الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département du Génie Mécanique



Projet de fin d'études

Présenté pour l'obtention du Diplôme De Master

En Génie Mécanique

Spécialité : Energies renouvelables en mécanique

THEME

ANALYSE EXPERIMENTALE D'UNE TURBINE A GAZ PAR INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Proposé et dirigé par :

Dr. Mohamed KEZRANE

Dr. Younes CHIBA

Préparé et présenté par :

Mr. Noureddine TALBI

Année Universitaire **2020 - 2021**

Sommaire

Résumé 4
Dédicace 5
Remerciements 6
Liste des figures 7
Liste des tableaux 8
NOMENCLATURE 9
Introduction générale 1
Chapitre I- Généralités sur les turbines à gaz 4
I.1.Introduction 4
I.2.Historique des turbines à gaz 4
I.3.Quelques dates de fabrications et développements 5
I.4.Classification des turbines à gaz 5
a. D'après le mode de construction 5
b. D'après le mode de travail 7
c. D'après le mode de fonctionnement thermodynamique 7
I.5.Principaux domaines d'applications 8
I.6.Cycle de brayton 8
Chapitre II-Présentation de l'entreprise de Sonatrach 11
II.1.Aperçu sur la région de TFT 11
II. 1.1. Historique et situation géographique 11
II. 1.2 Développement 12
II. 1.3. Différents gisements de TFT 13
II.2. Direction régionale 14
Chapitre III- Conception et fonctionnement de la turbine à gaz 17
III.1. Introduction 17
III. 2. Définition 17
III. 2. 1. Turbine mono-arbre 17
III. 2. 2. Turbine bi-arbre 18
III.3.PARTIE TECNOLOGOQUE DE TAG MS 5001 19
III. 3.1-Présentation de la turbine à gaz MS5001 19
III. 3.2. Principe de fonctionnement 19
III. 3.3-Cycle théorique de la turbine 20
III. 3.4-Section principale d'une TAG 20

Chapitre IV- Résultats et discussions 34
IV.1. Introduction 34
IV.2. Base des données..... 34
IV. 3. Prédiction de la puissance de la turbine 36
IV. 4. Prédiction du rendement de la turbine 38
Conclusion Général 42
Références bibliographiques 44

Résumé

الملخص

تهدف مذكرة الماستر الحالية الى دراسة خصائص تشغيل التوربينات الغازية باستخدام الذكاء الاصطناعي على وجه الخصوص نهج الشبكات العصبية. لهذا الغرض ، تم استخدام قاعدة بيانات تتضمن الرطوبة النسبية للهواء ، ودرجة الحرارة المحيطة ، ودرجة حرارة الاحتراق ، والضغط ، ومعدل تدفق الكتلي للتنبؤ باستطاعة وكفاءة التوربين الغازي. النتائج التي تم الحصول عليها تم تحليلها ومناقشتها.

الكلمات المفتاحية ، التوربينات الغازية، معايير التشغيل، الكفاءة، الطاقة، الذكاء الاصطناعي

Résumé

Le présent travail de Master consiste à étudier les paramètres de fonctionnement de la turbine à gaz en utilisant l'intelligence artificielle en particulier l'approche des réseaux des neurones. Pour ce faire, une base de données a été utilisée incluant l'humidité relative de l'air, la température ambiante, la température d'échappement, la pression atmosphérique, le débit massique, la pression et la température de l'arrivée du gaz ont été pris en considération pour prédire la puissance et le rendement de la turbine. Les résultats obtenus sont analysés et discutés.

Mots clés : Turbine à gaz, paramètres de fonctionnement, rendement, puissance, intelligence artificielle

Abstract

The present work of the Master's consists to study the operating parameters of the gas turbine using artificial intelligence in particular the approach of neural networks. To do this, a database was used including the relative humidity of the air, the ambient temperature, the exhaust temperature, the atmospheric pressure, the mass flow, the pressure were taken into account in order to predict the power and the efficiency of the gas turbine. The obtained are analyzed and discussed.

Keywords: Gas turbine, operating parameters, efficiency, power, artificial intelligence

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour le

sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.

A mes chers frères et ma chère sœur.

A toute la famille TALBI à tous mes amis.

A tous ceux qui m'ont soutenu

Remerciements

Nous remercions en premier lieu **ALLAH** de nous avoir donné cette volonté et la force pour pouvoir terminer ce travail.

Toutes nos infinies gratitudes à notre promoteur Dr Mohamed KEZRANE et Dr. Younes CHIBA pour son encadrement et ses conseils et Dr. Abdelkrim TERFAI pourses aides précieuses.

Nos sincères reconnaissances à nos enseignants de la faculté de Technologie

Nos remerciements s'adressent aussi au staff de la société de SONATRACH et à T.F.T IN AMENAS, en particulièrement Mr. Hacene BOUGHBA et Mr. khaled SEGHIER

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribués de prés ou de loin à l'élaboration de ce travail.



Liste des figures

N°	Titre	page
I.1	Classification des turbines du gaz	07
I.2	Schéma d'une turbine à gaz mono-arbre.	08
I.3	Schéma d'une turbine à gaz bi-arbre.	08
I.4	Schéma d'une turbine à action et une turbine à réaction.	09
I.5	Schéma de cycle thermodynamique d'une turbine à gaz.	11
II.1	position géographie du champs TFT	14
II.2	Organigramme de la division de production de la DP-TFT	18
II.3	structure division maintenance	19
III.1	schéma d'une turbine mono-arbre	22
III.2	Schéma d'une turbine bi-arbre	22
III.3	schéma simplifie d'installation	23
III.4	cycle de Brayton	24
III.5	Rotor du compresseur de la turbine à Gaz MS 5001	26
III.6	Chambre de combustion	28
III.7	Détecteur de flamme	29
III.8	Filtre à air	31
III.9	Système de combustible gazeux	33
III.10	Circuit d'air d'étanchéité et de refroidissement	35
III.11	Schéma fonctionnel du système de contrôle, mise en séquence et protection	37
IV.1	Architecture de réseaux de neurones utilisée pour prédire la puissance	42
IV.2	Comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de puissance en fonction du température atmosphrique pour l'ensemble de données, (a) formation, (b) validation, (c) test et (d) tous	43
IV.3	comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de puissance et la valeur d'erreur calculée en fonction de la température atmosphrique	44
IV.4	Architecture de réseaux de neurones utilisée pour prédire le rendement	45
IV.5	Comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de rendement en fonction du température atmosphrique pour l'ensemble de données, (a) formation, (b) validation, (c) test et (d) tous	45
IV.6	comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de rendement et la valeur d'erreur calculée en fonction de la température atmosphérique	46

Liste des tableaux

N°	Titre	page
IV.1	les données de fonctionnement	40
IV.2	Les données de sorties	40
IV.3	Les valeurs du rendement associé à la puissance	41
IV.4	Valeurs des paramètres d'entraînement utilisées dans le modèle de réseaux neuronaux pour prédire la puissance	44
IV.5	température en fonction de rendement	46

NOMENCLATURE

ṁ: Débit massique (kg/s)

P: Puissance (Mw)

Pr: La pression (bar)

R : Erreur (%)

T : La température ambiante (K)

Pr : La pression ambiante (bars)

H_{Pr}: humidité (%)

T : température d'échappement (K)

η: Rendement (%)

Tg : température du gaz (K)

Introduction générale

L'énergétique et plus particulièrement la production et l'utilisation rationnelle de l'énergie électriques sont au cœur des préoccupations mondiales actuelles (épuisement des ressources, pollution et bouleversement climatique).

Les turbines à gaz sont des machines qui sont très utilisées dans plusieurs industries, comme la génération de l'électricité, l'aérospatial, génie des procédés. Une turbine à gaz , appelée aussi turbine à combustion ou parfois turbine à gaz de combustion (dénomination la plus précise), est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique grâce la rotation d'un arbre, directement à partir de l'énergie cinétique des gaz produits par la combustion d'un hydrocarbure (fuel, gaz combustible etc.) ,qui subissent une détente dans une turbine.

Le comburant, le plus souvent de l'air ambiant, est généralement comprimé avant de pénétrer dans la chambre de combustion, en utilisant un compresseur entraîné par le même arbre que la turbine. Le mot « gaz » dans l'ancienne dénomination « turbine à gaz » (longtemps la plus employée) ne signifie pas que la machine ne peut brûler que du combustible gazeux, mais fait référence au caractère gazeux des produits de combustion, par opposition aux turbines à vapeur dans lesquelles le fluide moteur (de la vapeur d'eau) se condense en liquide.

La longévité de la turbine à gaz dépend de plusieurs paramètres, l'entretien de la turbine à gaz est primordiale pour rassurer une durée de vie plus longue a la machine, ce qui nous amène à dire que parmi les points les plus sensibles qu'il faut traiter, c'est bien le refroidissement uniforme de l'arbre de la turbine à gaz, vu qu'un refroidissement non uniforme de l'arbre peut causer un fléchissement de ce dernier qui nous mènera a un frottement et des vibrations énormes au démarrages, ce qui sera une catastrophe pour la turbine à gaz.

Nous subdivisons notre mémoire de Master en quatre parties développées sous forme de chapitres :

Le premier chapitre porte sur généralités sur les turbines à gaz ainsi que leurs historiques et quelques définitions de base.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la société de SONATRACH en particulier la section de TFT.

Le troisième chapitre est réservé à la conception de la turbine à gaz qui fait l'objet de l'étude.

Le dernier chapitre présente les principaux résultats obtenus en utilisant l'intelligence artificiel en particulièrement le réseau des neurones.

Une conclusion a été présentée dans la fin de ce manuscrit illustre l'utilité des turbines à gaz ainsi que l'intelligence artificiel.

Chapitre I: généralité sur les turbines à gaz

Chapitre I- Généralités sur les turbines à gaz

I.1.Introduction

Les turbines à gaz font partie des turbomachines définies par Râteau comme étant des appareils dans lesquels a lieu un échange d'énergie entre un rotor tournant autour d'un axe à vitesse constante et un fluide en écoulement permanant. Une turbine à gaz appelée aussi turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenuedans un hydrocarbure.

Selon le type de fluide actif ou fluide moteur, on a une turbine hydraulique, une turbine à vapeur ou une turbine à gaz. Dans ce dernier cas, le fluide moteur le plus fréquemment utilisé provient des gaz de combustion d'un combustible liquide ou gazeux. Selon le type de l'énergie délivrée, les turbines à gaz se répartissent en deux classes : d'une part, les turbomoteurs fournissant de l'énergie mécanique disponible dans un arbre et d'autre part, les turboréacteurs fournissant de l'énergie cinétique utilisable pour la propulsion.

La grande puissance, le bon fonctionnement ainsi que les hautes performances des turbines à gaz font d'elle un des moyens les plus sollicités pour l'entrainement des charges mécaniques.

I.2.Historique des turbines à gaz

Les premières turbines à gaz sont apparues sur le marché à la fin des années 40, elles sont généralement employées dans les chemins de fer et avaient l'avantage de bruler du combustible liquide. La turbine MS 3001 construite par GE (General Electric), ayant une puissance de 4500HP, a été spécifiquement employée pour le service locomoteur.

Les progrès réalisés dans le côté métallurgique, en plus des résultats favorables des recherches approfondies sur la combustion, ont permis des améliorations rapides des performances de ces machines, en terme de puissance, rendement, longévité, ….etc. .

Evidemment, l'augmentation de la température d'entrée à la première turbine a eu comme effet une augmentation du rendement thermodynamique, qui est passé des valeurs inférieures

à 20% dans les premières machines, à des valeurs courantes supérieures à 40% (turbineLM6000) **[2]**.

I.3.Quelques dates de fabrications et développements

1936 : *Première turbine aéronautique britannique* ;

1939 : *Turbine à gaz expérimentale (en cycle fermé) de 200KW par Escher* wiss ;1944 : *Turbine à gaz pour propulsion marine Elliott* ;

1960 : *Général Electrique lance la 5000, la plus répondu des turbines à gaz* ;1975 : *La turbine à gaz dépasse 100MW (modelé 9001Alsthom-Atlantique)* ;

Depuis l'arrivée des nouveaux constructeurs dans le domaine est assez rare, vu le niveau technologique atteint par ces machines.

I.4.Classification des turbines à gaz

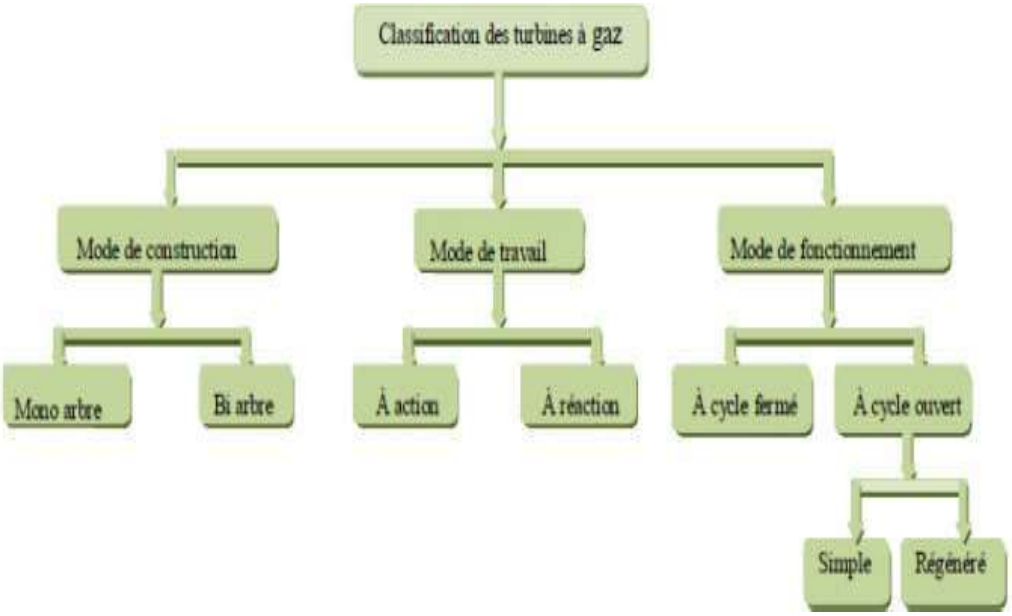


Figure I.1: Classification des turbines du gaz

On peut classer les turbines selon différents points :

a. D'après le mode de construction

Turbine mono-arbre **:** Le compresseur et les sections de la turbine sont montés sur un même arbre ce qui permet de tourner à la même vitesse, ce type est utilisé pour les applications qui n'ont pas besoin des variations de vitesse telle que l'entraînement des génératrices pour production de l'électricité.

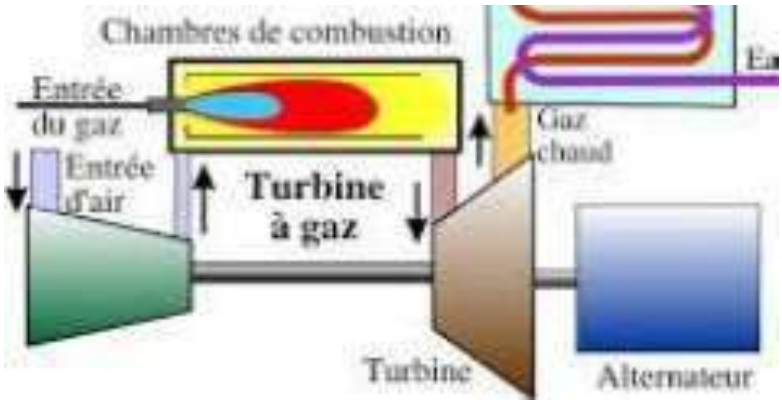


Figure I.2. Schéma d'une turbine à gaz mono-arbre.

- 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, les pompes). Le but des roues turbines non reliés est de permettre aux deux roues de fonctionner à des vitesses différentes pour satisfaire aux exigences de chargevariable de récepteur.

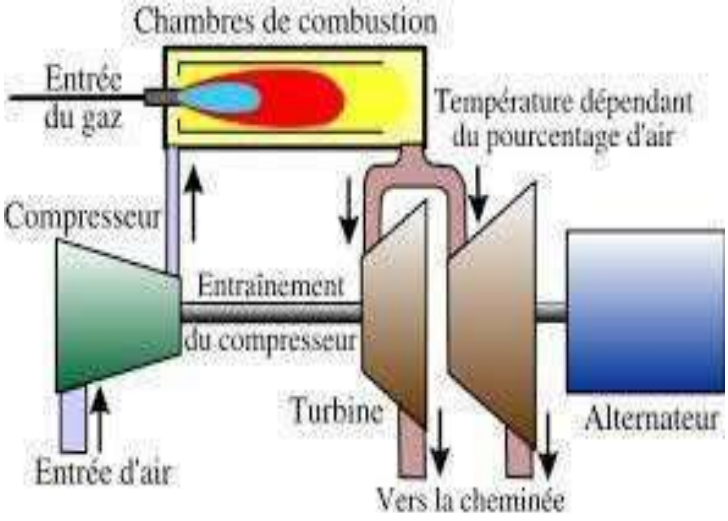


Figure I.3. Schéma d'une turbine à gaz bi-arbre.

b. D'après le mode de travail

On distingue deux types de turbine :

- Turbine à action : Le principe de fonctionnement d'une turbine à action, est que la transformation thermodynamique du fluide se fait uniquement dans la directrices (entre aubages fixes) Les aubes mobiles n'ont qu'un rôle à jouer, c'est de transformer l'énergie cinétique acquise par la détente (p1> p2) en travail mécanique communiqué au rotor. L'évolution des gaz dans la roue se fait sans variation de pression statique (p2 = p3).
- Turbine à réaction : Dans les turbines à réaction, nous savons que la détente se fait aussi bien dans les canaux fixes que dans les canaux mobiles, c'est- à- dire qu'une partie de l'énergie thermique est transformée dans la roue en énergie cinétique et mécanique. L'évolution des gaz dans la roue se fait avec variation de la pression statique p1 > p2 > p3.

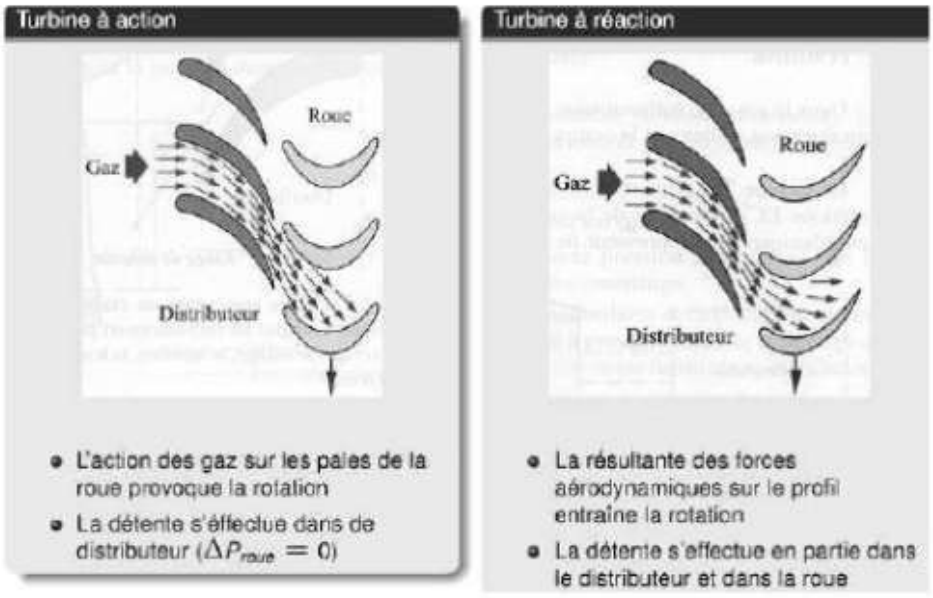


Figure I.4. Schéma d'une turbine à action et une turbine à réaction.

c. D'après 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 **[2]**.

- Turbine à cycle simple : 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.
- Turbine à cycle avec régénération : 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.

I.5.Principaux domaines d'applications

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

Chaque cas d'application d'une turbine à gaz comprend un nombre important de paramètres de définitions spécifiques : type de combustible, durée de fonctionnement par an, températures extérieures extrêmes, montage. Il en résulte qu'une installation de turbine à gaz doit être personnalisée afin de répondre aux conditions d'exploitation envisagées.

Les domaines d'application des turbines à gaz peuvent être devisés en deux catégories :

- Domaines fixes (utilisation industrielle) :
- Entraînement des compresseurs;
- Entraînement des pompes;
- Entraînement des alternateurs.
- Domaines mobiles :
- Pour la traction ferroviaire;
- Pour l'application marine (turbo hélice);
- Pour l'aviation (turbo réacteur).

I.6.Cycle de brayton

a).Cycle thermodynamique d'une turbine à gaz

Le cycle thermodynamique d'une turbine à gaz est connu entant que cycle de Brayton. Ce diagramme est utile pour comprendre plus facilement la signification du cycle thermodynamique **[3]**.

L'étude du cycle thermodynamique décrit réellement dans une turbine à gaz devrait, en toute rigueur, tenir compte de toutes les imperfections des différentes parties de cette machine.

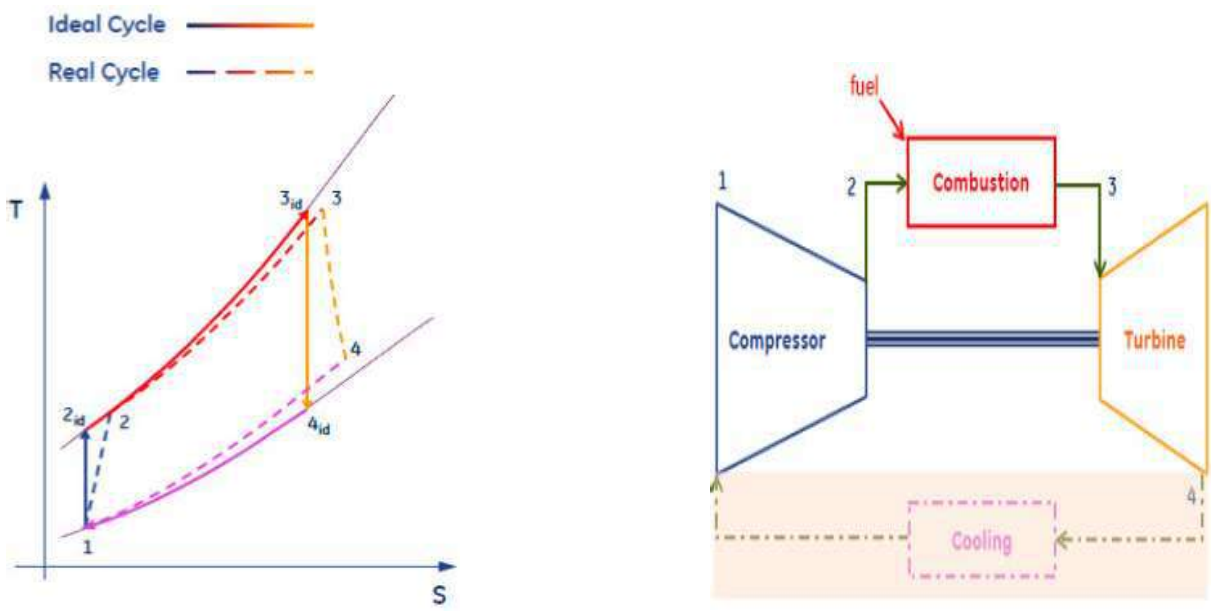


Figure I.5. Schéma de cycle thermodynamique d'une turbine à gaz.

Ce chapitre nous a donné une initiation sur les différentes familles des turbines à gaz, notamment ces différents domaines d'application industrielle, ainsi que l'aspect thermodynamique des turbines à gaz.

Chapitre II: Présentation de l’entreprise de Sonatrach

Chapitre II-Présentation de l'entreprise de Sonatrach

II.1.Aperçu sur la région de TFT

II. 1.1. Historique et situation géographique

La Direction Régionale de Tin Fouyé Tabankort connu sous le nom de TFT est une unité opérationnelle de la Société Nationale SONATRACH (Activité amont, division Production), elle est située dans la partie Nord-Ouest du bassin d'ILLIZI, plus précisément à 260 km au Nord-Ouest de In Amenas et à 450 km de Hassi Messaoud sur la Route Nationale N°3.

Ayant le statut de Sous – District relevant du District de In- Amenas avant le découpage intervenu en 1976 qui a vu naître la Direction Régionale de TFT.

Cependant, la Région de TFT composé de 2 secteurs (nord et sud) occupe le 2ème rang en production d'huile après celui de Hassi- Messaoud, de même le développement du gaz en partenariat entre (Sonatrach, TOTAL, et Repsol) fait de TFT une région gazière importante.

Erreur ! Source du renvoi introuvable.

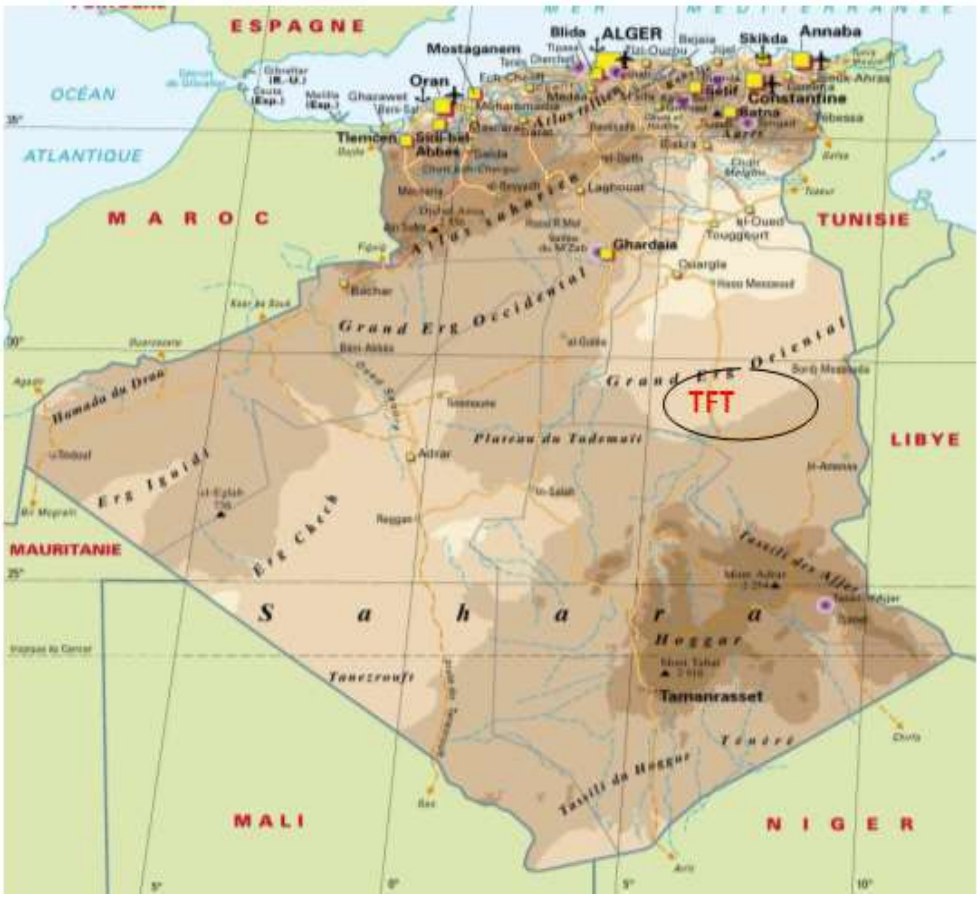


Figure II.1 : position géographie du champs TFT

II. 1.2 Développement

Jusqu'en 1979, la Région de TFT ne comptait comme installation que des centres de séparation d'huile, des bacs de stockage et des pompières d'expédition sur les deux secteurs (Nord et Sud) ainsi que des infrastructures sociales de taille moyenne.

Elle a connu un développement rapide entre 1980 et 1987 avec le réalisation et la mise en service des installations de maintien de pression à savoir :

- Deux unités de production d'eau et une station d'injection.

En 1995 le maintien de pression fut étendu au champ d'Amassak par la réalisation d'une station d'injection implantée au centre de production d'eau TAM/Eau.

- Stations FGL composées :

- De 2 réseaux (Nord et Sud) constitués chacune d'une station principale et d'un Booster.

- D'une unité de traitement et de compression des gaz associés constitué de 2 trains, chacun d'eux se constitue en 2 parties (BP et HP), d'une section de traitement et d'une section de déshydratation.

- D'une centrale électrique composée de 2 turbo générateurs de 18 MW chacun (conditions site) la quelle a connu une extension par l'ajout d'un 3ème turbo générateur de 18 MW dans le cadre du projet Gaz TFT (association).

- Alors que les infrastructures sociales n'ont commencé à se développer qu'à partir de 1996, avec la réalisation d'une nouvelle base de vie composée de :

- 600 chambres toutes catégories confondues.

- D'un complexe VIP (2 villas, 16 studios, un restaurant et une cuisine).

- D'une complexe restauration, Sport et Loisirs.

- D'un réseau routier d'une longueur de 186,1 km.

- D'un aérodrome d'une piste Bitumée, balisée, clôturée et gardée d'une longueur de 1700 mètres.

- D'un réseau de télécommunication composé d'une centrale numérique de 500 lignes interconnecte à un réseau de fibre optique.

Toutes ces réalisations (industrielles, sociales et routières) se sont traduites par une nette amélioration des conditions de vie, de sécurité et de travail pour l'ensemble du collectif.

II. 1.3. Différents gisements de TFT

La Région de Tin FouyéTabankort recouvre une superficie de 4000 km^2, et comporte plusieurs gisements dont :

- Gisement de TFT

Le gisement de TFT découvert en 1967 et mis en service en 1968, se présente comme un anneau d'huile, coiffé d'un important gaz cap, il représente en effet 55% des réserves en place de la région de TFT.

Le maintien de pression est assuré par l'injection d'eau depuis 1981. Ayant 117 puits actuellement exploités en éruptifs et partiellement en GL.

- Gisement de TIN FOUYE

Découvert en 1961, mis en service en 1963, il recouvre une aire de 306 km2 et représente 22 % des réserves en place de la région.

Le réservoir dévonien est exploité par Gaz-Lift, possède 37 puits en exploitation.

-Gisement d'AMASSAK

Situé à 25 km à l'nord- ouest du gisement de TFT, il est découvert en 1970, et fut mis en service en 1974. Constituant le gisement le plus récent, il représente 10% des réserves en place de la Région de TFT et produit en éruptif.

Son Maintien de Pression est assuré par l'injection d'eau depuis 1995.

→ Nombre puits en exploitation : 37

-Gisement de DJOUA

Situé à 30 km au Sud Est de TFT ; Découvert en 1966 ; Mis en production 1968,

Produit par pompage électrique (En totalité)

→ Nombre puits en exploitation : 05

- Gisement de TAMENDJLET

Découvert en 1970 et mis en service en 1974, l'exploitation de son réservoir se fait par GL.

→ Nombre puits en exploitation : 03

-Gisement de HASSI MAZOULA NORD

Découvert en 1958 ; Mis en service en 1965 ; Exploité par un pompage électrique → Nombre puits en exploitation : 02

-Gisement de HASSI MAZOULA SUD

Découvert en 1963 ; Mis en production en 1966 ; Exploité par pompage électrique

→ Nombre puits en exploitation : 04

-Gisement de HASSI MAZOULA

Découvert en 1966 et mis en service en 1967, il recouvre une superficie de 4,4 km2. Ce gisement a connu récemment un développement par forage de 2 puits et produit par pompage électrique.

→ Nombre puits en exploitation: 04

II.2. Direction régionale

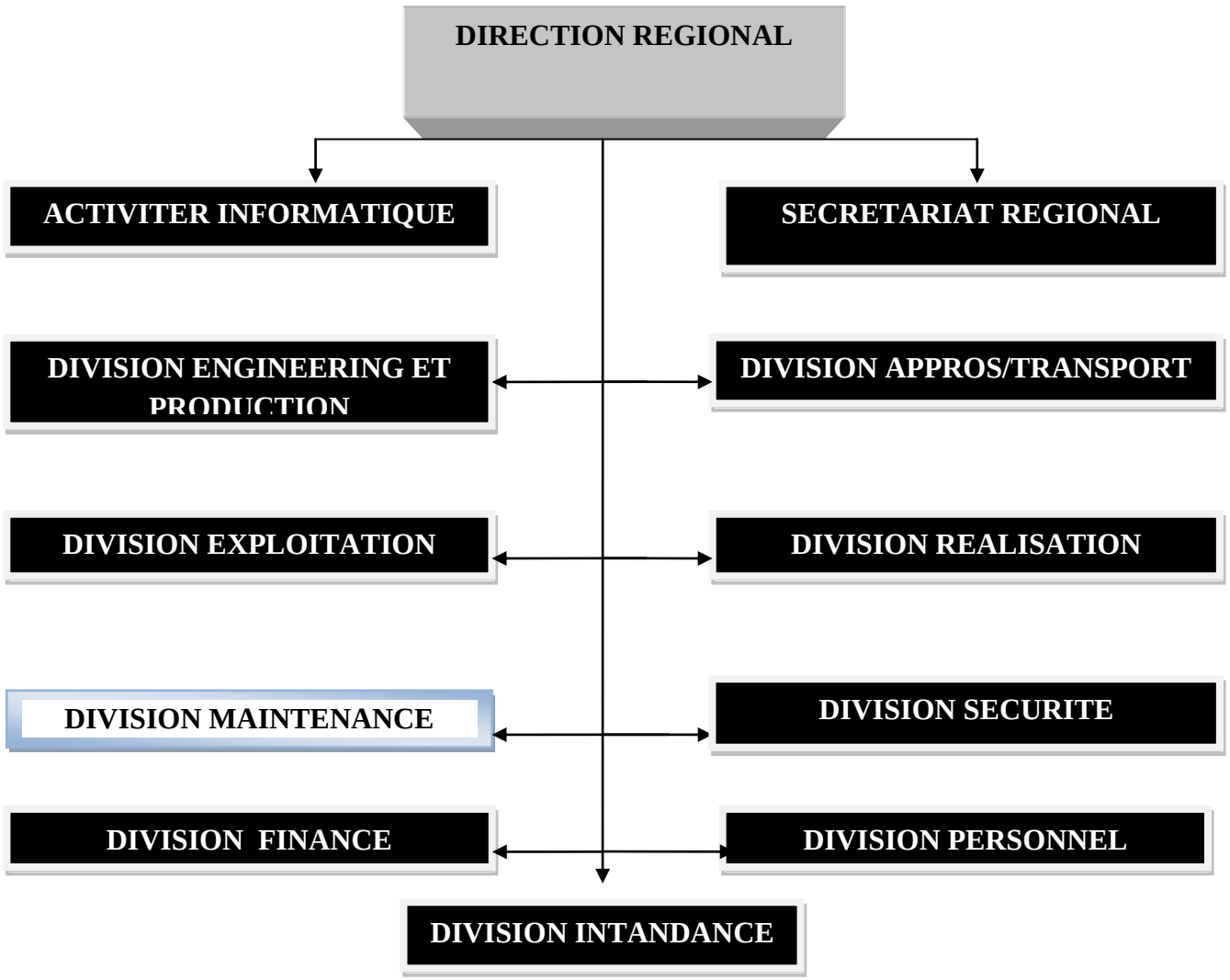


Figure II.2 : Organigramme de la division de production de la DP-TFT

- Ayant effectué notre stage au sein de la division maintenance qui se charge essentiellement de la maintenance des différents équipements et diverses installations de TFT ; divisé en plusieurs services :

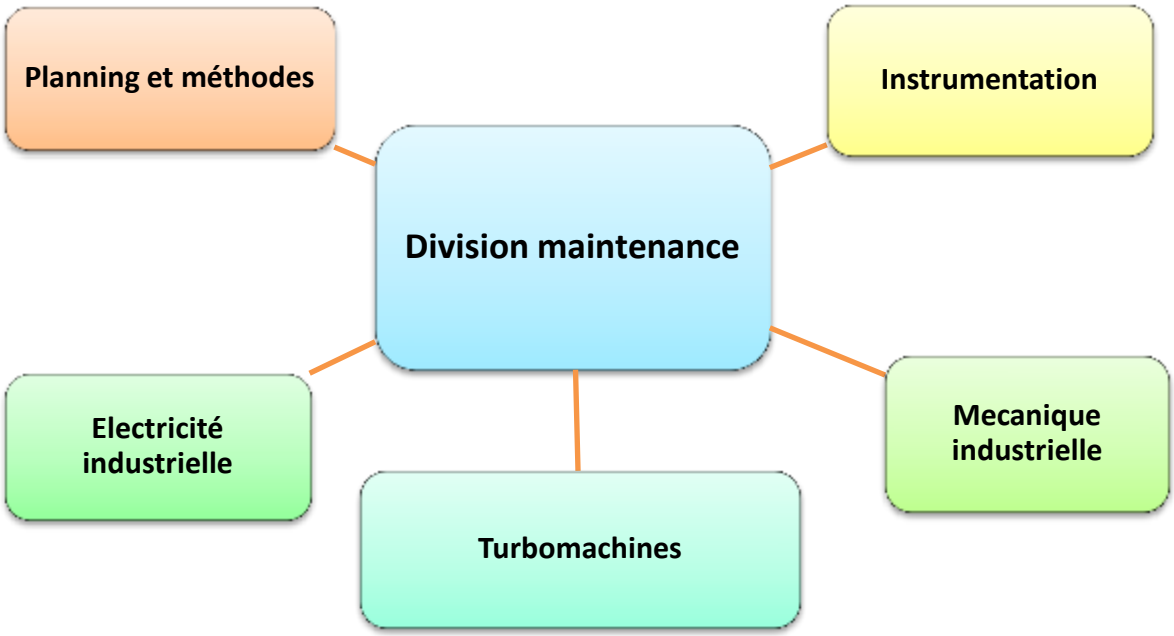


Figure II.3: structure division maintenance

CHAPITRE III :
conception et fonctionnement de la turbine à gaz

Chapitre III- Conception et fonctionnement de la turbine à gaz

III.1. Introduction

Un turboalternateur est composé essentiellement de deux parties différentes, une turbine à gaz et un alternateur qui est relié à la turbine par son axe à travers un réducteur de vitesse. Le domaine d'utilisation des turbines à gaz est vaste, elles sont utilisées dans les usines de pétrochimie, les centrales électriques, les raffineries, les stations de compression et de distribution du gaz. [2]

III. 2. Définition

Une turbine à gaz est une machine motrice à mouvement rotatif et à combustion interne, du fait qu'elle est munie d'un compresseur d'air et des chambres de combustion, elle est en mesure de produire un fluide sous pression à une température élevée, qui se détend dans les étages de la turbine fournissant une énergie mécanique pour entraîner une machine réceptrice. Leur grande importance dans les processus de conversion d'énergie peut être appuyée par la diversité de leur application qui s'étend sur différents domaines. Le choix des turbines à gaz pour ses utilisations variées a été fondé en priorité sur leur souplesse d'emploi, leur fiabilité et leur facilité de maintenance face à leurs concurrents traditionnels, turbines à vapeur et moteurs alternatifs [5].

Les turbines à gaz sont conçues pour différents objectifs, on les trouve dans les industries de pétrole où elles sont généralement employées pour conduire des :

- Compresseurs pour transporter ou réinjecter le gaz vers les puits.
- Générateurs pour produire le courant électrique, comme le cas étudie.
- Des pompes pour transporter le brut ou le condensat.

Du Point de vue mode de construction, on distingue deux types de turbine à gaz :

III. 2. 1. Turbine mono-arbre

Le compresseur et les sections de la turbine sont montés sur un même arbre ce qui permet de tourner à la même vitesse, ce type est utilisé pour les applications qui n'ont pas besoin des variations de vitesse telle que l'entraînement des génératrices pour la production de l'électricité.

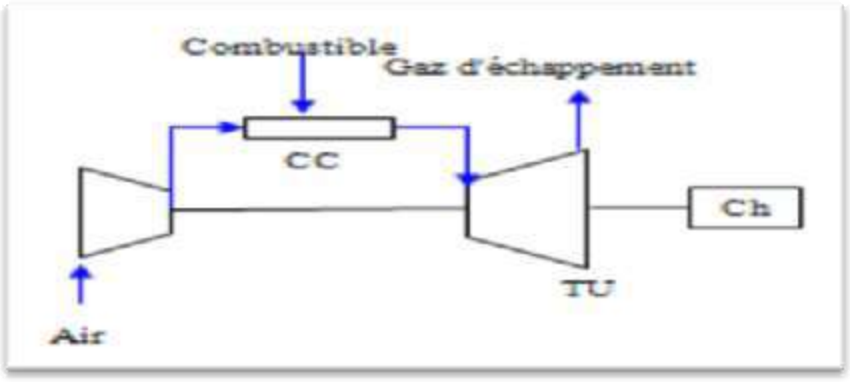


Figure III.1:schéma d'une turbine mono-arbre

III. 2. 2. Turbine bi-arbre

Contrairement à la turbine à gaz, à un seul arbre. Les deux sections de turbine ne sont pas reliées mécaniquement ce qui leur permet de tourner à des vitesses différentes. Ce type est utilisé dans les applications qui demandent une large variation de vitesse telle que l'entraînement des compresseurs.

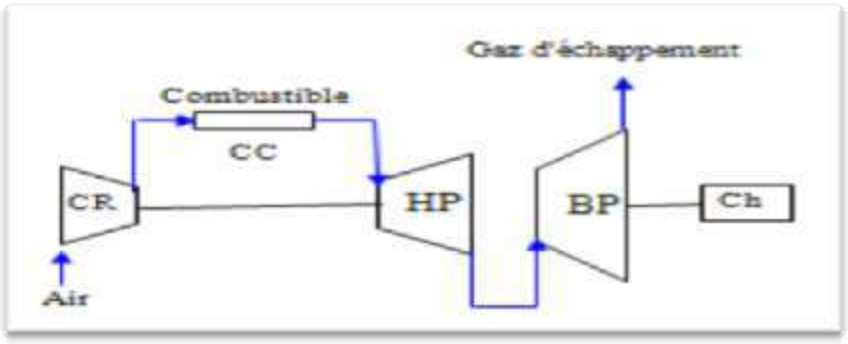


Figure III.2: Schéma d'une turbine bi-arbre

III.3.PARTIE TECNOLOGOQUE DE TAG MS 5001

III. 3.1-Présentation de la turbine à gaz MS5001

La turbine à gaz MS5001 comporte :

- Un compresseur axial de 17 étages;
- Deux roues de détente.

Donc c'est une turbine à gaz à une seule ligne d'arbre et qui tourne à une vitesse nominale de 3600 tr/min.

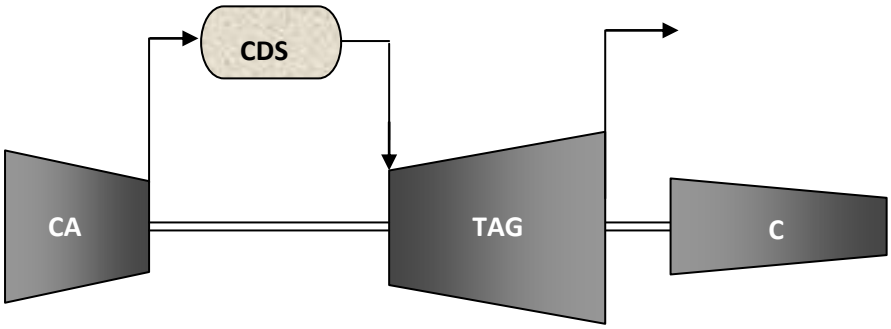


Figure III.3: schéma simplifie d'installation

CA: compresseur axial;

CDC: chambre de combustion;

TAG: turbine haute pression;

C: charge.

III. 3.2. Principe de fonctionnement

Grâce à un système de lancement (démarrage), le rotor de la turbine et lancé à 20% de sa vitesse nominale. Le compresseur axial aspire l'air de l'atmosphère et le refoule dans les chambres de combustion où un apport de combustible permettra de produire un fluide moteur (gaz chaud) à pression constante. Les gaz chauds ainsi produits viennent donc se détendre sur la roue haute pression puis dans la roue basse pression pour s'échapper ensuite dans l'atmosphère.

Donc on produit un travail utile pour entraîner la charge, à partir du même rotor

III. 3.3-Cycle théorique de la turbine

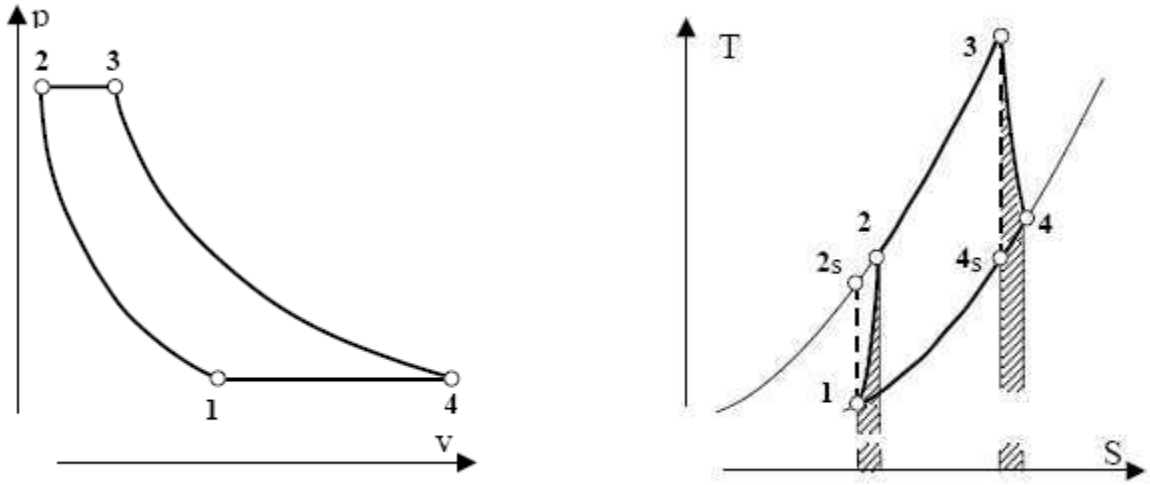


Figure III.4 : cycle de Brayton

1-2: Compression isentropique dans le compresseur;

2-3: combustion (apport de chaleur) dans la chambre de combustion à pression constante;

3-4: détente isentropique dans les roues de la turbine;

4-1: échappement.

III. 3.4-Section principale d'une TAG

III. 3.4.1. Section compresseur

La section compresseur axial comprend le rotor et le corps du compresseur qui comportent (17) étages de compression, les aubes variables de la directrice et deux déflecteurs de sortie.

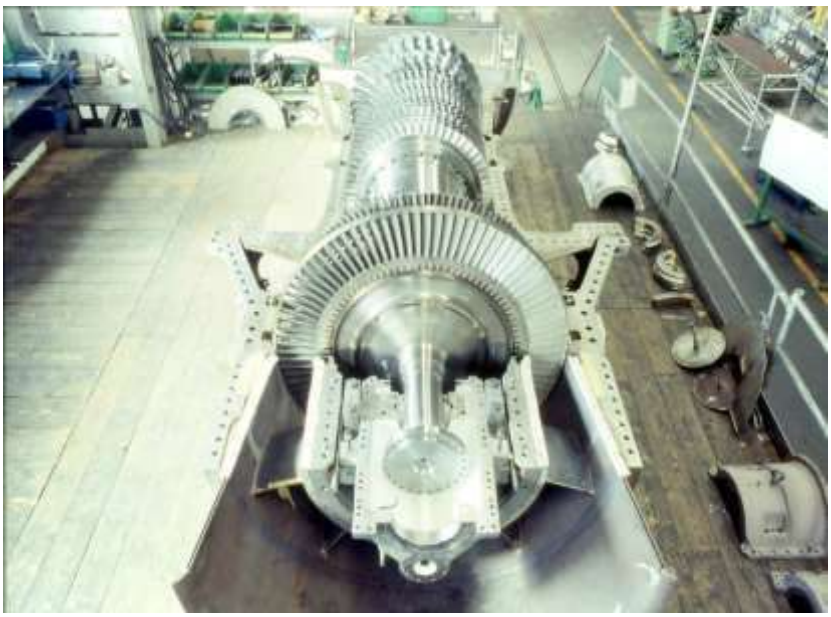
Dans le compresseur, l'air est comprimé par une série d'aubes du rotor qui donnant la force nécessaire, pour comprimer l'air à chaque étage de la compression et les aubes du stator guident l'air, pour le faire pénétrer dans l'étage successif du rotor.

Les aubes du rotor sont insérées dans des rainures et maintenues dans une position axiale par l'empilage et le bouclage au bout des rainures. Les disques et le demi arbre sont assemblés pour maintenir la conicité, ils sont maintenus par des tirants. Dans la section compresseur la partie stator (corps du compresseur) est composée de quatre éléments principaux qui sont:

- **Corps coté aspiration du compresseur :** qui se trouve à la partie avant, sa fonction est de diriger l'air de façon uniforme vers le compresseur, il porte le premier palier du stator.

- **Corps partie avant du compresseur:** contient les quatres premiers étages du stator, il transmet également les charges de structure qui viennent du corps adjacent vers le support avant.
- **Corps partie arrière du compresseur:** contient les derniers étages du stator, les orifices d'extraction prévus dans ce corps permettent de prélever l'air au niveau de dixième étage du compresseur, cet air est employé pour refroidir et également assurer des fonctions d'étanchéité et contrôler les pulsations au démarrage et à l'arrêt..
- **Corps du compresseur coté refoulement:** c'est l'élément final de la section compresseur, c'est la pièce coulée la plus longue, elle est située à mi-chemin entre les supports avant et arrière, sa fonction est de contenir les sept derniers étages de compression et forme avec la paroi intérieure et extérieure le diffuseur du compresseur qui relie les stators du compresseur et de la turbine, ce corps porte le deuxième palier de la turbine.

Le rotor fournit de l'énergie cinétique à l'air, dans le stator l'énergie cinétique se transforme en énergie de pression. Ce passage est nécessaire par le fait d'avoir une compression dans la pression de sortie supérieur à la pression d'entrée, ainsi qu'une conservation de débit, pour ne pas perturber le fonctionnement et éviter le pompage du compresseur.



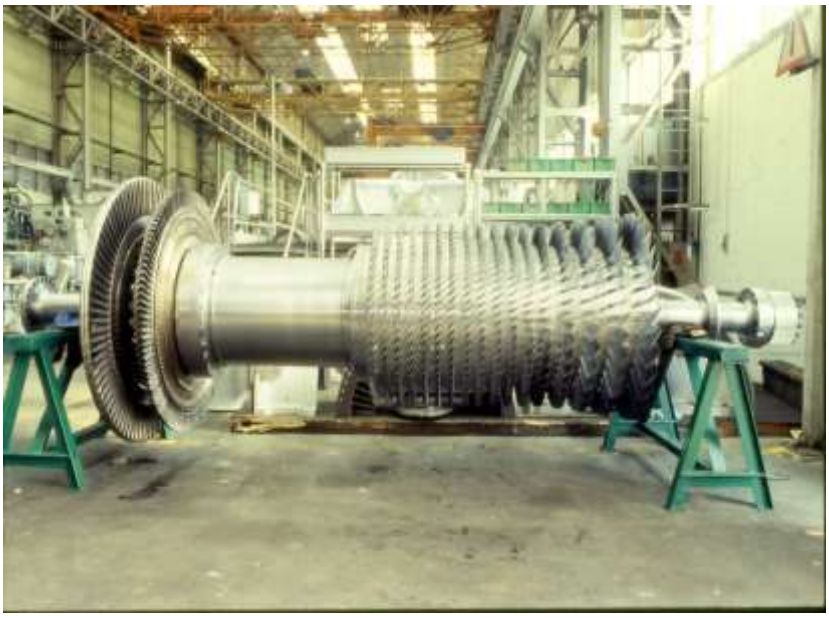


Figure III.5: Rotor du compresseur de la turbine à Gaz MS 5001

III. 3.4.2-Section combustion

La section combustion de la turbine à gaz MS5001 comporte l'enveloppe de combustion qui est composée de dix corps de combustion extérieure, dix ensemble chapeau et chemise de combustion, dix ensemble de pièces de transition et dix injecteurs de combustible, deux bougies d'allumage, quatres détecteurs de flamme, dix tubes à foyer et divers garnitures.

L'enveloppe de combustion est un élément soudé entourant la partie arrière du corps de refoulement du compresseur et recevant l'air de refoulement du compresseur à flux axial. Le combustible est envoyé dans chaque chemise des chambres de combustion par un injecteur de combustible monté dans le couvercle de cette dernière et pénétrant dans la chemise. Lorsque l'allumage se produit dans les tubes foyer, ils vont allumer le mélange air combustible des autres chambres.

A. Enveloppe de combustion

L'enveloppe de combustion soutient les dix corps de combustion qui referment les dix pièces de transition, c'est une enceinte soudée qui reçoit l'air de refoulement du compresseur à flux axial, l'enveloppe est montée dans la partie arrière du refoulement du compresseur.

B. Corps de combustion

Les brides arrière des dix corps de combustion sont montées sur la surface verticale avant de l'enveloppe de combustion avec chaque corps par les tubes foyer. Les ensembles chapeau -

chemise se trouvent à l'extérieur de chaque corps. Les injecteurs de combustibles montés dans les couvercles du corps de combustion pénètrent dans les chambres et assurent l'alimentation en combustible.

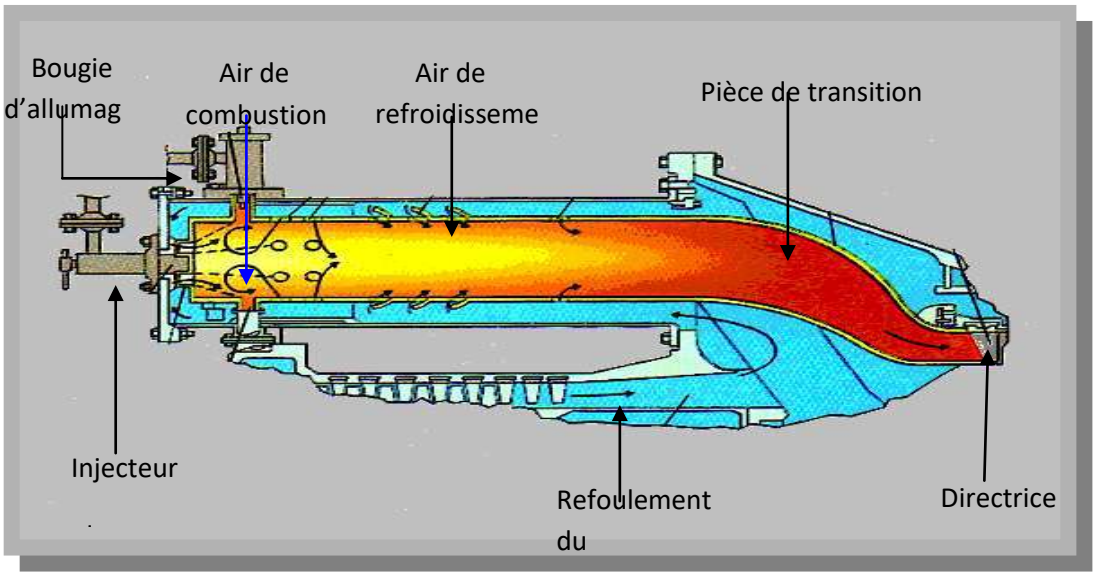


FIGURE III.6: CHAMBRE DE COMBUSTION

C. Le rôle de la chambre de combustion

Le rôle de la chambre de combustion c'est de fournir la quantité de chaleur nécessaire pour le cycle de la turbine à gaz, les formes des chambres de combustion sont étudiées pour remplir les conditions suivantes:

- La durée de vie la plus longue possible.
- Avoir un encombrement minimal.
- Garantir un bon allumage et une stabilité de la flamme.
- Assurer une combustion la plus complète possible.
- Eviter le dépôt de carbone sur les brûleurs et les parois, ainsi que des fumées.
- Réduire les pertes de charges.

D. Bougie d'allumage

Le déclenchement de la combustion du mélange combustible est assuré par les bougies d'allumage avec électrode rétractive. Deux bougies sont installées dans chacune des deux

chambres de combustion (9et10) et reçoivent l'énergie de transformateur d'allumage, les autres chambres sont allumés à travers les tubes d'interconnections.

E. Détecteur de flamme ultraviolette

Pendant la séquence de lancement il faut envoyer une indication de présence ou absence de flamme au système de commande, pour cette raison un système de contrôle de flamme est utilisé.

Le capteur de flamme est sensible à la présence des radiations « ultraviolet » émises par la flamme aux hydrocarbures

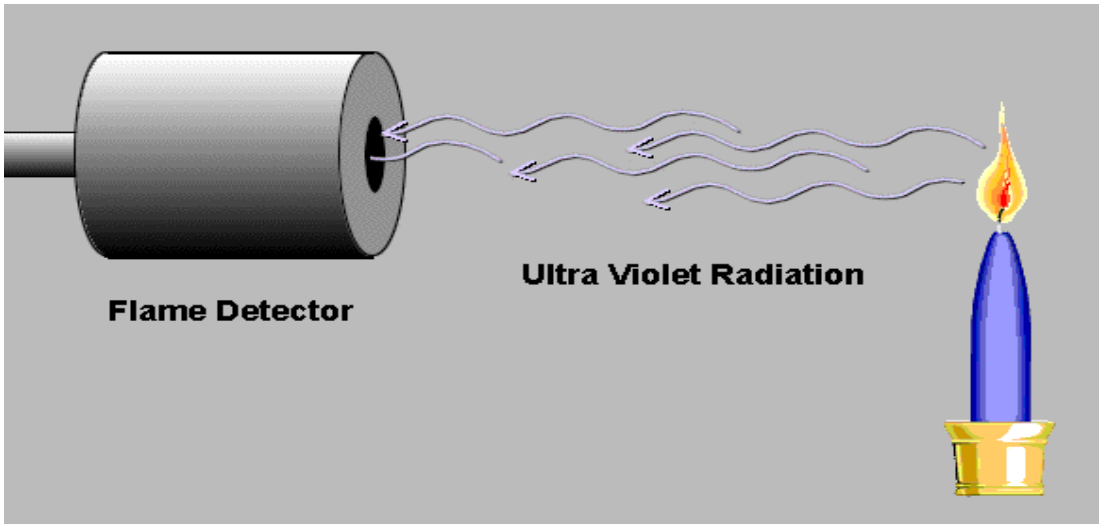


Figure III.7: Détecteur de flamme

III. 3.4.3-Section turbine

La section turbine comprend le corps rotor de la turbine (enveloppe de la turbine), l'aubage directrice du premier étage, les deux roues de la turbine, l'ensemble diaphragme, ensemble d'étanchéité.

Le stator de cette section est en deux parties, séparées par un plan de joint médian horizontal afin de faciliter l'entretien. Le corps de la turbine contient les ensembles suivants qui établissent un chemin au flux de gaz à partir des chambres de combustion à travers des roues de la turbine vers le cadre d'échappement : la directrice.

A. Directrices

Ils sont supportés dans la veine de gaz par un dispositif de fixation prévu dans le corps de la turbine. L'air refoulé par le compresseur à partir des enveloppes de combustion vient dans l'anneau support de retenu des aubes creuses de la directrice, pour s'échapper par les trous

d'extraction dans la veine de gaz vers l'échappement. Ce flux d'air permet le refroidissement des aubes de la directrice.

B. Roue de turbine

Il existe trois roues solidaires dans cette turbine à gaz, sur le même arbre avec le compresseur axial,

III. 3.4.4. Systèmes auxiliaires principaux

Les systèmes auxiliaires d'une turbine à gaz sont très importants, car la continuité de service et la durée de vie de la turbine dépendent en grande partie de leurs caractéristiques de précision, rapidité et leurs temps de réponse.

A. Système d'admission

Le système d'admission d'une turbine à gaz a pour but de diriger l'air de combustion dans la section d'admission du compresseur axial afin de garantir:

Le degré de filtration pour le fonctionnement correcte du compresseur et de la turbine dans les limites des conditions ambiantes existantes de l'installation.

Un débit d'air régulier vers la section d'admission du compresseur, et donc un fonctionnement fluide - dynamique régulier de ce denier.

Le système d'admission comprend les éléments principaux suivants: filtre d'admission, conduite, silencieux, coude, caisson d'admission et accessoires. L'air entre dans le filtre, traverse la conduite, le silencieux, le coude et le caisson d'admission et enfin le compresseur.

La configuration interne du filtre choisi, le degré d'insonorisation obtenu dans le silencieux et la géométrie du coude est toute des facteurs qui influencent sur la résistance rencontrée par l'air qui traverse tous ces éléments.

La chute de pression provoque une réduction du dépit massique de l'air, qui a comme conséquence la baisse de la puissance et l'accroissement de la consommation spécifique

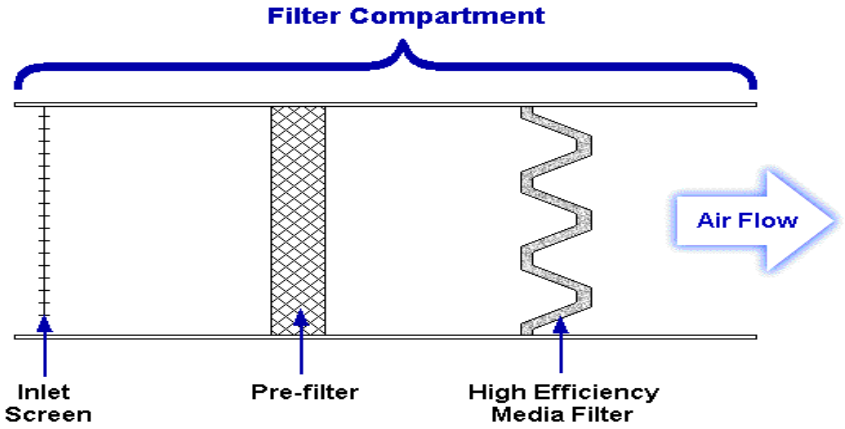


Figure III.8: Filtre à air

B. Système de lancement

Une turbine de démarrage fait lancer la machine jusqu à 22% de la vitesse nominale en l'espace d'une minute, elle se stabilise à 20% pendant deux minutes. Le temps d'effectuer le balayage et l'alimentation de notre circuit de gaz, cette phase dure jusqu à 6 minutes. La température Tmax à l'échappement est légèrement augmenté, le VCE est égale à zéro, tandis que les aubes de la directrice présente une ouverture de15°, il convient que les conditions soient vérifiées et la lampe pré allumage soit allumée, dans ce cas on pourra appliquer le signal de démarrage de la turbine, c'est le moment où les bougies d'allumage produisent des étincelles et que le VCE atteint simultanément la valeur d'après chauffage et il reste pendant une minute. A ce moment l'accélération commence, le VCE est appelé à monter selon une rampe préétablie à la température et la vitesse de la turbine relevée jusqu à 50% de son allure, les aubes de la directrice demeurent en position d'ouverture maximale dans l'intervalle entre 50 et 60% de la vitesse nominale, l'arbre dégage la turbine de lancement et la turbine à gaz entre dans la phase d'auto maintien ainsi, le VCE et la température diminueront tandis que la vitesse augmente, ainsi la séquence de l'arbre à 50% de la vitesse nominale.

C. Système d'échappement

La section d'échappement comporte l'ensemble du cadre d'échappement et la chambre d'échappement. L'ensemble cadre d'échappement est une structure principale faisant partie de la turbine à gaz. Il sert de support aux ensembles suivants:

Le palier arrière, l'ensemble des tuyauteries d'huile de graissage et de vidange, les tuyauteries pour le refroidissement de la turbine, les tuyauteries pour l'air d'étanchéité, des labyrinthes de palier, les segments de la turbine.

La chambre d'échappement est une structure rectiligne en forme de boite dont laquelle les gaz d'échappement sont déchargés et diffusés. A partir de cette chambre les gaz sont conduits vers l'atmosphère, la chambre d'échappement est située à l'extrémité arrière du socle de la turbine.

D. Socle support et paliers de la turbine

Il existe un socle turbine et le socle des accessoires, d'une part il supporte la turbine d'autre part il sert de surface de montage pour l'entrée et l'échappement ainsi comme réservoir pour l'huile de graissage.

La turbine soutenue sur le socle par deux plaques des supports souples, l'une se trouve sous la caisse d'admission l'autre sous la caisse d'échappement.

La turbine à gaz comporte deux paliers principaux, qui supportent le compresseur et le rotor de turbine.

E. Réducteur

Accouplé directement au rotor de la turbine et il est utilisé pour entraîner les divers auxiliaires, il est placé sur le socle des auxiliaires et comprend le train d'engrenages nécessaire, à permettre une réduction de vitesses désirées. Les accessoires entraînés par le réducteur auxiliaire, sont la pompe hydraulique principale ainsi que la pompe à huile de graissage principale.

F. Vireur hydraulique

Le vireur hydraulique est monté sur le sommet de réducteur des auxiliaires, il est utilisé pour faire tourner le rotor de la turbine pendant le refroidissement à l'arrêt, pour virer la turbine si nécessaire pour faire une inspection et d'aider le dispositif de démarrage dans le décollement de la turbine.

Le vireur comprend un cylindre avec piston, un engrenage à pignon et embrayage à renvoie. Lorsque le piston du cylindre est entraîné dans la course motrice, la turbine est programmée dans le pignon à travers l'embrayage à une voie, ce qui permet au pignon de tourner sans programmer la turbine.

G. Système de l'embrayage de lancement:

Le système comprend l'embrayage à mâchoire, la fin de course et deux cylindres hydrauliques. Ces cylindres ont pour effet d'enclencher l'embrayage par la vanne d'ensemble d'auto-commande séquentielle hydraulique, alors que les dispositifs de démarrage fournissent un couple à la turbine. Lorsque la turbine renvoie le couple, à travers l'embrayage, au dispositif de démarrage, l'embrayage déclenche et la fin de course envoie un signal logique au speed tronic pour mettre la procédure d'arrêt des dispositifs de démarrage.

H. Système de combustible gazeux

Le système de combustible gazeux est étudié pour envoyer le combustible gazeux aux chambres de combustion de la turbine à la pression et aux débits appropriés pour satisfaire à toutes les exigences de lancement, accélération et montée en puissance de la turbine. L'élément principal du système de combustible gazeux est l'ensemble vanne de commande et arrêt/détente gaz situé dans la zone accessoire, Avec cette vanne il y a aussi les servo vannes de commande, les manomètres et la tuyauterie de distribution aux injecteurs de combustible.

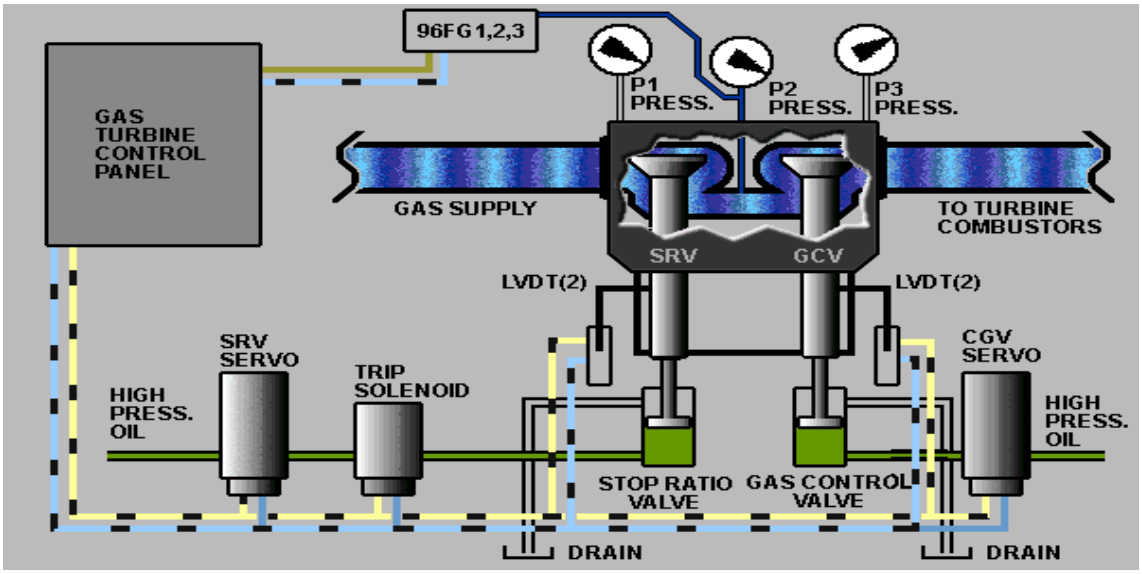


Figure III.9: Système de combustible gazeux

I. Système d'huile de graissage

La turbine à gaz est graissée par un système sous pression en boucle fermée, comprenant un bac à huile, des pompes, des échangeurs de chaleur (réfrigérant huile), filtres, vannes et des dispositifs divers qui contrôlent et protègent le système. L'huile de graissage venant du système circule jusqu' à atteindre les paliers principaux de la turbine, les accessoires et les équipements de charge entraînés. L'huile pour le système d'alimentation hydraulique, le système huile de commande et le système des dispositifs de lancement vient aussi de cette source.

J. Pompes d'huile de graissage

Trois pompes d'huile de graissage sont utilisées dans le système d'huile de graissage, la pompe principale montée et entraînée par le réducteur auxiliaire, la pompe auxiliaire entraînée par un moteur en C.A vertical et la pompe de secours entraînée par un moteur en C.C vertical. Les pompes auxiliaires et de secours sont montés sur le couvercle du bac à huile.

K. Système d'alimentation hydraulique

Le fluide hydraulique nécessaire pour le fonctionnement des composants de commande du système de combustible de la turbine à gaz, est fourni par le système d'alimentation hydraulique. Ce fluide fournit les moyens pour l'ouverture ou la remise à zéro de la soupape d'arrêt du combustible, ainsi pour les aubes directrices variables de la turbine et les dispositifs de déclenchement hydraulique et de protection de la turbine.

Les principaux composants du système comprennent la pompe d'alimentation hydraulique principale, une pompe d'alimentation auxiliaire.

L. Système d'huile de contrôle et de déclenchement

Les systèmes de protection de la turbine à gaz sont représentés par des systèmes primaires et secondaires, plusieurs desquels sont actifs lors de tout démarrage ou arrêt normal. Les autres systèmes et composants ne sont réservés qu'aux conditions de fonctionnement anormal et d'urgence, qui commandent l'arrêt de la turbine. Certains de ce système de protection et leurs composants fonctionnent à travers un cadre électrique de contrôle de la turbine (système de contrôle SPEED TRONIC), tandis que les autres systèmes fonctionnent directement sur les composants de la turbine, de façon tout à fait indépendante du cadre électrique du contrôle de la turbine. Le système d'huile de déclenchement hydraulique est l'interface primaire de protection entre le cadre de contrôle de la turbine et les composants de la turbine qui laissent entrer ou arrêter le flux du combustible dans la turbine elle-même.

M. Système d'air de refroidissement et d'étanchéité

L'air est utilisé pour refroidir les différentes parties de la section de la turbine, pressuriser les joints d'huile des paliers dans la turbine à gaz. L'air est obtenu du compresseur axial et de l'air d'environnement où la turbine à gaz se trouve. Les parties de la section de la turbine qui sont refroidies à l'air sont:

- Roues de la turbine;
- La directrice du premier étage;
- Le carter du rotor de la turbine;
- Les entretoises de support du cadre d'échappement et déflecteur d'addition, les tubes à flamme de la chambre de combustion, les coudes et les pièces de transition sont projetés pour utiliser l'air de combustion (air comprimé), pour un refroidissement efficace de ces parties.

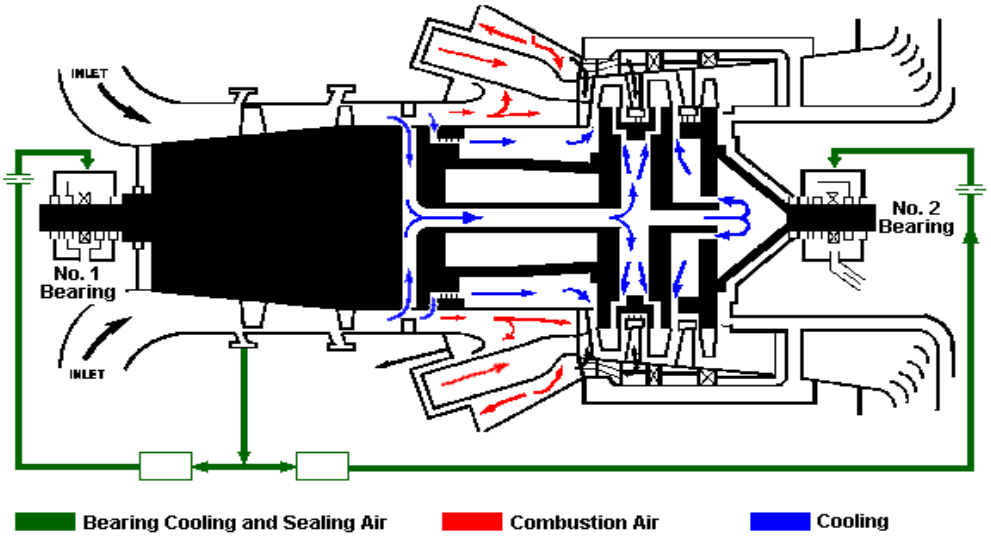


Figure III.10: Circuit d'air d'étanchéité et de refroidissement

N. Système de contrôle, régulation et protection

Le système de contrôle, de régulation et protection exécute un nombre de fonctions dont le but est d'assurer le fonctionnement correcte de la turbine à gaz, conformément à ses nécessités.

Pour exécuter ces fonctions, le système gère un série de paramètres sous forme de signaux d'entrée-sortie reçus de la turbine, et envoyés ces signaux à celle-ci par des éléments d'interface " des boites de jonction et des plaques à bornes", où convergent les signaux de commande de l'instrumentation de la machine (transducteur de pression, transmetteur de position de la vanne de combustible, thermocouple, détecteurs de flamme, …etc.), et les signaux arrivant du système de contrôle et de protection de toute l'installation.

Le tableau de commande est divisé dans les sous-ensembles suivants:

- Système de mise en séquence et de contrôle.
- Système de protection.

Dans ces systèmes, le tableau de commande remplit les fonctions primaires suivantes:

- Il contrôle le débit de combustible et le fonctionnement des auxiliaires pendant le démarrage, l'arrêt, l'arrêt d'urgence et le refroidissement.
- Il synchronise et met sous tension le générateur de réseau.
- Il contrôle les émissions de combustible et d'échappement pendant le fonctionnement.
- Il commande tous les systèmes protecteurs en cas des défauts et défaillance.

- Il enregistre toutes les fonctions de la turbine à gaz et de ses auxiliaires avec mémorisation de l'historique.

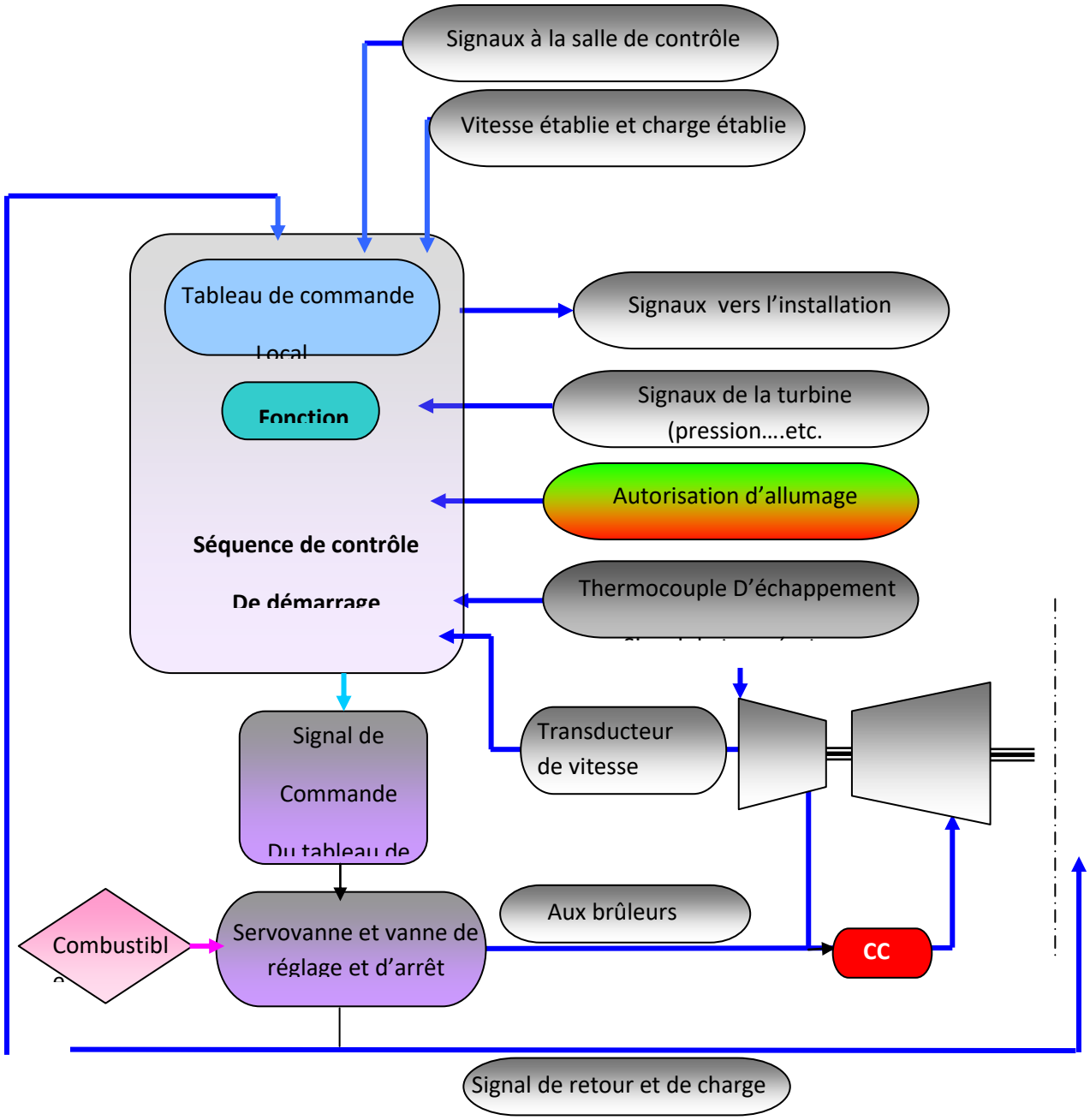


Figure III.11: Schéma fonctionnel du système de contrôle, mise en séquence et protection

O. Dispositifs anti - pompage

- Laminage à l'admission du compresseur

Pour éviter les fluctuations (variations) du débit en régime lent (basse vitesse de rotation), la première rangée d'ailettes est réalisée d'une manière à pouvoir réduire la section de passage de l'air. Un vérin hydraulique actionnant les aubes variables du premier étage permet de réduire le débit en les positionnant en ouverture minimale.

- Vanne anti - pompage

En plus de laminage à l'aspiration du compresseur axial, le 10^{ieme} étage est relié à l'atmosphère par des purgeurs appelés souvent "vanne anti-pompage(VAP)", ces derniers permettent d'envoyer vers l'atmosphère une partie de l'air qui est véhiculé par le compresseur axial afin d'éviter toutes pulsations de débit.

Chapitre IV: Résultats et discussions

Chapitre IV- Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Pour étudier les performances des turbines à gaz, nous avons collecté une base de données regroupe certains paramètres de fonctionnement via la société des hydrocarbures Sonatrach. Les données collectées sont traité par un logiciel d'approximation avant de les utiliser dans notre projet. L'intelligence artificiel en particulier le réseau des neurones a été utilisé sous le logiciel du MATLAB pour établir une relation entre les entrés et les sorties afin d'optimiser certains paramètres de le turbine à gaz.

IV.2. Base des données

La base consiste à mettre au point les données réels afin d'optimiser les paramètres de fonctionnement de la turbine. Le tableau IV.1 et IV.2 illustrent les données de l'entrée et de sortie de la turbine.

Température ambiante (°C)	-5	15	45	50
Humidité relative (%)	50	20	20	20
Pression atmosphérique (bar)	0,9334	0,9334	0,9334	0,9334
Débit massique (kg/s)	125,4	125,4	125,4	125,4
Pression de gaz à l'arrivée (bar)	11,5	11,5	11,5	11,5
Température de gaz à l'arrivée (°C)	25	25	26	27
Température d'échappement (°C)	505	520	537	540

Tableau IV.1: les données de fonctionnement

Puissance (kw)	27270	26800	18380	17500
Rendement	0,24	0,28	0,18	0,22
Vitesse de rotation (tr/mn)	5100	5100	5100	5100

Tableau IV.2: Les données de sorties

Puissance (MW)	Rendement
27,27	0,2456
27,26	0,2536
27,24	0,2635
27,23	0,2745
27,20	0,2765
26,80	0,28
26,50	0,284
26,40	0,29
26,10	0,295
18,38	0,18
18,20	0,19
18,15	0,195
18	0,20
17,50	0,22
17,40	0,225
17,30	0,23
17,20	0,228
17,00	0,265

Tableau IV.3: Les valeurs du rendement associé à la puissance

IV. 3. Prédiction de la puissance de la turbine

Paramètres de réseaux de neurones	Valeurs et nomination dans Matlab
Nombre de couche d'entrée	8
Nombre de couche de sortie	1
Taille du calque caché	15
Fonction d'entraînement	trainscg
Mode de division	Sample
Fonctions divisionnaires	Dividerand
Fonctions de performances	Mse
Taux d'entraînement	70/100
Taux de validation	15/100
Ratio de test	15/100
Erreur après apprentissage	0.001
Époques de train	1000

Tableau IV.4:Valeurs des paramètres d'entraînement utilisées dans le modèle de réseaux neuronaux pour prédire la puissance

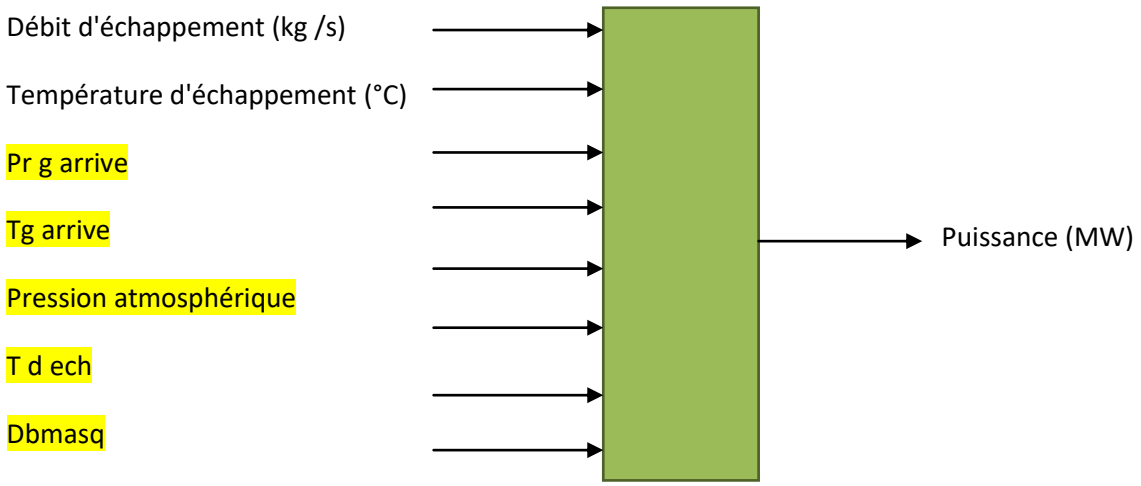


Figure IV.1: Architecture de réseaux de neurones utilisée pour prédire la puissance

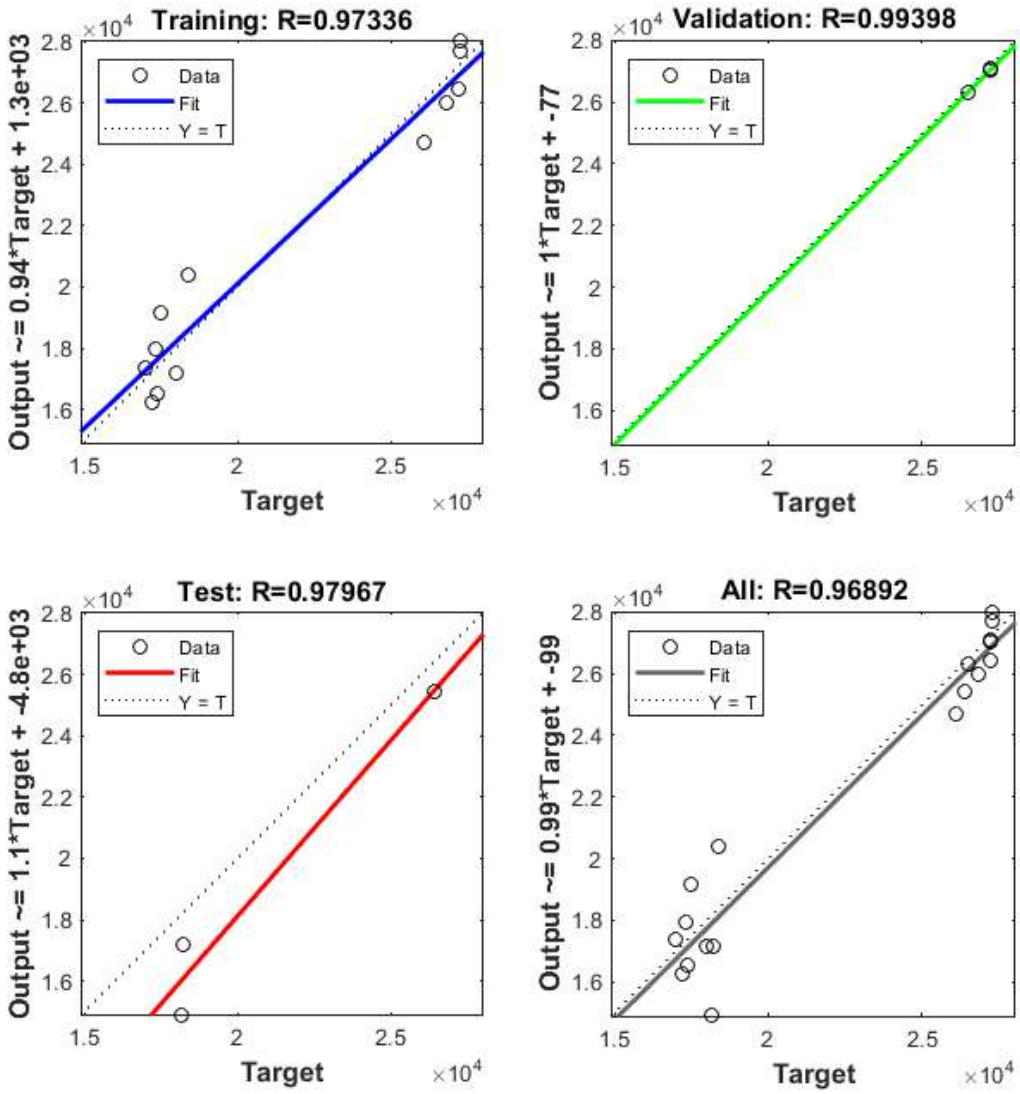


Figure IV.2: Comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de puissance en fonction du température atmosphrique pour l'ensemble de données, (a) formation, (b) validation, (c) test et (d) tous

Un coefficient de corrélation de R = 0,96892 illustré à la figure 2 a été obtenu entre les valeurs prédites et expérimentales selon les données présentées dans le tableau 1 , qui sert à étudier l'effet du condition atmosphériquie qui représenté dans a fig1sur la puissance de turbine. La valeur d'erreur moyenne totale obtenue entre les résultats expérimentaux et prédits de la puissance 1.3549 %. La valeur de cette erreur est très faible et indique que la capacité du modèle proposé est très bonne pour la prédiction de la puissance du turbine

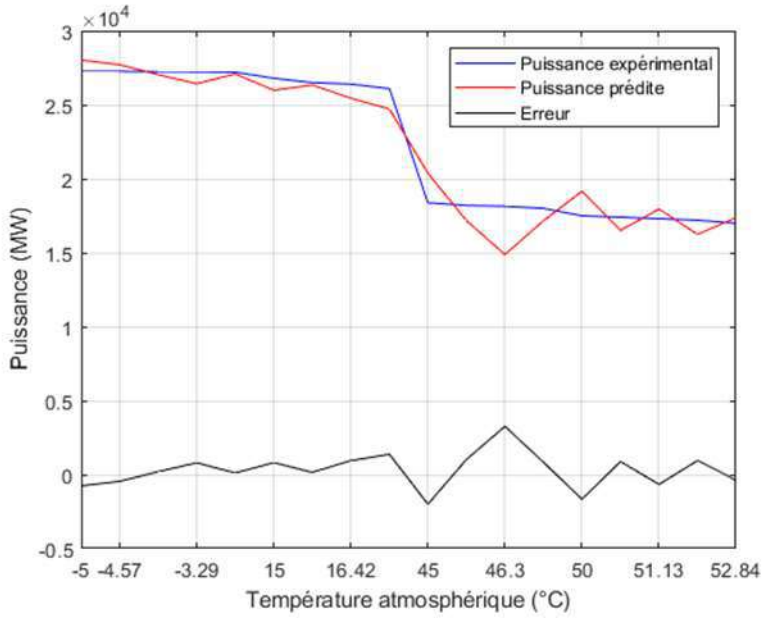


Figure IV.3 : comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de puissance et la valeur d'erreur calculée en fonction de la température atmosphrique

La Fig. 3 – montre une comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de puissance et la valeur d'erreur calculée en fonction de la température atmosphrique , les deux courbes présentent même allures et quelques fluctuations. L'écart noté entre les deux courbes n'a pu dépasse 5 %

IV. 4. Prédiction du rendement de la turbine

Paramètres de réseaux de neurones	Valeurs et nomination dans Matlab
Nombre de couche d'entrée	8
Nombre de couche de sortie	1
Taille du calque caché	15
Fonction d'entraînement	trainscg
Mode de division	Sample
Fonctions divisionnaires	Dividerand
Fonctions de performances	Mse
Taux d'entraînement	70/100

Table IV.4: Valeurs des paramètres d'entraînement utilisées dans le modèle de réseaux neuronaux pour prédire le rendement

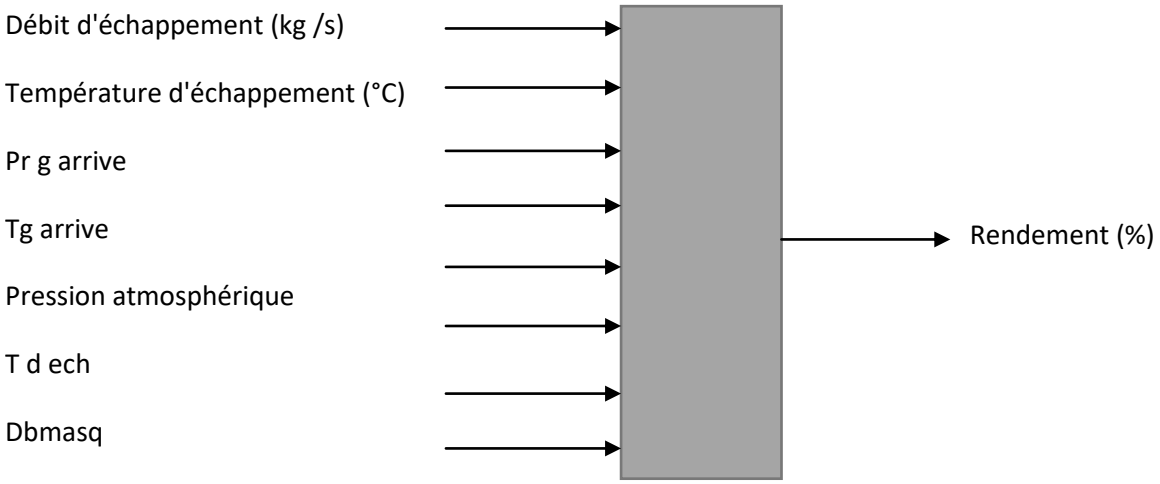


Figure IV.4: Architecture de réseaux de neurones utilisée pour prédire le rendement

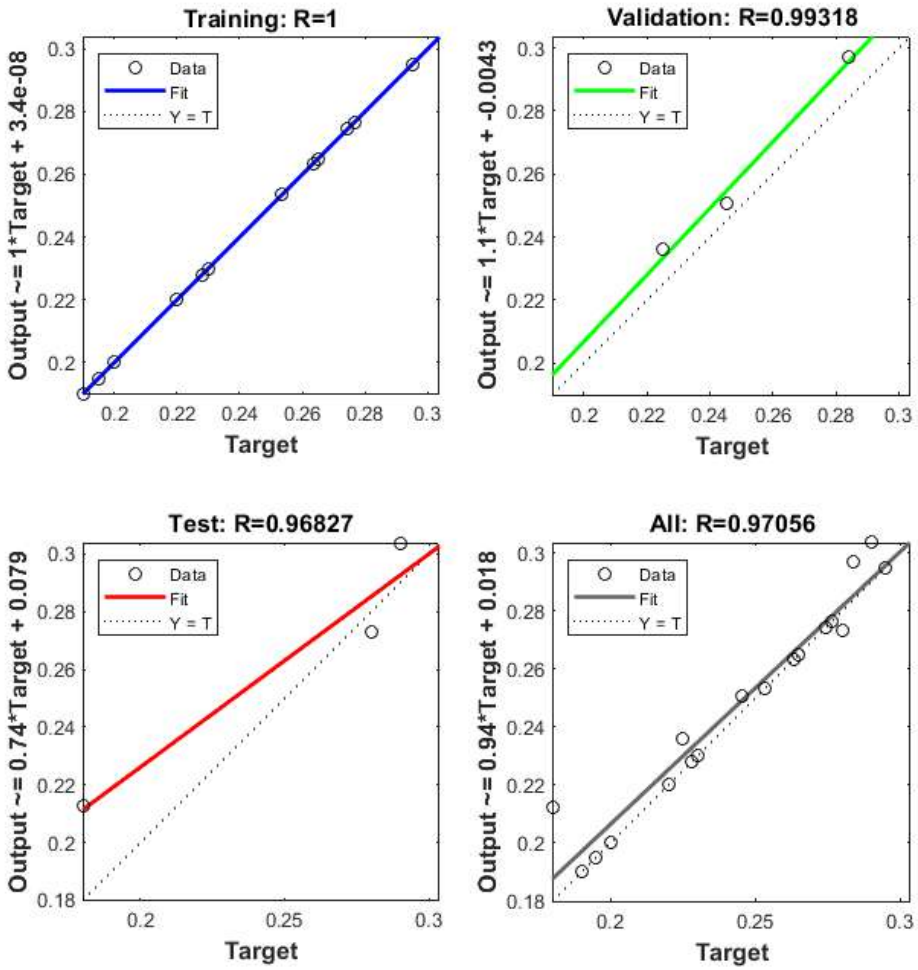


Figure IV.5: Comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de rendement en fonction du température atmosphrique pour l'ensemble de données, (a) formation, (b) validation, (c) test et (d) tous

Err=-1.401

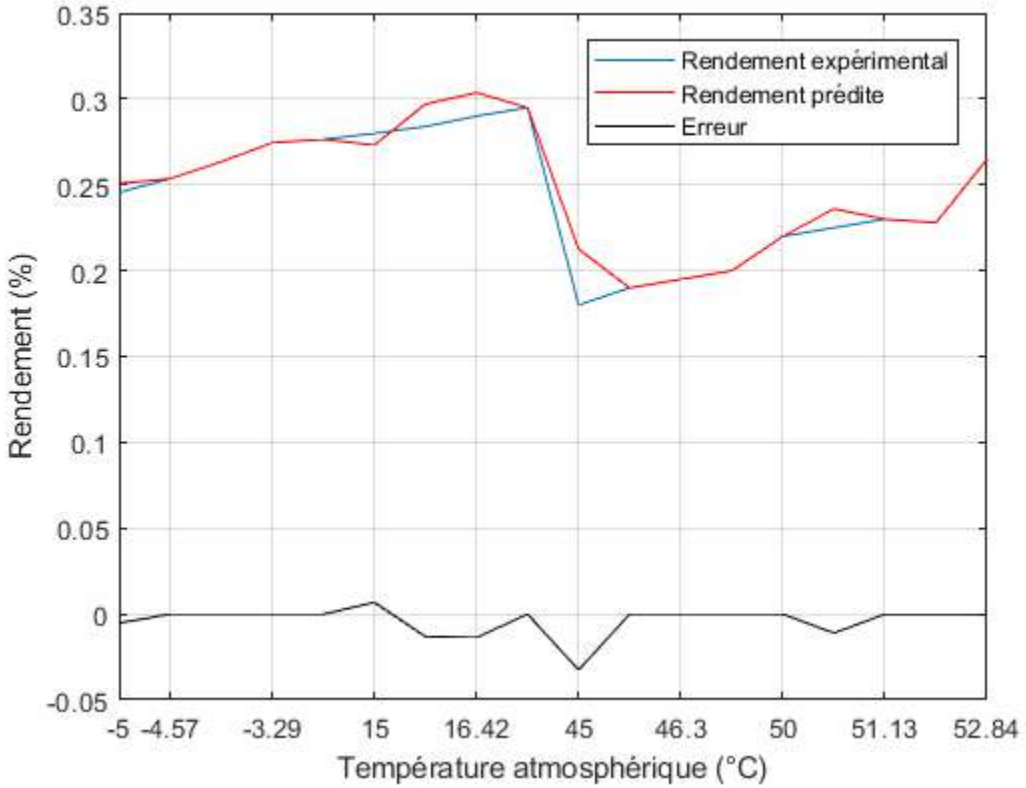


Figure IV. 6: comparaison entre les valeurs expérimentales et prédites de rendement et la valeur d'erreur calculée en fonction de la température atmosphérique

Dans ce chapitre un calcul thermodynamique détaillé a été effectué et a permis de voir clairement l'influence très importante de la température de l'air ambiant, qui provoque en premier lieu l'augmentation du travail du compresseur axial et une chute du débit d'air aspiré par ce dernier. Nous avons constaté aussi que l'augmentation de la température de 15°C à une valeur de 50°C a causé la diminution de la puissance utile de la turbine à gaz de 28% et le rendement thermique de 22%.

Temp atm (K°)	-5	15	45	50
Rendement %	0,24	0,28	0,18	0,22

Tableau IV.5: température en fonction de rendement

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Général

Cette étude nous a permis de connaître les caractéristiques, la structure de la turbine à gaz, de bien comprendre son fonctionnement et son utilité dans les différents domaines industriels.

Le bon fonctionnement de la turbine dépend du programme de maintenance préventive dans le but de maintenir les équipements en bon état de marche, détecter les problèmes existants diagnostiquer la nature et la gravité des pannes mécaniques qui surviennent et comment les gérée.

Les calculs de la simulation numérique effectuée via l'intelligence artificielle ont montré que les performances de ces machines sont influencées par la température de l'air ambiant qui varie considérablement durant les différentes saisons, elle présente la cause de chute des performances de la turbine.

REFERANCE ET BIBLIOGHRAFIQUE

Références bibliographiques

[1].Documentation SONATRACH, DP, TFT.IN AMENAS.

[2]. Document de l'entreprise, "Manuel d'utilisation, Nouvo Pignone, Florence, 1999.

[3]. M. Mostafavi, A.Alaktiwi et B.Agnew "Thermodynamique analysis of combined opencycle-twin-shaft gaz turbine (Brayton cycle) and exhaust gaz operated absorption refrigeration unit", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 18,pp. 847-856, 1998.

[4]. Document de l'entreprise, "Manuel d'utilisation de la turbine à gaz MS5001", *Nuovo. Pignone, Florence*, 1987

[5]. Document de l'entreprise, "Manuel de maintenance ", NAFTOGAZ, HMD 2001.

[6]. Earl, Logan (Turbomachinery, basic theory and application), *Marcel dekker, Inc*, 1953.