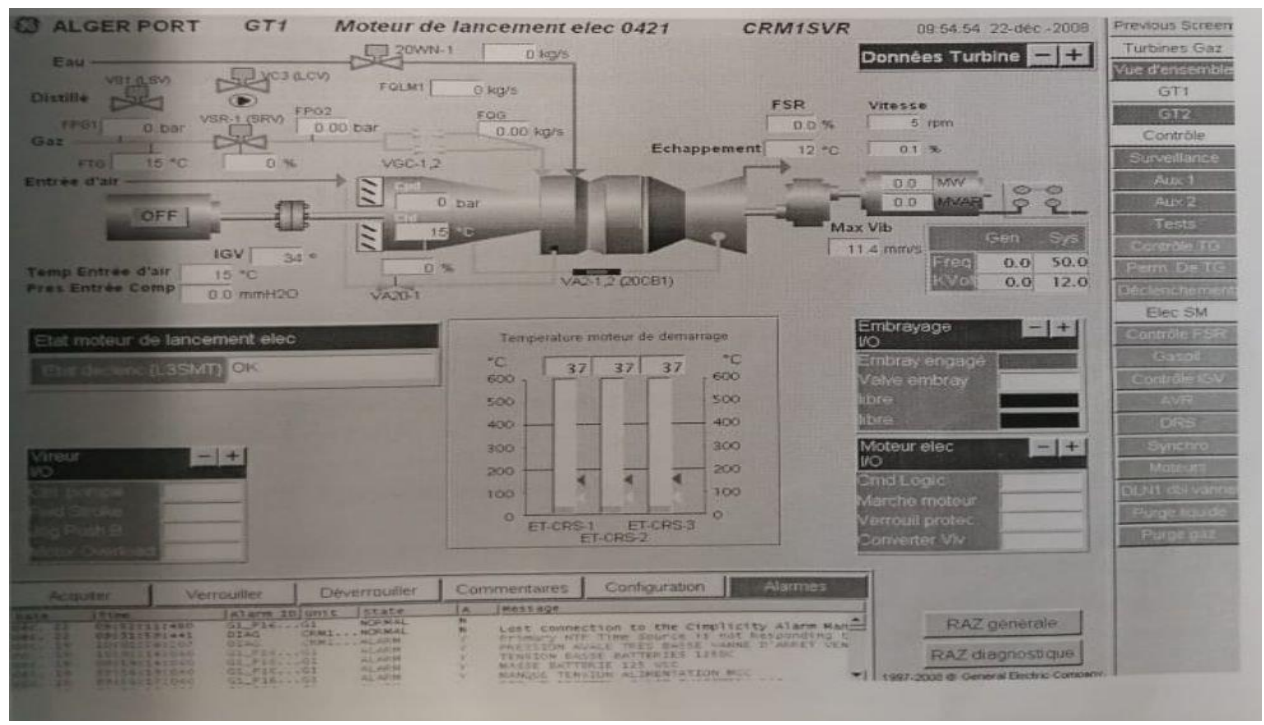


Figure 37 : Circuit de lancement [13]

II.9 .Etude de fonctionnement de la turbine

II.9.1. Calcule électrique TG

Les mesures électriques spécifiques à la turbine à gaz sont effectuées par les opérateurs de la centrale électrique. Elles permettent d'analyser la performance du système de la turbine à gaz et de déterminer les exigences de charge. Ces mesures électriques comprennent :

- Puissance active (MW) :

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\theta) \quad (II.5)$$

- Puissance réactive (MVAR) :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin(\theta) \quad (II.6)$$

- Facteur de puissance :

$$\cos(\theta) = P/S \quad (II.7)$$

- Puissance apparent (MVA):

$$S = V \cdot I \quad (II.8)$$

- La tension (V) :

$$U = R \cdot I \quad (II.9)$$

- Courant (A) :

$$I = U/R \quad (II.10)$$

Turbine à gaz 6B

➤ La fréquence(Hz) :

$$F = 1/T \quad (II.11)$$

Ces mesures nous aident à :

1. Surveillance des performances : les changements de puissance, de tension et de fréquence peuvent être surveillés tout au long de la journée pour détecter tout problème.

2. Améliorer l'efficacité : l'analyse du facteur de puissance permet de prendre des mesures pour améliorer la consommation d'énergie et réduire les pertes.

3. Détection des défauts : La comparaison des valeurs observées avec les limites acceptables peut aider à prédire les défauts ou les problèmes opérationnels.

Le tableau suivant représente les mesures de F , P , Q , U , I , $\cos(\theta)$ sur différentes périodes de temps sur une période de 24 heures.

	14h00	16h00	18h00	20h00	22h00	24h00
Féq (HZ)	50	50	50	50	50	50
U11(kV)	11.3	11.3	11.3	11.3	11.2	11.3
I11(A)	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Uex(V)	23.5	23.5	23.5	22.9	22.9	22.6
Iex(A)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4
P (MW)	37	37	38	38	38	38
Q(MVAR)	-1	0	+1	+1	+2	+2
Techap(C°)	557	553	553	556	555	553
Vib (mm/s)	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4

Tableau 3 : Relevé électrique TG

Après l'intégration de ces informations dans un modèle Matlab, nous avons obtenus les résultats décrit par la suite.

Time(s)	0	10	20	30	40	50	60
T(C°)	100	105	109	114	117	122	125
Press (bar)	2	1.89	1.78	1.70	1.64	1.58	1.5
V (tr/min)	3500	3650	3650	3515	3380	3300	3450
Vib (mm/s)	3	3.4	0	2.8	3.5	2	2.2
P (kW)	500	521	544	552	548	532	510
Q (kVAR)	200	218	230	218	213	195	175

Tableau 4 : Résultat obtenu par simulation Matlab

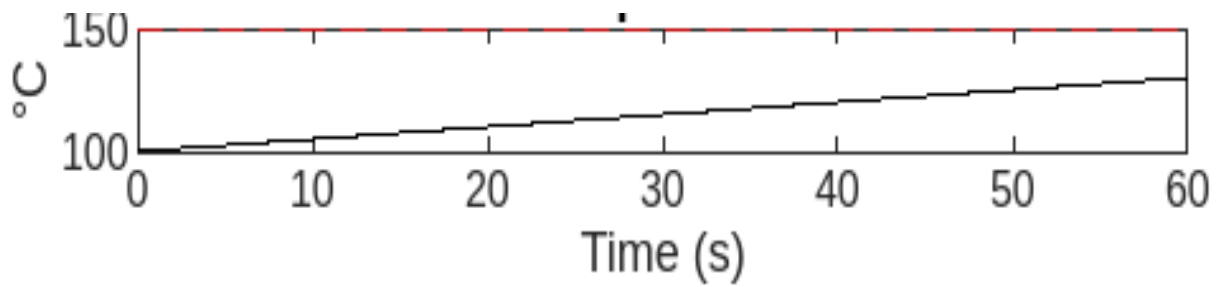


Figure 38 : Variation du la température

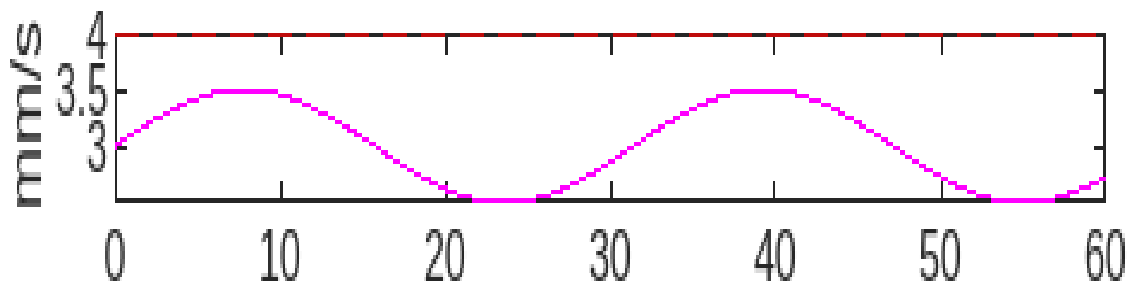


Figure 39 : Variation du la vibration

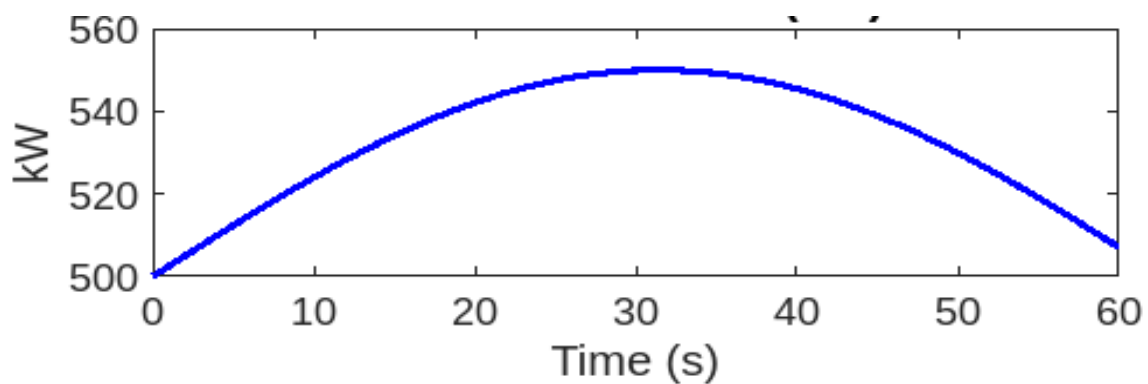


Figure 40 : Variation du la puissance active

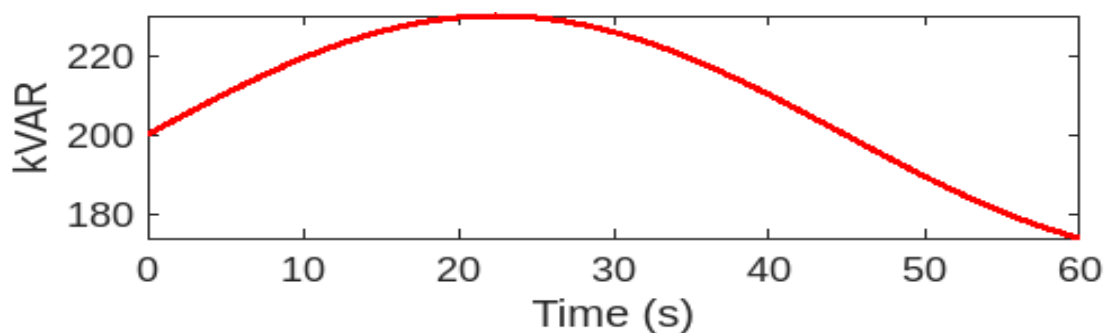


Figure 41 : Variation du la puissance réactive

Les figures 38, 39, 40 et 41 représentent la variation de la température, le niveau de vibration, puissance active et réactive en fonction du temps. D'après l'analyse de chaque courbe il en résulte les interprétations suivantes :

- Il est à noter l'augmentation de la puissance active (P) et la diminution de la puissance réactive (Q) ce qui indique une amélioration du facteur de puissance $\cos(\theta)$, cela implique l'élévation de l'efficacité de l'utilisation d'une énergie électrique.

- Il est à constater l'accroissement des vibrations dans le rotor de la turbine, cela a comme conséquence un impact négatif sur la performance, de plus il affecte l'efficacité et la durée de vie de la turbine.

- Lors de l'expansion rapide des gaz chauds résultant de la combustion, la pression diminue tandis que la température augmente.

Nous pouvons dire que la combustion est faible dans la chambre de combustion, et pour éviter ce problème, des paramètres TG peuvent être injectés pour améliorer l'efficacité et réduire les émissions atmosphériques.

Il est à noter aussi que la turbine à gaz souffre d'une baisse de rendement en raison de sa dépendance principale au cycle de Brayton, qui présente des pertes thermiques pouvant être réduites grâce à l'utilisation du cycle combiné.

II.9. Conclusion

Les turbines à gaz sont une technologie essentielle pour convertir l'énergie thermique en énergie mécanique, contribuant ainsi à l'alimentation des générateurs électriques et des industries lourdes avec efficacité. Cette technologie a connu des avancées significatives en matière de conception et de performance, renforçant sa capacité à répondre à la demande croissante en énergie.

Dans cette partie nous avons analysé le fonctionnement de la turbine, par simulation de l'effet de quelques paramètres qui peuvent affecter le bon fonctionnement de celle-ci.



Chapitre III

Auxiliaires de la turbine à gaz

III.1. Introduction

Dans les centrales de production d'énergie à turbines à gaz, les systèmes auxiliaires (les auxiliaires) jouent un rôle essentiel pour garantir le fonctionnement fluide et efficace des turbines. Ces systèmes comprennent un ensemble d'équipements et de dispositifs qui soutiennent les opérations principales.

III.2. Station gaz

III.2.1. Poste gaz EKA

La station gaz EKA d'ANNABA assure l'alimentation des deux turbines à gaz de type 6B. L'installation est dimensionnée pour un point de fonctionnement maximal avec deux turbines en service ce qui représente un débit total de gaz de 27 431Nm³/h en pointe pour une température ambiante de -1°C. Les principales fonctions de la station gaz EKA sont :

- Protéger les lignes d'alimentation des turbines et compresseurs aval ;
- Filtrer les particules solides et liquides contenues dans le gaz ;
- Mesurer le débit de gaz consommé par les turbines ;
- Collecter les condensats provenant des différentes lignes de purges des filtres ;
- Evacuer les purges gaz par la cheminée froide.

Caractéristiques du gaz

- Débit nominal :..... 27431 Nm³/h en pointe
- Pression admissible:..... 70 bars
- Pression de service :..... 17 à 20 bars
- Température admissible :..... -1 à + 90 °C
- Température de service :..... Entre + 5 et + 45°C

III.2.2. Les équipements de La station « EKA »

• Vanne de tête

C'est un robinet automatique à boisseau sphérique, avec un vérin pneumatique simple effet, de type fermeture par défaut, avec un système d'équilibre de pression constitué de deux vannes en série [12].



Figure 42 : Vanne de tête [12]

- **Section filtres séparateurs 2x100%**

Deux lignes de filtration DN 200 munie chacune d'un filtre vertical de type à cartouches coalescentes 1x100% qui assure la filtration finale des liquides et solides contenus dans le gaz avec une efficacité de séparation de 99,99% des solides et 99.5% des liquides de plus de 3 microns [7].



Figure 43 : Filtre vertical de type cartouches coalescentes



Figure 44 : Filtre cyclone [7]

- **Réservoir à condensats**

Le réservoir à condensats collecte séparément les drains des filtres du séparateur cyclone et filtres séparateurs à cartouches coalescentes de la station gaz.



Figure 45 : Réservoir à condensats [7]

- **Contrôle du poste gaz**

Une armoire de contrôle est installée dans un container climatisé proche de la station gaz.

L'armoire réalise l'interface entre l'instrumentation de la station gaz, transmet les états et les alarmes de la station gaz vers le poste de contrôle de la centrale. [7]

III.2.2. Compresseur gaz

- **Rôle de système**

Le rôle du compresseur est de relever la pression du réseau gaz à 22 bars. Les compresseurs gaz sont calculés pour :

- Assurer le débit maximal de 27431 Nm³/h pour le fonctionnement des deux TG en pointe à -1°C de température ambiante.
- Assurer le débit maximal pour la plus contraignante situation avec la température gaz maximale à +45°C à l'aspiration.

Relever la pression du réseau gaz à 22 bars. [7]



Figure 46 : compresseur [7]

- Pression maximale :..... 24,5 bar
- Température minimale :..... 21 ° C
- Température maximale :..... 86 ° C



Figure 48: SKID Final [7]

III.3. Station fuel

Le système est composé de 2 bac de stockage de 2224 m³ chacun, une pompe fuel, une pompe d'eaux déminéralisées et un SKID de filtration.



Figure 49 : Bac de stockage fuel EGC20 [7]

- **Pompe fuel**

Ce module transfère le fuel distillé du réservoir journalier de stockage à l'entrée de la turbine à une pression suffisante pour vaincre les pertes de charge des différents éléments constituant la ligne fuel et fournir la pression à l'entrée de la TG [7].



Figure 50 : pompe fuel [7]

- **SKID de filtration**

Ce SKID permet de filtrer le fuel a une valeur admissible par la TG et assure la régulation de la pression fuel à l'entrée TG de 3.4 bar à 5.18 bar.



Figure 51 : Pompe d'injection d'eau déminéralisée [7]

III.3. Principaux systèmes électrique

III.3.1. Transformateur principale

Le rôle d'un transformateur est d'élever la tension électrique du 11KV à 63KV la sortie de la centrale pour alimenter le poste électrique d'évacuation d'énergie [15].

Les caractéristiques

- | | |
|------------------------------------|---|
| • Emplacement : extérieure ; | • Nombre de radiateur : 4 ; |
| • Model : à bain d'huile ; | • Rapport de transformation : 63 /11 KV ; |
| • Puissance nominale : 50000 KVA ; | • Ventilateurs : 4 ; |
| • Fréquence a signée : 50 Hz ; | • Perte à vide v : 30Kw ; |
| • Poids total : 66 000 kg ; [1.5] | |



Figure 52 : Transformateur principale

III.3.2. Présentation distribution MT

- **Régime normal**

L'alimentation du réseau 6,6kV provient des 2 Transformateurs de sous-tirage (TAS) de 3,2 MVA. Chaque Transformateur alimentant le jeu de barres dédié. Les 2 disjoncteurs à l'arrivée (GH007 et GH011) sont fermés et le disjoncteur de couplage (GH009) entre les deux jeux de barres est ouvert (Système de commande des disjoncteurs 2/3 à verrouillage électrique) [15] .

- **Régime secours**

- a) Perte du Réseau 1**

Dans le cas de la perte du réseau 1 (défaut transfo de sous-tirage, déclenchement protections TG, ouverture 52L), la protection de cellule GH007 ouvrira le disjoncteur. Après environs 3,2 sec le disjoncteur de couplage GH009 se fermera automatiquement. Le tableau 6,6kV sera dans la configuration indiqué ci-contre. Les disjoncteurs du TGBT reste dans leur position initiale (QF1 et QF2 fermés, et QF3 ouvert. [15]

- b) Régime secours 2**

Perte du Réseau 2 Dans le cas de la perte du réseau 2 (défaut transfo de sous-tirage, déclenchement protections TG, ouverture 52L), la protection de cellule GH011 ouvrira le disjoncteur. Après environs 3,2 sec le disjoncteur de couplage GH009 se fermera automatiquement. Le tableau 6,6kV sera dans la configuration indiqué ci-contre.

Les disjoncteurs du TGBT reste dans leur position initiale (QF1 et QF2 fermés, et QF3 ouvert [1

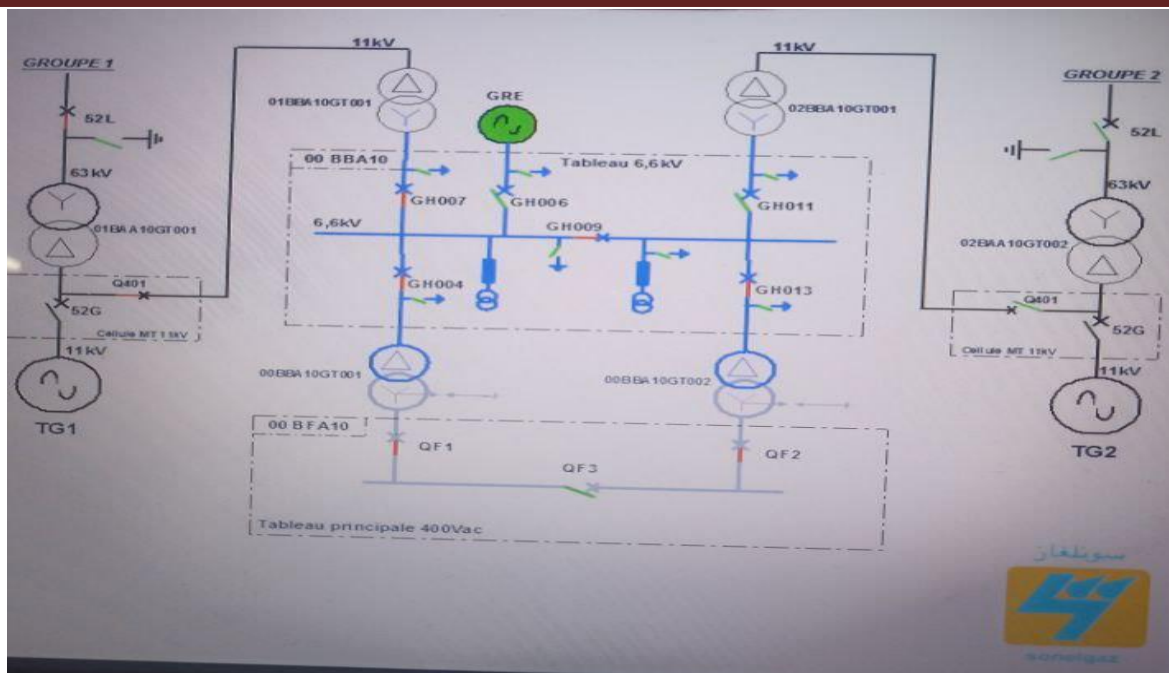


Figure 53 : Schéma de distribution MT [15]



Figure 54 : Tableau MT 6,6kV 00BBA10 [15]

III.3.3. Présentation distribution BT

- Régime normal

L'alimentation du réseau 400Vac provient des 2 Transformateurs auxiliaires de 1,6 MVA. Chaque Transformateur alimentant le jeu de barres dédié. Les 2 disjoncteurs à l'arrivée (QF1 et QF2) sont fermés et le disjoncteur de couplage (QF3) entre les deux jeux de barres est ouvert [15].

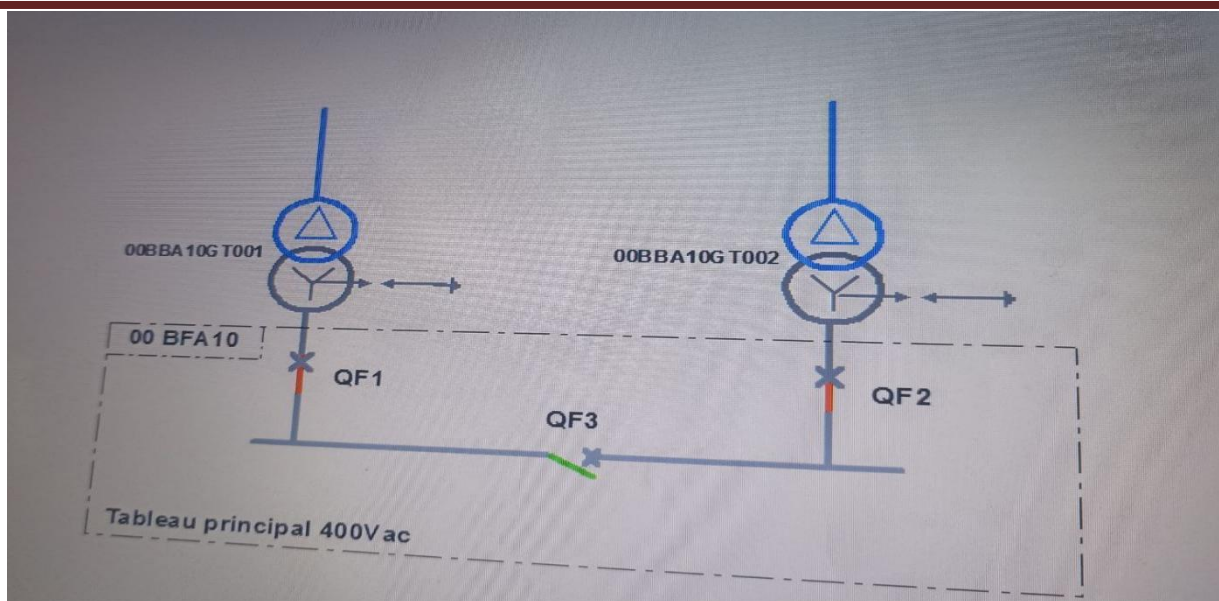


Figure 55 : Schéma de distribution BT [15]



Figure56 : Tableau BT principal 400V 00BFA10 [15]

III.4. Système d'admission d'air

Ce système est composé de chambre d'admission, système de filtration, silencieux.

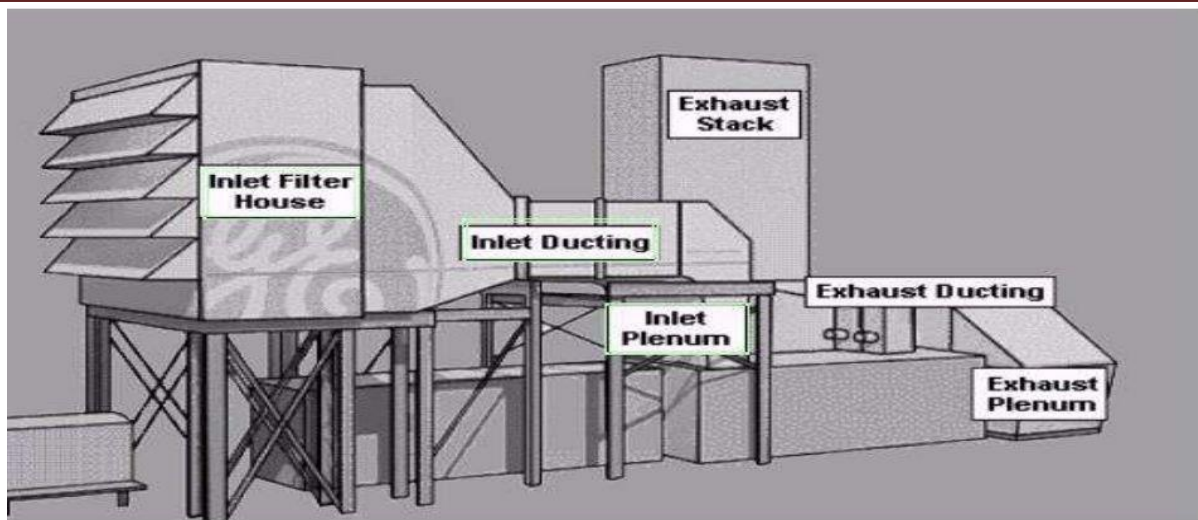


Figure 57 : Système d'admission d'air [16]

III.4.1. Chambre d'admission d'air

Les chambres d'admission d'air filtrent l'air et améliorent la qualité de l'air entrant dans le compresseur. Ils sont situés directement à l'entrée du compresseur et sont assemblés sur site. Leurs dimensions dépendent du volume d'air nécessaire à la compression et des dimensions du filtre [16] .



Figure 58 : Chambre d'admission d'air

III.4.2. Système de filtration

Le système de filtration empêche l'air de passer selon des normes spécifiques. L'air chargé d'impuretés pénètre par la couverture isolante et est d'abord traité avec un dispositif d'élimination de l'humidité, s'il est disponible. Il passe ensuite par une filtration pour éliminer les particules et passe enfin par une filtration vieillissante et complète grâce à une filtration à haute efficacité [14].

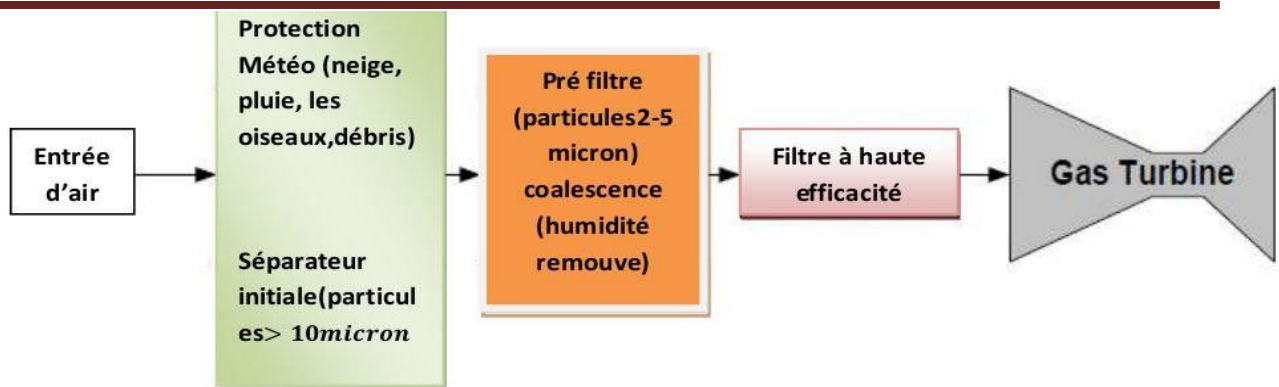


Figure 59 : Système de filtration [16]

III.4.3. Entrée refroidissante

Le refroidissement de l'air à l'entrée de la turbine améliore considérablement l'efficacité de la production d'électricité. Cela rend l'air plus dense, augmentant ainsi la masse d'air entrant. Cette amélioration est estimée à 0,7 % pour chaque degré Celsius. Ce système est utilisé dans les zones à températures élevées. [16]

III.4.4. Silencieux

Les fréquences étoiles sont la source de bruit dans la turbine, alors l'installation d'un silencieux pour résoudre ce problème, où il est connecté à une légère entrée de filtre acoustique, ces silencieux ont affecté quelques-uns grâce à leur amélioration des solutions et leur réduction des niveaux de bruit. [16]

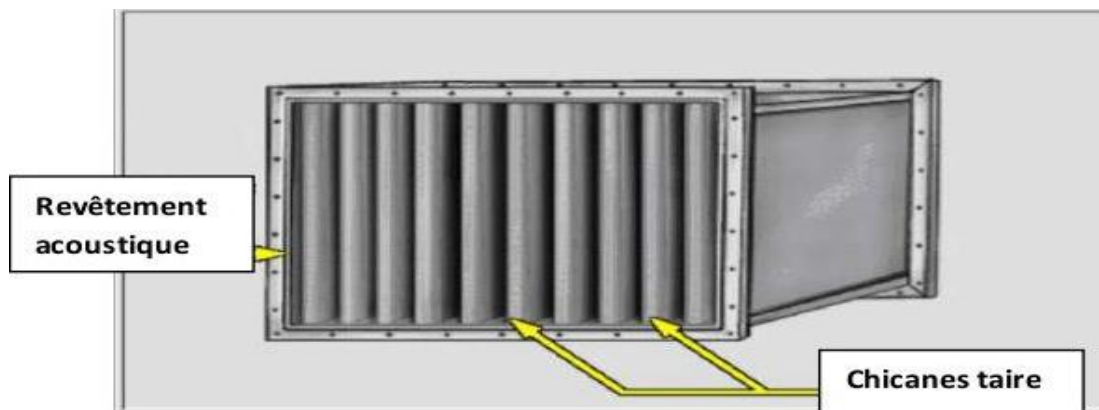


Figure 60 : Silencieux [16]

III.5. Conclusion

Les systèmes auxiliaires (les auxiliaires) dans les centrales à turbines à gaz sont un élément essentiel pour garantir un fonctionnement efficace et durable. En soutenant les opérations principales, ces systèmes contribuent à améliorer les performances et à réduire les pannes. Investir dans le développement et la maintenance de ces systèmes est une étape cruciale pour atteindre une meilleure efficacité et réduire les coûts opérationnels à long terme.

Conclusion générale

Les turbines à gaz représentent l'une des technologies de production d'énergie les plus importantes, utilisées dans diverses industries telles que l'aviation et la production d'électricité. Parmi leurs principaux avantages, elles offrent une capacité à convertir le combustible en énergie rapidement et avec une efficacité très élevée, ce qui en fait une solution efficace pour de nombreuses applications, notamment l'aviation et la production d'électricité. En outre, elles se distinguent par une conception simple par rapport aux systèmes de production d'énergie tels que les turbines à vapeur, ce qui rend leur entretien et leur fonctionnement moins complexes. Elles possèdent une grande capacité de démarrage rapide, ce qui les rend idéales en cas d'urgence ou pour répondre à la demande énergétique lors des pics. Leur intégration dans des espaces réduits ou des applications nécessitant des équipements légers, comme les avions, est également possible. Les systèmes de turbines à gaz s'adaptent également à une large gamme d'applications, comme la production d'électricité, l'industrie et le transport.

Cependant, bien que les turbines à gaz représentent une solution efficace pour une production d'énergie rapide et flexible, le prix des combustibles, notamment le gaz naturel, peut affecter l'économie de fonctionnement. Ces turbines sont sensibles à une consommation rapide en raison des températures élevées et des contraintes mécaniques, ce qui augmente les coûts d'entretien. Elles restent principalement dépendantes du gaz ou du diesel, ce qui les rend moins respectueuses de l'environnement par rapport aux énergies renouvelables. Leur efficacité diminue de manière significative lorsqu'elles ne fonctionnent pas à pleine capacité. Ces défis économiques et environnementaux incitent à chercher des améliorations technologiques ou à les intégrer avec des sources d'énergie renouvelable pour garantir une durabilité accrue. Finalement, leur utilisation demeure liée aux politiques énergétiques et à l'équilibre entre les besoins immédiats et les exigences environnementales à long terme.

Bibliographie

- [1] Guide (as Turbines design & Operation"– Eng. Abdullah Zaman Al merza 20/10/2007).
- [2] Mémoire Universitaire SALHI AHMED _ NAAMA _ Master Génie Mécanique (Gaz turbine service manuel N1189 ; Gaz turbine tag N C2T-4001-A voume1 1998).
- [3] SHARIKET KAHRABA SKIKDA, Notions de base du cycle combine et vue d'ensemble de l'installation-Phase II, Révision: b, fichier: Overview
- [4] Max GIRAUD et Joël SILET, 2000, "Techniques de l'ingénieur : "Turbines à gaz aéronautiques et terrestres", Avril 2000.
- [5] Book Nuovo Pignone S.p.A. via F. Matteucci, 2 50127 Florence - Italy URL www.ge.com/oilandgas.
- [6] BOOK (BHEL – GE GAS TURBINES COLLABORATION STATUS ET GAS TURBINE FUNDAMENTALS) SONELGAZ ANNABA.
- [7] CENTRALE THERMIQUE /ANNABA / Consigne d'exploitation N°02 (POSTE GAZ (TG1&2)).
- [8] SONELGAZ, production service Annaba, quai sud. Notions de basse du cycle sample et composent de turbine à gaz / GE Energy Products – GUIDE de conduite et d'entretien.
- [9] A. LALLEMAND, 1195, "Production d'énergie électrique par centrales thermiques", Techniques de l'Ingénieur, D 4 002, pp.1-11.
- [10] MOBILEPAC FORMATION DE FAMILIARISATION GÉNÉRALE.
- [11] formation operateurs de la turbine a gaz V94.2 Par ansaldo Energia (document interne de l'entreprise).
- [12] BELKHAMSA, S. ABD ESSELAM, S., "Contribution à l'étude et au calcul des cycles thermodynamiques des turbines à gaz", mémoire d'ingénieur, Université Ouargla, 2008.
- [13] CENTRALE THERMIQUE/ANNABA / Consigne d'exploitation N°03 CIRCUIT DES AUXILLIARES TURBINE /.
- [14] Training Guide Mon Combined Heat & Power Systems (ZREU)
- [15] Formation Opérateurs & Maintenance Centrale 2x36MW d'ANNABA PORT (GE imagination at work).
- [16] Manuel opératoire et de maintenance pour le filtre à air autonettoyant TUD77-8002, Donaldson Europe N.V inter leur enloor 1 B-3030 LEUVEN.



شهادة ترخيص بالتصحيح والاياداع:

انا الاستاذ(ة) بوشلقة فاطمة
بصفتي المشرف المسؤول عن تصحيح مذكرة تخرج (ليسانس/ماستر/دكتورا) المعنونة بـ:

Présentation et étude du fonctionnement de la turbine à gaz 6B

من انجاز الطالب (الطالبة):

فراح اكرم

جرورو وائل

التي نوقشت/قويمت بتاريخ : 2025/05/20

اشهد ان الطالب/الطالبة قد قام /قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة المناقشة وقد تم التحقق من ذلك
من طرفنا

وقد استوفت جميع الشروط المطلوبة .

امضاء المسؤول عن التصحيح

مصادقة رئيس القسم