

III.1.Introduction :

Les turbines à gaz (TAG) ont connu ces dernières années un développement considérable dans de nombreuses applications industrielles en particulier dans le domaine des hydrocarbures et de la production d'énergie électrique.

Dans ce chapitre nous allons d'écrit des généralités sur la turbine à gaz et l'influence des différents facteurs sur ses performances, ainsi que une étude sur la turbine MS 5001 et le fonctionnement d'un alternateur.

III.2.Etude descriptive d'un turbo-alternateur:

Nous commençons par donner un aperçu des éléments technologiques sur un groupe (TA) dans la figure (III.1). Il s'agit d'une machine imposante par sa taille et la diversité de ses composants. C'est un système complexe constitue plusieurs composants majeurs dont l'alternateur et la turbine. Dans ce qui suit on va faire une étude sur le fonctionnement d'une turbine à gaz (MS 5001) et un alternateur. [2]

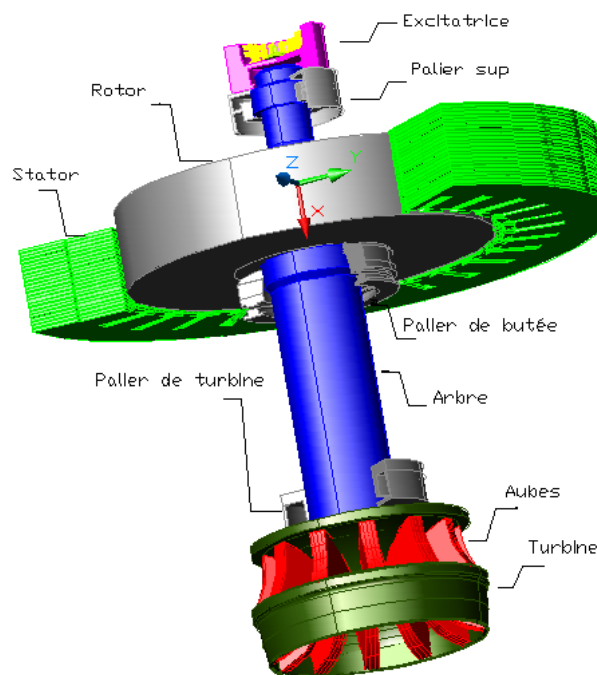


Fig III.1: Vue schématique d'un groupe TA. [2]

III.2.1. Turbine à gaz (TAG):

III.2.1.1. Définition :

Une turbine à gaz est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique sous la forme de la rotation d'un arbre, directement à partir de l'énergie cinétique des gaz produits par la combustion d'un hydrocarbure (fioul, gaz combustible...) qui subissent une détente dans une turbine.

Le comburant, le plus souvent est de l'air ambiant, est généralement comprimé avant de pénétrer dans la chambre de combustion, en utilisant un compresseur rotatif 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. [20]

III.2.1.2. Classification des turbines à gaz :

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. [26]

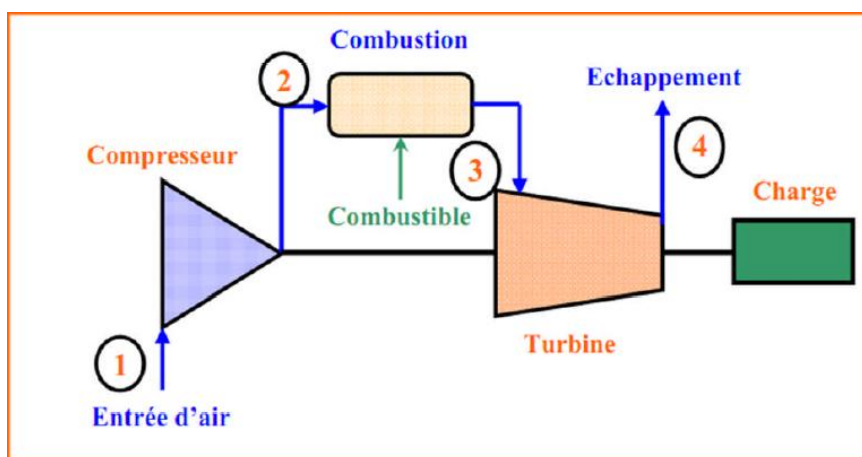


Fig III.2: Turbine mono-arbre. [6]

- **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. [26]

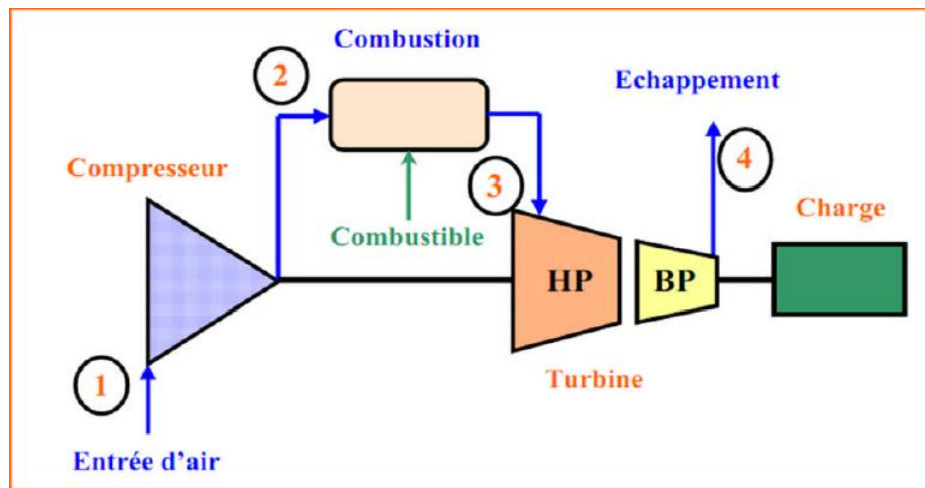


Fig III.3: Turbine bi-arbre. [6]

b) D'après le mode de travail:

- **Turbine à action:**

Transformation thermodynamique du fluide se fait uniquement dans aubages fixes). Les aubes mobiles n'ont qu'un rôle à jouer, c'est de transformer l'énergie cinétique acquise par la détente au rotor. L'évolution des gaz dans la roue se fait sans variation de pression statique ($p_2 = p_3$). [26]

- **Turbine à réaction:**

Aussi bien dans les canaux fixes 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 $p > p_3$. [26]

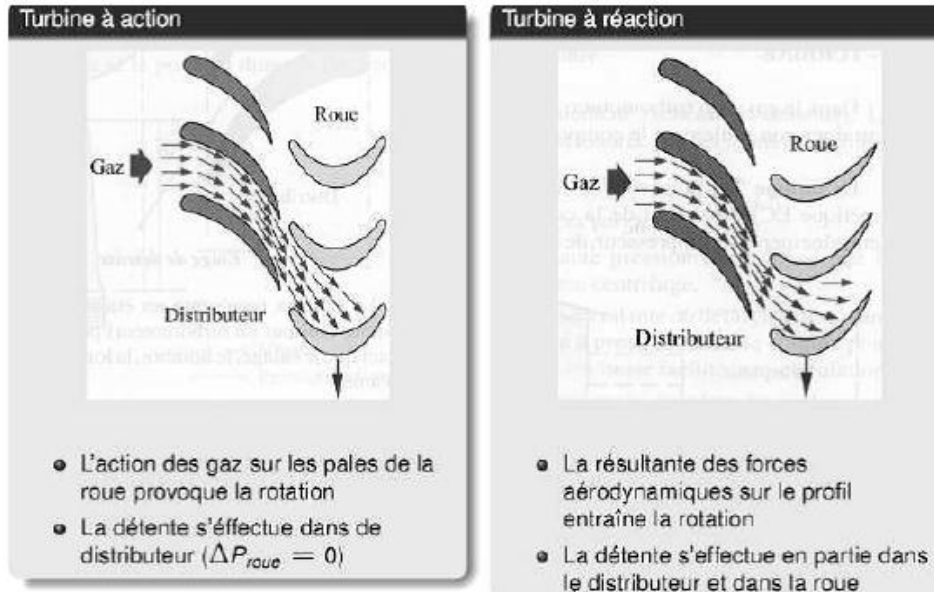


Fig III.4: Schéma du turbine à action et turbine à réaction. [26]

III.2.1.3.Principe de fonctionnement :

La turbine à gaz est un moteur thermique réalisant les différentes phases de son cycle thermodynamique dans une succession d'organes traversés par un fluide moteur gazeux en écoulement continu. C'est une différence fondamentale par rapport aux moteurs à pistons qui réalisent une succession temporelle des phases dans un même organe (généralement un cylindre). [5]

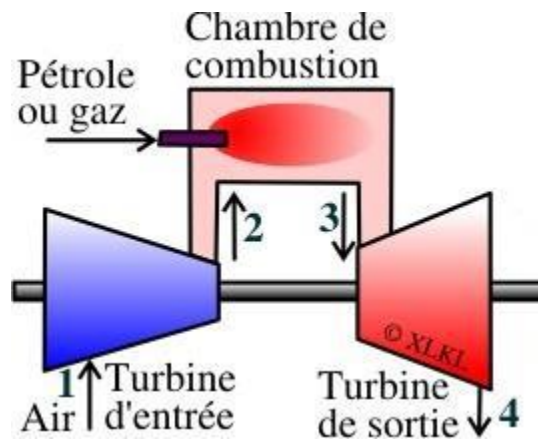


Fig III.5 : Cycle simple de turbine à gaz. [5]

Dans sa forme la plus simple, la turbine à gaz fonctionne selon le cycle dit de Joule comprenant successivement et schématiquement :

- une compression adiabatique qui consomme de l'énergie mécanique.
- une combustion isobare (exemple d'un moteur Diesel).
- une détente adiabatique jusqu'à la pression ambiante qui produit de l'énergie mécanique.
- un refroidissement isobare.

Le rendement est le rapport du travail utile (travail de détente -travail de compression) à la chaleur fournie par la source chaude. Le rendement théorique croît avec le taux de compression et la température de combustion. Il est supérieur à celui du cycle Diesel car sa détente n'est pas écourtée et si la veine d'échappement est bien conçue, elle permet de récupérer une partie non négligeable de l'énergie cinétique des gaz chauds sortant des aubages de la turbine.

La turbine à gaz est le plus souvent à cycle ouvert et à combustion interne. Dans ce cas, la phase de refroidissement est extérieure à la machine et se fait par mélange à l'atmosphère. La turbine à gaz peut également être à cycle fermé et à combustion externe.

Le chauffage et le refroidissement sont alors assurés par des échangeurs de chaleur. Cette disposition plus complexe permet l'utilisation de gaz particuliers ou de travailler avec une pression basse différente de l'air ambiante.

- ✚ Le cycle de base décrit plus haut peut être amélioré par différents organes complémentaires :
 - récupération de chaleur à l'échappement : les gaz très chauds détendus en sortie de turbine traversent un échangeur pour préchauffer l'air comprimé avant son admission dans la chambre de combustion ;
 - compression refroidie : la compression comprend deux étages (ou plus) séparés par un échangeur de chaleur (air/air ou air/eau) refroidissant l'air. La puissance nécessaire à la compression s'en trouve réduite au bénéfice du rendement ;
 - combustion étagée : la détente comprend deux étages (ou plus) séparés par un ou des réchauffages additionnels. La puissance fournie est accrue d'où amélioration du rendement.

✚ Principe:

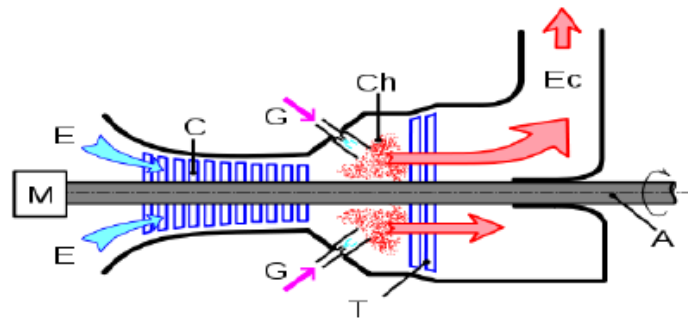


Fig III.6 : Cycle thermodynamique de turbine à gaz. [5]

- Le compresseur (C), constitué d'un ensemble d'ailettes fixes (stator) et mobiles (rotor), comprime l'air extérieur (E), simplement filtré, jusqu'à 10 à 15 bars, voir 30 bars pour certains modèles.
- Du combustible (G) (gazeux ou liquide pulvérisé), est injecté dans les chambres de combustion (Ch) où il se mélange à l'air comprimé pour entretenir une combustion continue.
- Les gaz chauds se détendent en traversant la turbine (T), où l'énergie thermique et cinétique des gaz chauds est transformée en énergie mécanique. La turbine est constituée d'une ou plusieurs roues également munies d'ailettes précédées d'aubages fixes (directrices). Les gaz de combustion s'échappent par la cheminée (Ec) à travers un diffuseur.
- Le mouvement de rotation de la turbine est communiqué à l'arbre (A) qui actionne d'une part le compresseur et d'autre part une charge qui n'est autre qu'un appareil (machine) récepteur (pompe, alternateur, compresseur...) accouplé à son extrémité. [5]

Pour la mise en route, on utilise un moteur de lancement (M) qui joue le rôle de démarreur ; dans certaines configurations, c'est l'alternateur du groupe lui-même qui est utilisé en moteur pendant la phase de lancement. Le réglage de la puissance est possible en agissant sur le débit de l'air à l'entrée et sur l'injection du carburant. Le réglage de la vitesse de rotation n'est possible que si l'organe entraîné le permet. En effet, dans le cas d'un alternateur connecté à un réseau électrique à fréquence fixe (par exemple 50 ou 60 Hz), cette fréquence impose une vitesse fixe, le débit de carburant sert alors à régler la puissance produite. [20]

III.2.1.4. Cycles de puissance de turbine à gaz:

Les centrales de turbines à gaz peuvent travailler avec un cycle à pression constante (cycle de Joule ou de Brayton) ou un cycle à volume constant (cycle d'Atkinson)[82-84]. Pour un but d'analyse

théorique du cycle, on suppose que la centrale à turbine à gaz fonctionne avec un circuit fermé, bien que dans la pratique le cycle de Joule soit utilisé également à une station d'un circuit ouvert comme le montre la figure (III.07). [7]

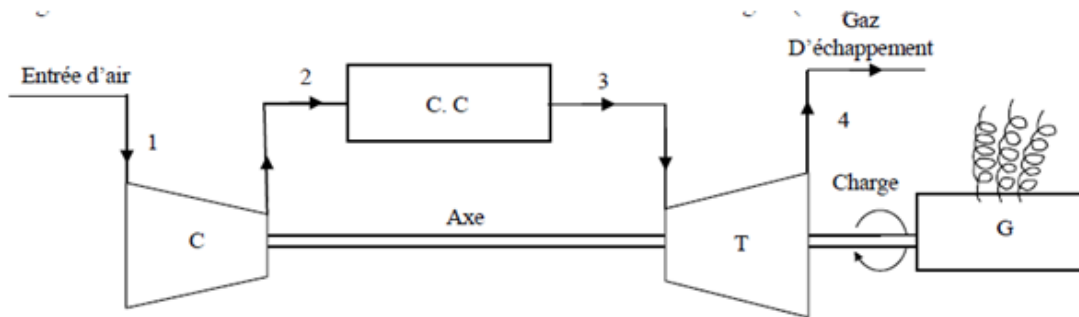


Fig III.7: Schéma simple d'un circuit ouvert d'une centrale de turbine à gaz. [7]

III.2.1.5.Cycles thermodynamique d'une turbine à gaz:

La conversion de la chaleur dégagée de la combustion du carburant en énergie mécanique dans une turbine à gaz est réalisée suivant le cycle de Brayton montré dans un diagramme h-s comme indique la figure (III.8). [7]

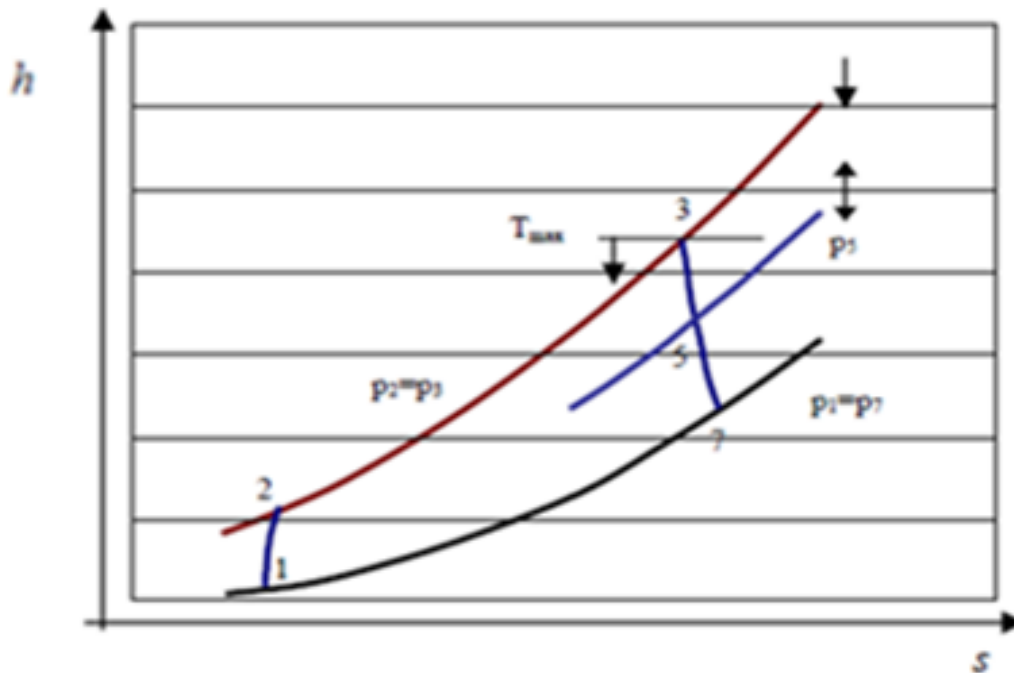


Fig III.8: Diagramme h-s d'un cycle de Brayton. [7]

L'air est comprimé dans le compresseur de la TAG de la position 1 à la position 2. La chaleur ajoutée dans la chambre de combustion ramène le cycle de 2 à 3. Les gaz chauds alors se détendent. Dans une turbine à un seul arbre, la détente s'effectue de 3 à 7, alors que dans une moteur à deux

arbres, les gaz se détendent de 3 à 5 dans la turbine de générateur de gaz et après de 5 à 7 dans la turbine de puissance. La différence entre les travaux spécifiques de détente 3-7 et de compression 1-2 constitue le travail utile de la turbine, la majeure partie du travail de la détente 3-7 est employée pour fournir le travail 1-2 de compression.

Dans un moteur à deux arbres, les distances de 1 à 2 et 3 à 5 doivent être approximativement égales, parce que le travail du compresseur doit être fourni par la turbine de générateur de gaz. La ligne 5-7 décrit le travail net de la turbine de puissance. [7]

II.2.1.6. Description d'une turbine à gaz MS 5001 :

A. Caractéristiques du turbine à gaz MS 5001:

Type turbine	MS 5001
Fabriquant	THOMASSEN
Vitesse nominale (tr/min)	5125
Nombre étages	02
T° entrée turbine à 15 C° et 100 % de puissance nominale	943
T° gaz échappement à 15 C° 100 % de puissance nominale	487
Pression entrée turbine (bar) à puissance nominale et de T° 15 C°	9.85
Pression sortie turbine (bar) à puissance nominale et de T° 15 C°	0.965
Débit d'air à T° 15 C° (Kg/s)	116.4
Combustible principal	Gaz
Combustible secondaire	Fuel
Consommation spécifique gaz	3126 base/3058 pointe en mth/KWh
Capacité nominale (MVA et MW)	26.750 MVA et 21.400 MW
Rendement turbine en pointe à 15 C° (%)	27.9
Rendement turbine à puissance nominale à 15 C° (%)	27.7

Tableau III.1: Caractéristiques du turbine à gaz MS 5001. [9]

B. Constitution de TAG MS-5001 :

La turbine MS-5001 est une turbine mono arbre à cycle simple dotée d'un système de combustion constitué de dix chambre de combustion [9], L'ensemble turbine ce compose de quatre Sections principales à savoir :

- ✓ Compartiment compresseur
- ✓ Compartiment turbine

a) Compartiment compresseur:

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.

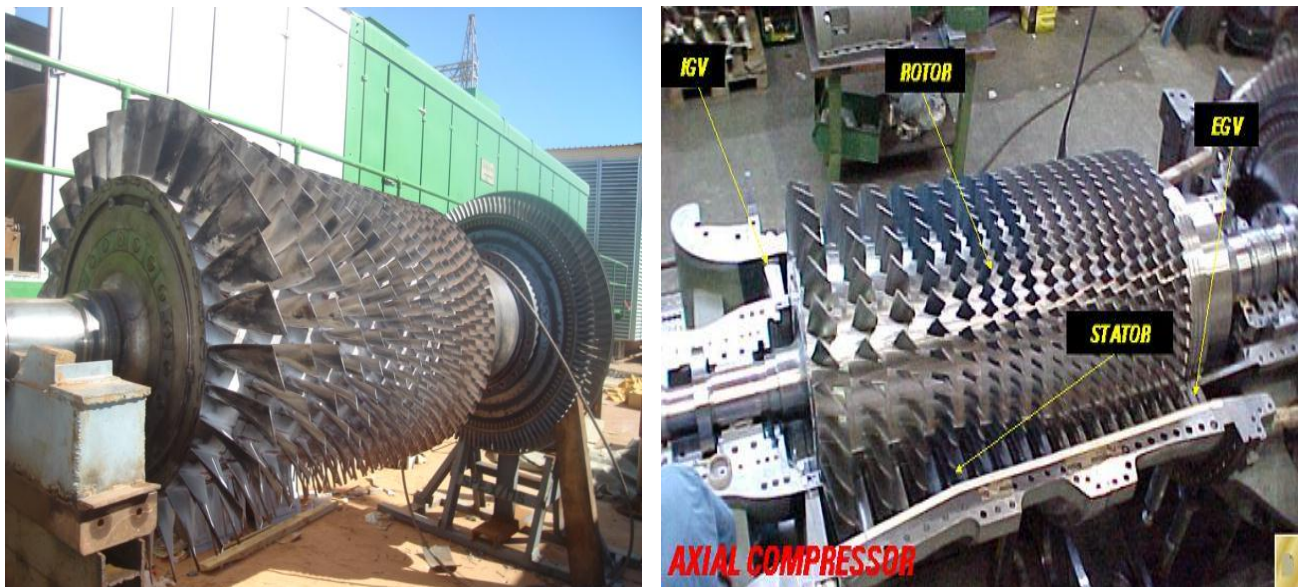


Fig III.9: schéma d'un compresseur.

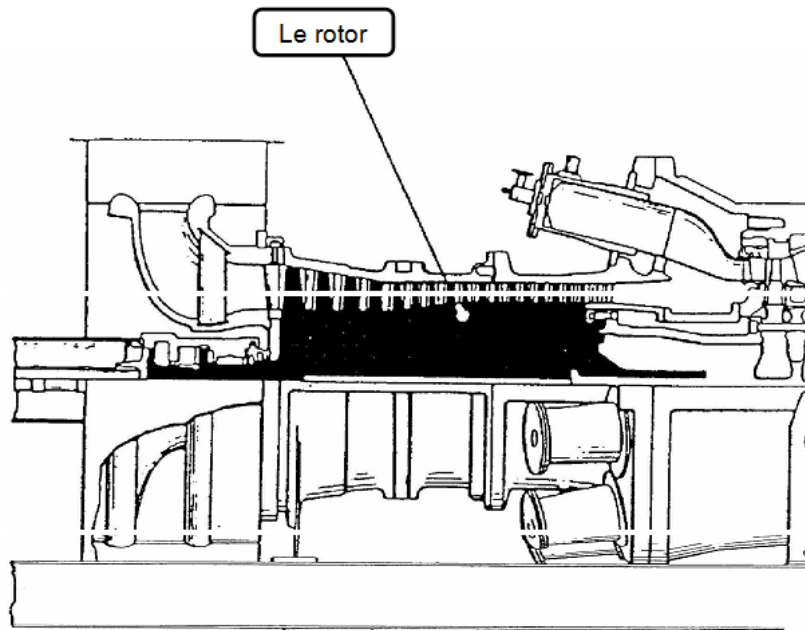


Fig III.10: Rotor d'un compresseur. [9]

b) Compartiment turbine:

b.1) Corps de la turbine :

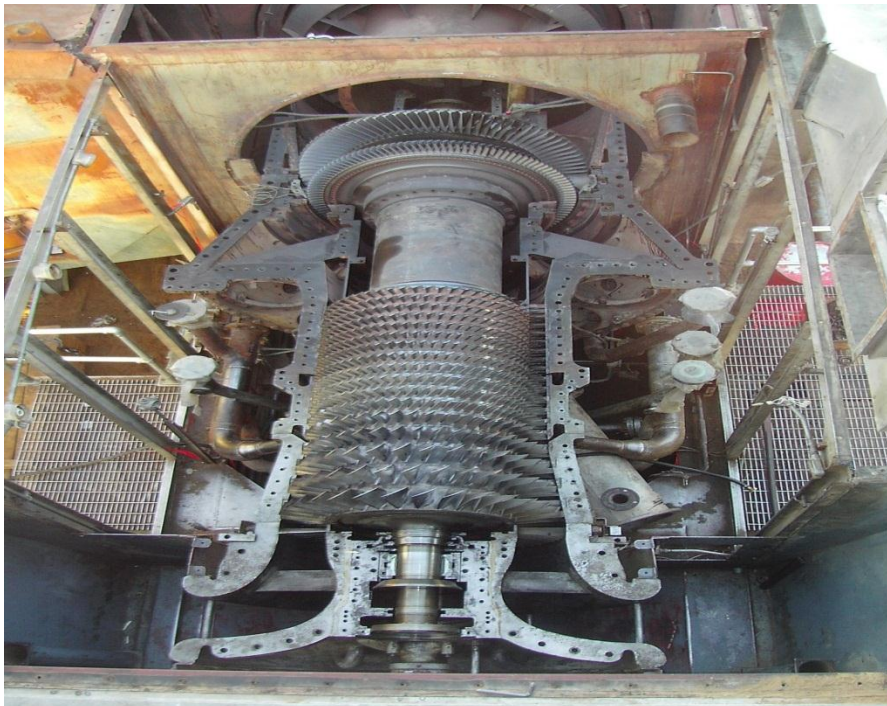


Fig III.11 : La turbine MS 5001.

b.1.1) Socle de la 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.

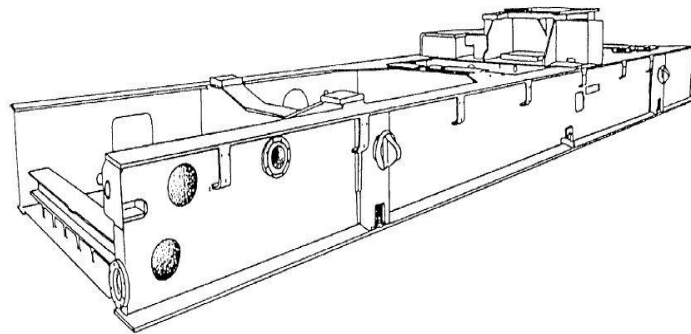


Fig III.12: Socle de la turbine.

b.1.2) Supports de la 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.

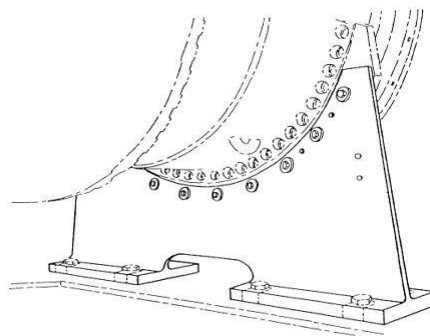


Fig III.13: Support de la turbine.

b.1.3) Section Combustion :

La section combustion se compose des chambres de combustion, des injecteurs de carburant, d'un équipement de détection de flamme, des bougies d'allumage et des pièces de transition.

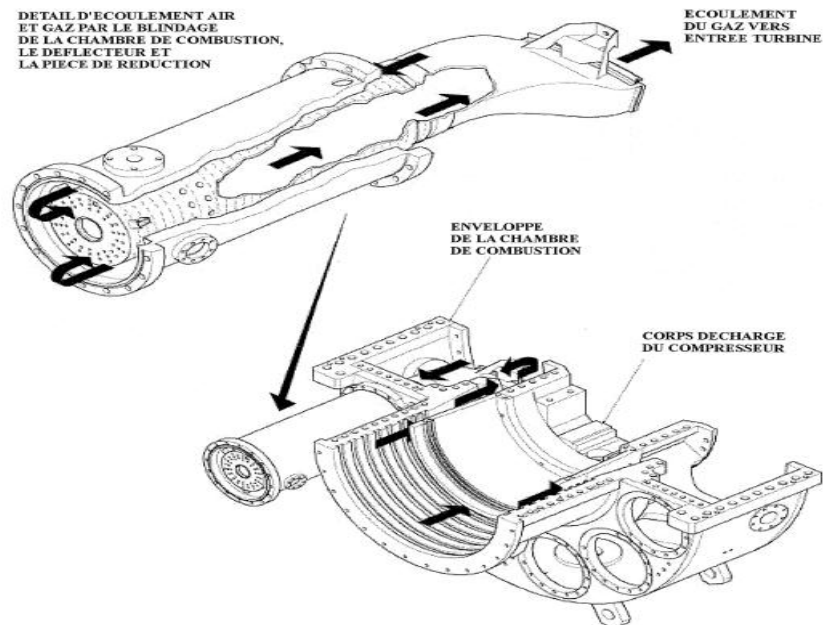


Fig III.14: Ecoulement de l'air et du gaz par la section combustion de la TAG simple

b.1.3.1) Chambre de combustion :

Les chambres de combustion équipées du système « Turbo-Alternateur » sont conçues pour éliminer la pollution de l'air due à la fumée d'échappement pendant le fonctionnement de la turbine à combustion après la séquence de démarrage, une combustion primaire appauvrie, suivie par une « immersion thermique » garantie que la totalité des particules est brûlée pendant la combustion.



Fig III.15: vue en bout d'une chambre de combustion.

- **Les injecteurs :**

Chaque chambre de combustion est équipée d'un injecteur de combustible qui pulvérise une quantité mesurée de combustible à l'intérieur de la chambre.

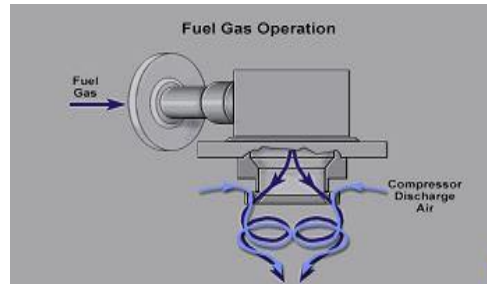


Fig III.16: Schéma d'un injecteur de gaz.

- **Les tubes de flamme :**

Chaque tube à flamme se compose d'une série de mouchons cylindriques unis entre eux par des anneaux cylindriques ondulés qui lissent entre manchon et manchon des vides annulaires. A travers ces vides l'air relativement froid provenant dit compresseur axial, enter n'axialement et forme des couches d'air plus froides autour de la périphérie intérieure tube à flamme.

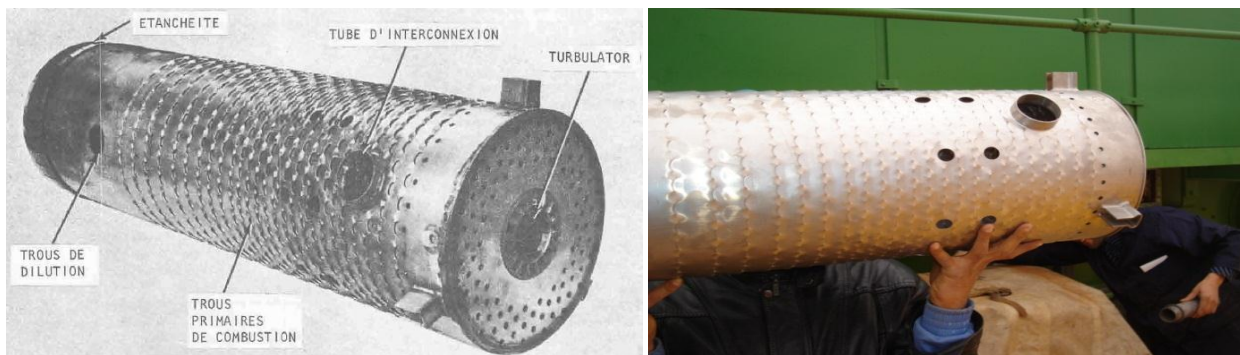


Fig III.17: Ensemble du tube de flamme.

b.1.3.2) Bougies d'allumage et détecteurs de flamme :

- **Bougies d'allumage :**

La combustion du mélange air et carburant est amorcée par des bougies d'allumage du type à électrode rétractable. Les bougies d'allumage installées dans deux des chambres de combustion sont alimentées à partir des transformateurs d'allumage.

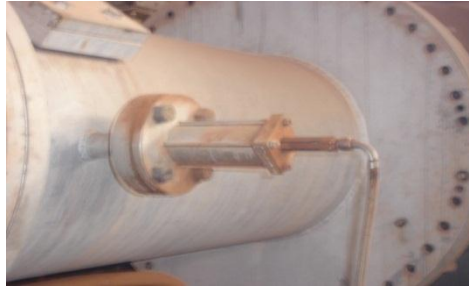


Fig III.18: Bougies d'allumage.

- **Détecteurs de flamme :**

Les détecteurs de flamme sont des tubes de détection ultraviolets comprenant deux électrodes de tungstène dans un tube de quartz ou en silicate de bore partiellement remplis d'hydrogène.

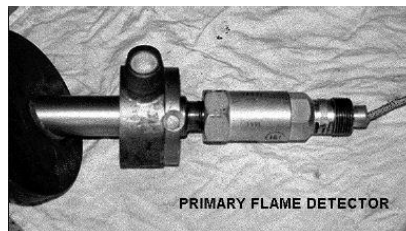


Fig III.19: détecteurs de flamme

- **Les tubes d'interconnexion:**

Les chambres sans bougies d'allumage sont allumées par la flamme provenant des chambres allumées par ces tubes intermédiaire.

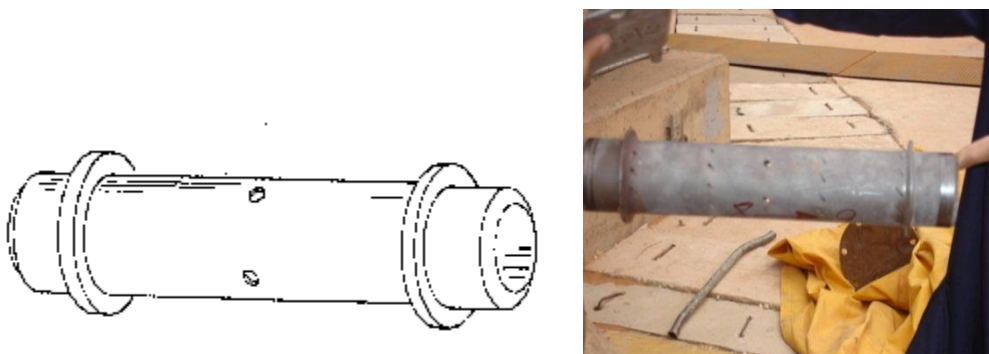


Fig III.20: tubes d'interconnexion.

- **Pièces de transition :**

Les pièces de transition constituent les conduits des gaz chauds entre les chambres de combustion et la directrice du premier étage.



Fig III.21: pièces de transition

- **Section turbine :**

C'est dans la zone des étages de la turbine que l'énergie, sous forme de gaz chauds sous pression issue du compresseur et du système de combustion, est convertie en énergie mécanique.

Chaque étage turbine se compose d'une directrice fixe et d'une roue mobile (la roue du premier étage « roue haute pression» la roue du second étage « roue de basse pression» avec son aubage.



Fig III.22: les roues de la turbine.

- ❖ **Directrice du premier étage :**

L'ensemble de la directrice du premier étage est formé d'aubes creuses à profil aérodynamique situées entre 2 couronnes concentriques.



Fig: III.23: Directrice du premier étage

❖ **Directrice du second étage et diaphragme :**

L'ensemble de la directrice du second étage et du diaphragme est situé entre les roues de la première et du second étage de la turbine.



Fig III.24: Directrice du second étage et diaphragme

• **L'échappement :**

Au niveau de la section échappement, les gaz utilisés pour entraîner la turbine sont réacheminés pour être soit rejetés à l'atmosphère, soit dirigés vers une chaudière de récupération. En sortant du cadre d'échappement, les gaz pénètrent dans le diffuseur qui se trouve dans le caisson d'échappement.

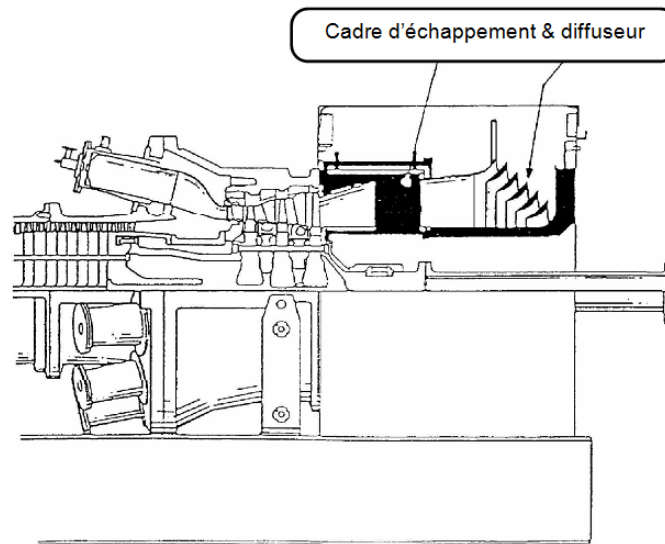


Fig III.25: Cadre d'échappement et diffuseur. [9]

III.2.1.7.Facteurs d'influence sur les performances:[1]

✚ Influences des facteurs extérieures sur les performances de la turbine à gaz:

Une turbine à gaz emploie de l'air atmosphérique, donc ses performances sont considérablement influencées par tous les facteurs qui ont un effet sur le débit massique de l'air refoulé au compresseur. Ces facteurs sont:

- La température.
- La pression.
- L'humidité relative.

✚ Influence de la température ambiante sur les performances de la turbine:

A cet égard, on rappelle que les conditions de référence pour les trois facteurs mentionnés ci-dessus sont, par convention, les conditions ISO ($T = 15^{\circ}\text{C}$, $P = 1.01325\text{ bar}$, $\phi = 60\%$). A mesure que la température d'admission du compresseur augmente, le travail spécifique de compression augmente, tandis que le débit massique d'air diminue (en raison d'une diminution du rapport γ). En conséquence, le rendement de la turbine et le travail utile (et donc, la puissance) diminuent. "Si la température diminue, le phénomène inverse se produit".

Ce lien entre la température d'admission du compresseur, la puissance et le rendement change d'une turbine à une autre, selon les paramètres du cycle, le rendement de compression, d'expansion et le débit d'air. La figure III.26, montre un exemple sur la façon dont la puissance, la consommation spécifique ainsi que le débit des gaz d'échappement sont influencés par la température ambiante.

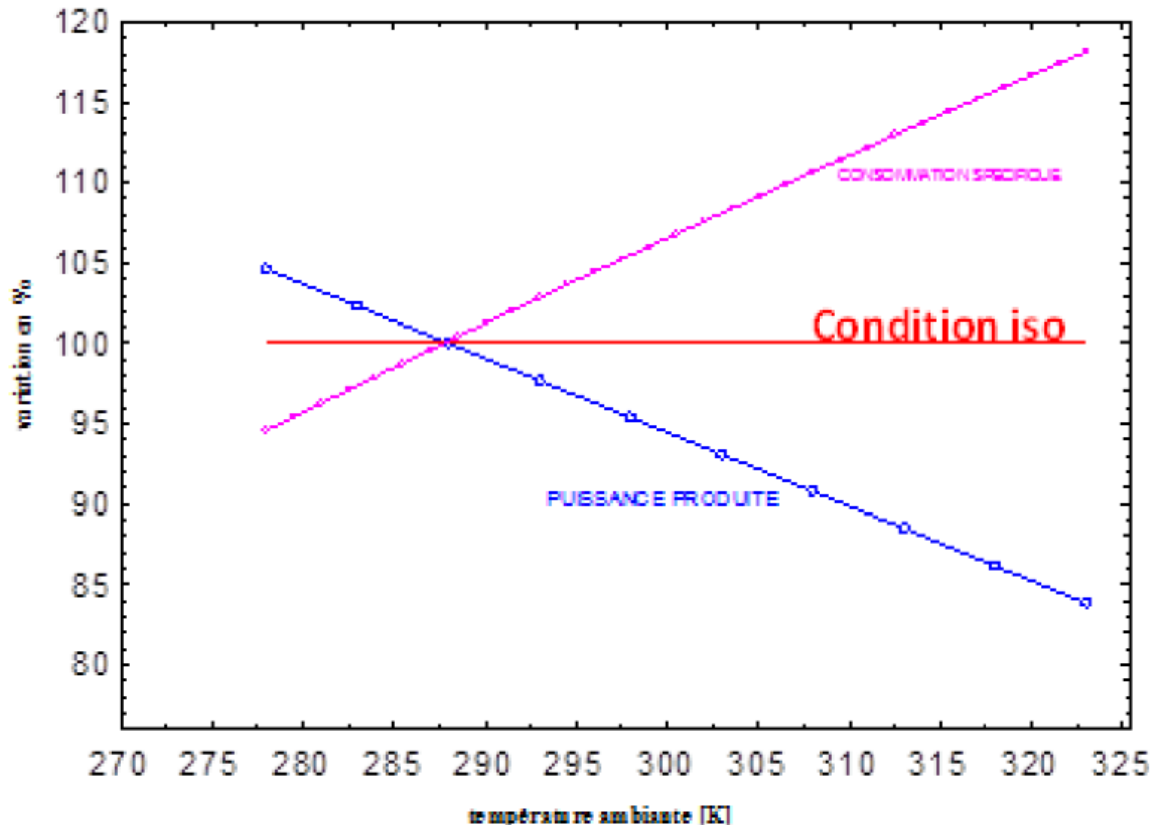


Fig III.26: Influence de la température ambiante sur les performances de la turbine [1]

La consommation spécifique, représenté dans la figure III.26, est l'inverse du rendement, parce qu'elle indique le rapport entre l'énergie thermique, résultant du processus de combustion, et l'énergie mécanique obtenue sur l'arbre de puissance (ou aux bornes du générateur, si nous considérons les performances d'un réducteur de charge et d'un générateur). [1]

Pour récapituler, si on appelle Q_c l'énergie résultant de la combustion et W_u le travail utile extérieur, la consommation spécifique (HR) est définie comme:

$$HR = Q_c / W_u [1]$$

✚ Influence de la pression atmosphérique sur les performances de la TAG:

Si la pression atmosphérique diminue par rapport à la pression de référence ISO, le débit massique de l'air diminue (en raison d'une réduction du rapport γ) et la puissance utile est proportionnellement réduite parce qu'elle est proportionnelle au débit massique du gaz. Au contraire, les autres paramètres du cycle thermodynamique (HR, etc.) ne sont pas influencés. La figure III.27, montre l'évolution de la puissance utile de la turbine à gaz par rapport à l'altitude d'installation. [1]

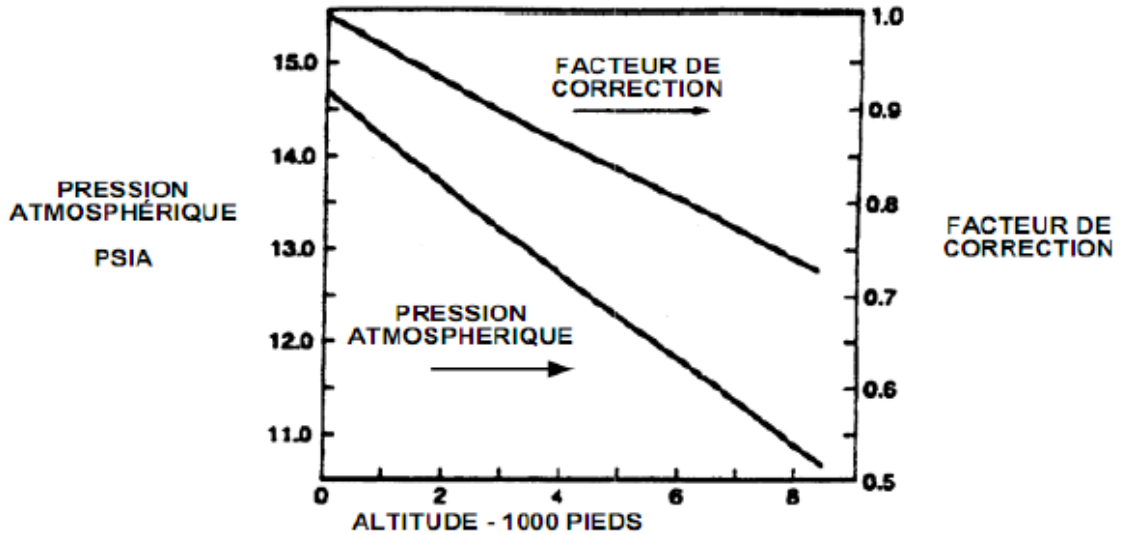


Fig III.27: influence de l'altitude sur la puissance utile de la turbine [1]

✚ Influence de l'humidité sur la puissance de la turbine:

L'humidité relative influence la masse spécifique de l'air d'admission du compresseur. En effet, l'air humide est moins dense que l'air sec, donc si l'humidité relative augmente, la puissance débitée diminue et la consommation spécifique (HR) augmente (figure III.28). Dans le passé, un tel effet était négligé. De nos jours, comme on produit des turbines à gaz toujours plus puissantes et que l'on ajoute de l'humidité sous forme d'eau ou vapeur pour réduire les NO_x, cet effet doit être pris en compte. [1]

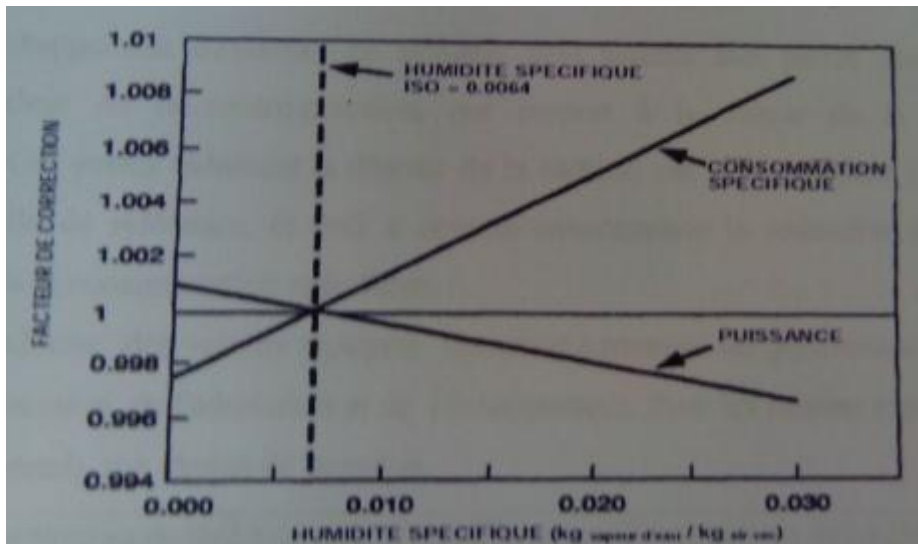


Fig III.28: Influence de l'humidité sur la puissance de la turbine [1]

✚ Influence des facteurs intérieurs sur les performances de la turbine à gaz:

Outre les trois facteurs "extérieurs" décrits dans le paragraphe précédent, il y a d'autres facteurs qui influencent sérieusement sur la turbine à gaz. Ceux-ci peuvent être définis comme des facteurs "intérieurs", parce qu'ils sont liés aux systèmes auxiliaires de la turbine à gaz. Ils sont énumérés ci-dessous:

- Chutes de pression dans la section d'admission du compresseur;
- Chutes de pression dans le système d'échappement de turbine;
- Type de combustible;
- Extraction d'air à partir du compresseur axial;
- Injection de vapeur;
- Injection d'eau;
- Refroidissement par évaporation. [1]

III.2.2.L'alternateur:

III.2.2.1.Généralité:

On nomme alternateurs, les générateurs de courant alternatif. La plupart sont des machines très puissantes en service dans les centrales thermiques ou hydrauliques. Les f.é.m. alternatives sont produites par induction, c'est-à-dire par déplacement relatif d'un circuit induit par rapport à un circuit inducteur. Un courant continu passe dans les bobines de l'inducteur et aimante les pôles. Les lignes d'induction sortent par chaque pôle nord, traversent l'entrefer entre les pièces polaires et le stator, puis bifurquent à gauche et à droite pour passer dans les deux pôles sud voisins après avoir traversé une seconde fois l'entrefer. Actuellement, pour les alternateurs de grande puissance, l'induit est fixe et l'inducteur mobile. Deux formes sont adoptées : les alternateurs à pôles inducteurs saillants, dont la vitesse est relativement lente, sont entraînés par des turbines hydrauliques, des moteurs à gaz ou diesel ; les turbo-alternateurs à inducteurs lisses, sont accouplés à des turbines à vapeur ou hydrauliques tournant à grande vitesse. [4]



Fig III.29: un alternateur. [4]

III.4.2.2. Description des parties essentielles d'un alternateur:

Un alternateur est composé des ensembles suivants :

- **Le stator** : il est composé de la carcasse, du circuit magnétique et des bobinages.
- **Le rotor** : il est composé d'un circuit magnétique, de masses polaires et du bobinage polaire.
- **Le stator:**

Le stator comprend un circuit magnétique constitué par un empilage de tôles en forme de couronne, isolées les unes des autres pour limiter les courants de Foucault. L'ensemble des couronnes avec leur isolation est fortement serré, il constitue le circuit magnétique du stator. Dans sa partie intérieure, le circuit magnétique comporte des encoches uniformément réparties dans lesquelles vient se loger l'enroulement triphasé du stator. Le circuit magnétique du stator est en fer afin d'augmenter le champ magnétique engendré par le rotor, il supporte le bobinage du stator. Le bobinage d'un stator triphasé comprend trois bobines décalées l'une par rapport à l'autre de 120° .

Les deux extrémités de l'enroulement aboutissent chacune à une borne à la plaque de bornes de la machine. Elles constituent l'entrée et la sortie de l'enroulement. Elles ne sont pas connectées ensemble : l'enroulement est ouvert. C'est à l'utilisateur de réaliser le couplage. Parce que l'induit est fixe, on peut isoler fortement ses conducteurs ; aussi, construit-on des alternateurs qui produisent des f.é.m. atteignant jusqu'à 15 000 volts. [4]

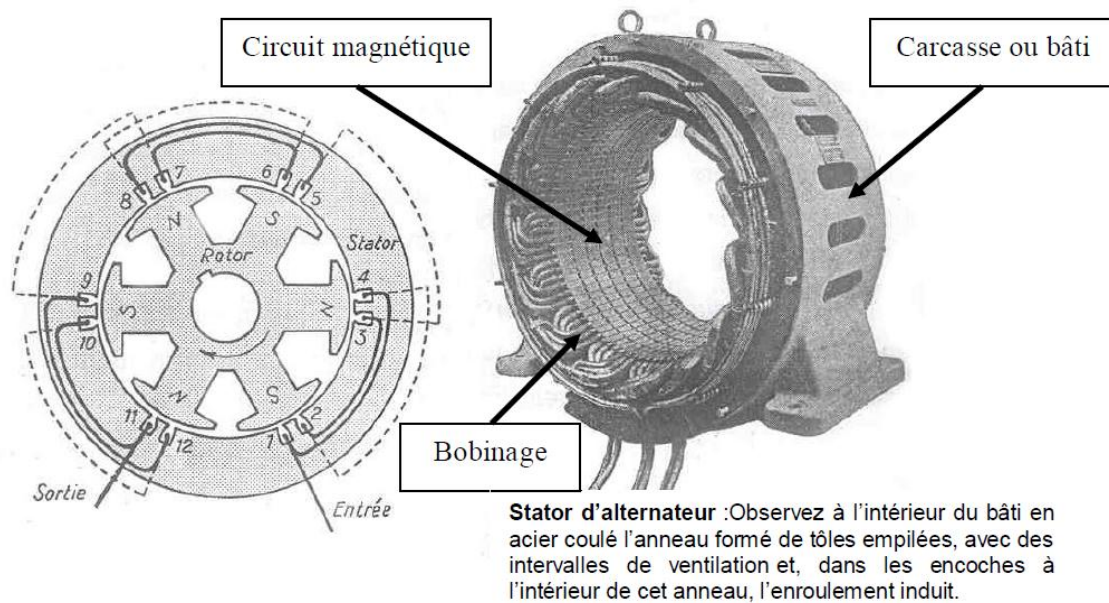


Fig III.30: stator d'un alternateur. [4]

- **Le rotor:**

Le rotor qui tourne à l'intérieur du stator immobile. Le rotor porte, dans les encoches disposées à sa périphérie, un enroulement parcouru par un courant continu. Le courant continu provient du système d'excitation. Le rotor excité, en tournant, produit un champ tournant avec lui. Ce champ tournant engendre des forces électromotrices dans chacune des phases de l'enroulement du stator. Les pôles sont alternativement nord et sud ; leur nombre total $2p$ est toujours paire. Certains rotors n'ont que 4 pôles, il en est qui en possèdent plusieurs dizaines. Si les différentes phases du stator sont fermées sur un circuit extérieur, elles sont parcourues par des courants alternatifs.

L'ensemble de ces courants produit un champ tournant dans le même sens et à la même vitesse que le rotor.

Le champ du rotor est proportionnel au courant d'excitation ; le champ du stator est proportionnel au courant I dans les phases de l'enroulement du stator. [4]

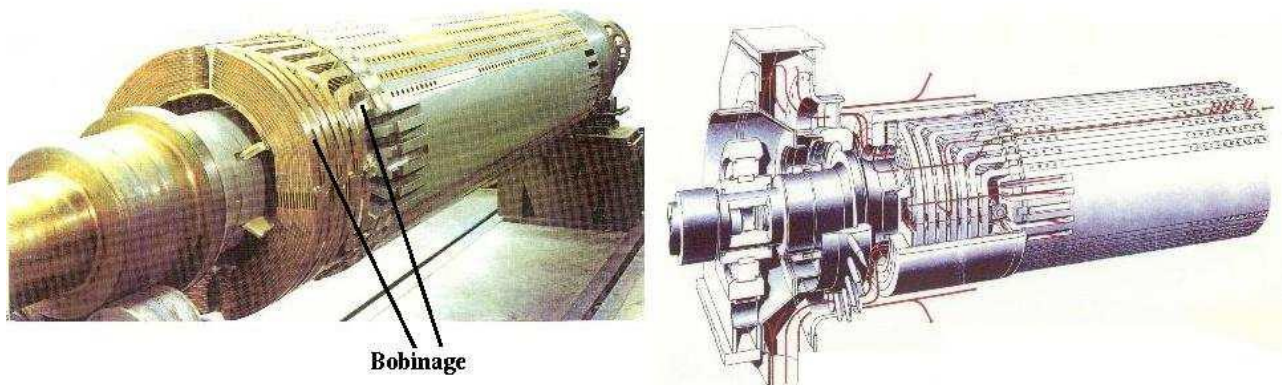


Fig III.31: rotor d'un alternateur. [19]

III.2.2.3. Etude générale d'un alternateur:

+ Fonctionnement à vide:

Pour simplifier le raisonnement supposons que le stator de l'alternateur monophasé ne comporte qu'un seul bobinage. Faisons maintenant passer un courant continu dans le rotor et faisons-le tourner à une vitesse N . Nous savons que le champ produit par un aimant qui se déplace devant un fil conducteur engendre dans ce fil, une force électromotrice :

- a) dont la valeur est proportionnelle au champ et à la vitesse de rotation de l'aimant,
- b) dont le sens est donné par la règle du tire-bouchon.

En pratique, le bobinage a plusieurs spires, afin d'augmenter la force électromotrice engendrée. La force électromotrice totale produite est alors égale à la somme des forces électromotrices développées dans chacune des spires de la bobine. [4]

• Caractéristique à vide:

L'alternateur fonctionnant à vide (sans charge), on fait varier le courant d'excitation et on relève la f.e.m. correspondante.

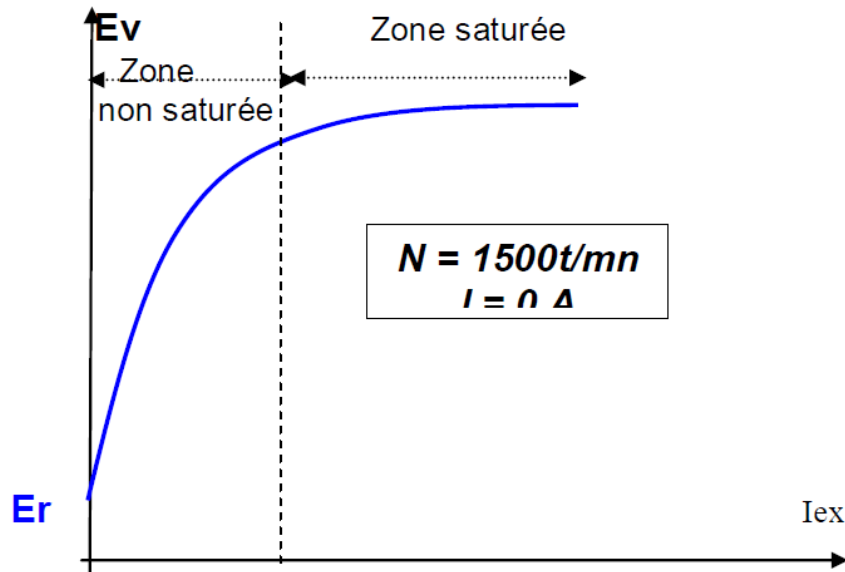


Fig III.31: caractéristiques à vide. [4]

E_r : F.e.m. rémanente ; elle sert à l'amorçage de l'alternateur.

La caractéristique est considérée comme une droite dans la partie non saturée ; autrement dit la f.e.m. y est proportionnelle au courant d'excitation : $E_v = E_r + k I_{ex}$

L'alternateur fonctionne normalement dans la zone saturée.

✚ Fonctionnement en charge:

Lorsque l'alternateur fonctionne, il y'a une chute de tension interne due à la résistance et à la réactance synchrone; cette chute de tension est d'autant plus importante que le circuit est inductif ; il peut y avoir une surtension au bornes des récepteurs lorsque le circuit est trop capacitif (en cas de surcompensation par exemple). Les courbes ci-dessous ont été tracées pour la même vitesse de rotation et pour un courant d'excitation constant afin de mettre en évidence la variation de la chute de tension en fonction de la nature du circuit alimenté. [4]

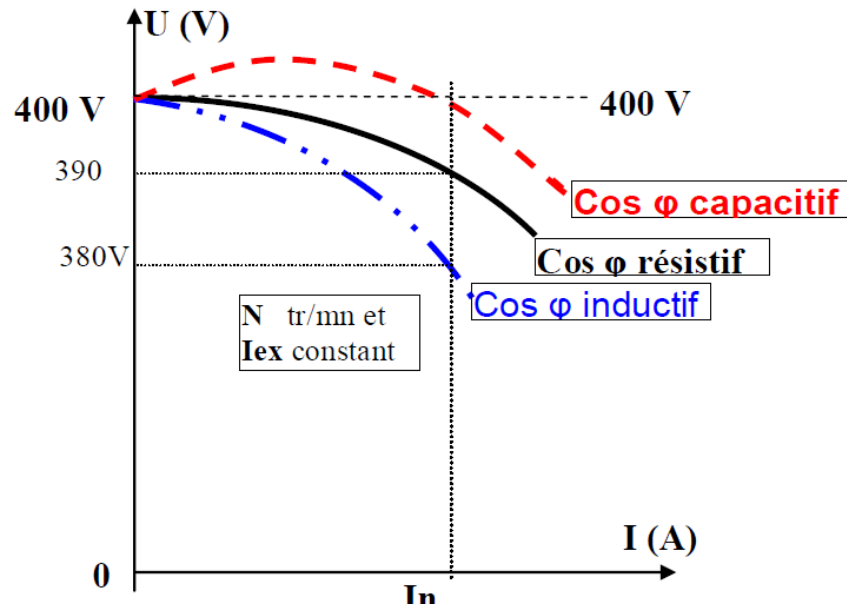


Fig III.33: caractéristiques en charge. [4]

En pratique le régulateur de tension agit sur le courant d'excitation pour maintenir la tension à peu près constante.

III.5.Conclusion:

Ce chapitre décrit une étude théorique sur un turbo-alternateur, qui est largement utilisé dans la production d'électricité. Le premier aspect a consisté à établir pour la classification du turbo-alternateur selon les sources d'énergies primaires.

Le deuxième aspect a consacré pour les turbines à gaz, on présentant leur classification, principe de fonctionnement, et description d'une turbine à gaz MS 5001.

Ainsi que, on a vu les facteurs d'influence sur les performances d'une turbine à gaz.

En conclure ce chapitre par une étude sur l'alternateur qui est une machines très puissante en service dans les centrales thermiques, hydrauliques, nucléaires...etc.