

Chapitre II : Description De La Turbine A Gaz MS 5001.

Introduction

Le principe de base de la production d'électricité repose sur la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique. Le plus souvent, un fluide entraîne une turbine.

Il a fallu des siècles aux inventeurs pour comprendre comment produire de l'électricité. Ils ont fait plein d'expériences et ont appris à la créer à partir des différentes sources d'énergie de la nature.

Ce n'est qu'en l'an 1800 que le savant italien Volta a découvert le moyen de produire un courant électrique. Il a inventé la 1ère pile électrique, composée de disques d'argent et de cuivre séparés par du carton humide.

L'énergie électrique est générée de différentes manières, compris les méthodes traditionnelles et les façons nouvelles et renouvelables.

II.1 Rôle Des Centrales Electriques [2]

Les centrales électriques ont pour rôle de produire de l'énergie électrique, ou plus exactement de transformer l'énergie primaire en énergie électrique. L'énergie primaire est l'énergie contenue dans une chute d'eau, un tas de charbon, un réservoir de pétrole...

II.2 Types De Stations De Production D'électricité [2]

- II.2.a : Centrale thermique ;
- II.2.b : Centrale nucléaire ;
- II.3.c : Centrale hydraulique ;
- II.4.d: Centrales éoliennes ;
- II.5.e : Centrales solaires ;
- II.6.f : Moteur diesel ;
- II.7.g : Turbine à gaz.

II.3 D'efférent Type Des Turbine [2]

1. Turbine éoliennes ;
2. Turbine hydraulique ;
3. Turbine à vapeur ;
4. Turbine à gaz.

II.3.1. Turbine Eoliennes [2]

Reprenant le principe de fonctionnement des moulins à vent, les éoliennes constituent actuellement un mode de production d'énergie électrique en plein développement. L'avantage le plus évident de ce type de centrale électrique est évidemment le caractère inépuisable de l'énergie qu'elle utilise. On parle alors de ressource renouvelée. Plusieurs types d'éoliennes existent, cependant, la tendance actuelle est à la construction d'éoliennes de taille moyenne regroupées en un même lieu. Une éolienne de taille moyenne comporte en général une hélice à trois pales reliée à un rotor. L'ensemble atteint généralement 30 mètres de diamètre. Les pales peuvent être orientées en direction du vent.

Le rotor est relié à un multiplicateur (un système d'engrenages) destiné à augmenter la vitesse de rotation. L'alternateur demande en effet une vitesse de rotation élevée pour fonctionner.

Le multiplicateur entraîne un alternateur qui génère une tension alternative sinusoïdale.

Si les éoliennes constituent évidemment un moyen de production d'électricité très "écologique" puisque non polluant et renouvelable, il reste que ces installations sont très imposantes, bruyantes et très coûteuses à la construction.

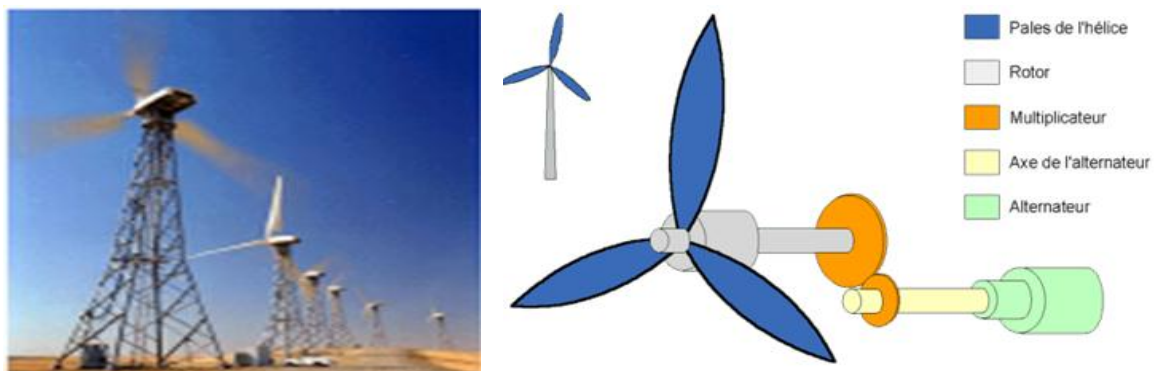


Figure II.1 : Turbine éoliennes.

II.3.2. Turbine Hydraulique [2]

La turbine hydraulique utilise de l'énergie fournie par une masse d'eau en mouvement pour produire de l'énergie électrique. Un barrage retient une grande quantité d'eau sous la forme d'un lac de retenue.

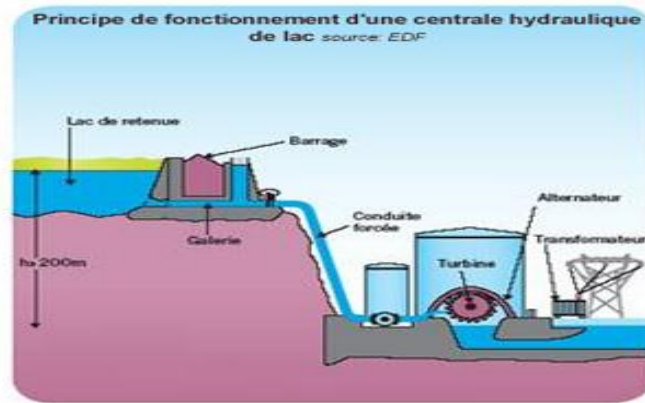


Figure II.2 : Turbine hydraulique.

II.3.2.a Explication Du Schéma : l'eau est stoppée par un barrage mais dans celui-ci est construit une conduite forcée qui laisse passer un peu d'eau .Sous le barrage est construite une galerie souterraine .L'eau de la conduite forcée part dans une turbine puis dans un alternateur et pour finir se transforme en électricité.

II.3.3 La Turbine Vapeur [3]

La turbine est un organe important dans une centrale thermique. Elle contient une série d'aubes disposées autour d'une roue solidaire de l'arbre. La vapeur délivrée par ces aubes crée ainsi un couple mécanique puissant. Les aubes sont faites d'un acier particulièrement dur pour résister à la haute température et aux forces centrifuges intenses.



Figure II.3 : La turbine vapeur.

II.3.4 Turbine A Gaz

II.3.4.a Type et applications des turbines à gaz [4]

- ❖ Turbine à gaz à cycle simple,

- ❖ Turbine à gaz à un seul arbre,
- ❖ Turbine à gaz à deux lignes d'arbre,
- ❖ Turbines avec étage à action et à réaction.

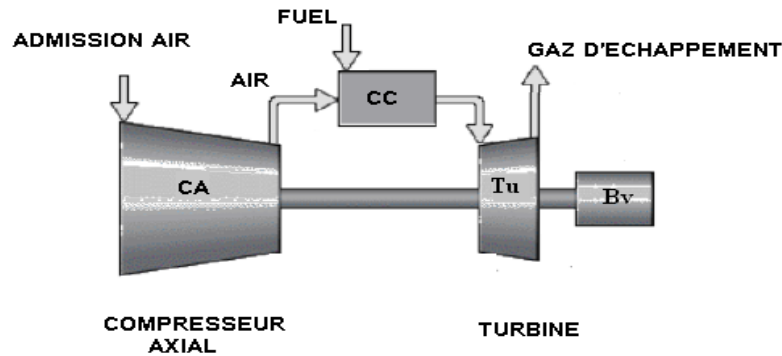


Figure II.4 : Turbines Cycle Simple.

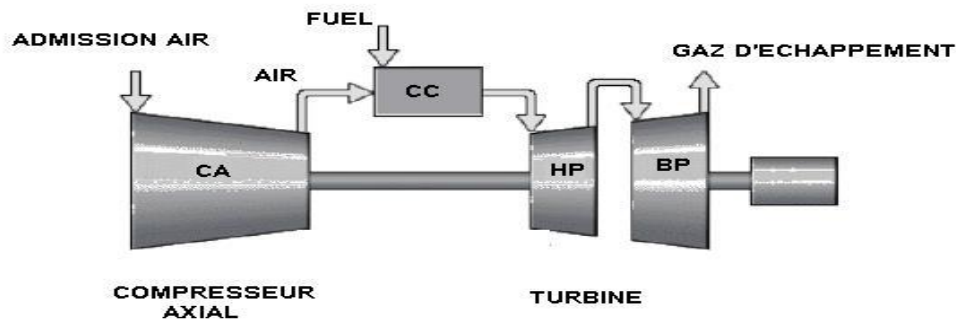


Figure II.5 : Turbine à gaz à deux lignes d'arbre.

Donc dans notre projet nous avons choisi « Turbine à gaz à un seul arbre type MS 5001 »

II.4. Description De La Turbine A Gaz [5]

II.4.1 Définition De La Turbine A Gaz [5]

C'est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne. Son rôle est de produire de l'énergie mécanique sous forme de rotation et d'un couple sur son arbre, directement à partir de l'énergie cinétique des gaz produites par la combustion d'un hydrocarbure, (fioul, gaz combustible...)

II.4.2 Domaines D'utilisation [6]

Les turbine à gaz sont des groupes de force dont l'utilisation est très répandue dans différents domaines d'applications, nous citerons : l'industriel des centrales électriques (nucléaires ou non nucléaires), transport des hydrocarbures et du transport par la propulsion.

Parmi ces domaines d'application :

II.4.2.1 Aéronautique

- Turbocompresseur ;
- Turbine à gaz d'avion ;
- Moteur de turbopropulseur ;
- Moteur d'avion nucléaire ;
- Moteur de turboréacteur.

II.4.2.2 Turbines A Gaz Pour Des Véhicules

- Automobiles ;
- Locomotives ferroviaires ;
- Suralimentation par les gaz d'échappement.

II.4.2.3 Turbines A Gaz Dans L'industrie Pétrochimique

II.4.2.4 Turbines A Gaz Pour La Production D'énergie Electrique

II.4.3 Description De La Turbo Générateur [5]

Il existe deux tranches de production identique dans la centrale de l'ADRAR, chaque tranche délivre une puissance de 25MW et une tension de 11kV par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur de tension vers le réseau.

Le cycle de fonctionnement de la tranche de production comprend quatre phases :

Transformation de l'énergie mécanique en énergie potentielle de l'air comprimé dans le compresseur.

Transformation de la valeur calorifique du carburant en énergie thermique dans la chambre de combustion.

Transformation de l'énergie cinétique du débit de gaz chaud en énergie mécanique dans la turbine.

II.4.4 Principe De Fonctionnement De La Turbine A Gaz [5]

Le groupe thermique à gaz est constitué par une turbine à gaz à un seul arbre, entraînant un alternateur.

Dans la turbine à gaz, qui est considérée comme un moteur à combustion interne, la combustion d'un mélange air- combustible est utilisée pour produire la puissance sur l'arbre nécessaire à l'entraînement du compresseur, certains auxiliaires et principalement l'alternateur.

La turbine à gaz est autonome pour son démarrage, elle est donc équipée d'un dispositif de lancement qui est le plus souvent un moteur électrique ou un moteur à diesel.

D'arbre à travers un convertisseur de couple (réducteur de vitesse 200Hz-50Hz), la compresseur est entraînée c'est à dire comprime l'air filtré vers la chambre de combustion pour augmentée la puissance de l'air comprimé déjà qui entraîné la turbine.

Le combustible utilisé peut être liquide ou gazeux. Le combustible gazeux est utilisé comme combustible principal et le combustible liquide comme combustible de secours.

Le mélange combustible et l'air comburant est allumé par des bougies d'allumage dans les chambres de combustion, ramenant sa température à plus de 1000°C. Ce mélange à sa sortie des chambres de combustion, entre directement dans la turbine pour la faire tourner. Cette procédure permet de transformer l'énergie chimique en énergie calorifique dans les chambres de combustion, puis en énergie mécanique dans la turbine et enfin en énergie électrique dans l'alternateur (Figure II.6).

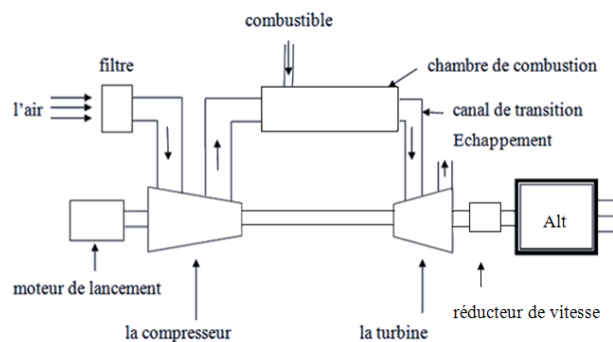


Figure II.6 : Schéma d'une turbine à gaz.

II.4.5 Le Démarrage Du Groupe Turbine-Générateur [5]

Cette opération se fait à partir de la salle de commande à distance et pour les opérations de secours, il est possible d'opérer un démarrage avec prise de charge rapide. La séquence de démarrage est décomposée comme suit :

- Le moteur de lancement est embrayé avec la turbine qu'il l'entraînera jusqu'aux environs de 70% de la vitesse nominale (3000 tr/min vitesse turbine).
- Auparavant vers 20% de la vitesse nominale (850 tr/min) le combustible est injecté et enflammé.
- Après une courte période du chauffage durant laquelle se fait l'injection de combustible pour éviter le choc thermique dans les parties chaudes de la turbine.

- Lorsque la turbine devient auto sustentatrice elle continue à accélérer et le moteur d'entraînement se trouve débrayé automatiquement.
- La turbine continue la montée en vitesse jusqu'à la fin de séquence de démarrage.

II.4.6 L'arrêt Du Groupe Turbine-Générateur [5]

Les opérations d'ordre d'arrêt sont :

- La charge du groupe est réduite à zéro ;
- Le disjoncteur largue le réseau ;
- de groupe s'ouvre par le relais du retour de puissance.

II.4.7 Composantes De La Turbine A Gaz [5]

II.4.7.1 Le Moteur De Lancement De La Turbine

Il peut être un moteur électrique ou thermique. Son rôle est d'imprimer une vitesse de rotation, à la turbine, suffisante à son démarrage.

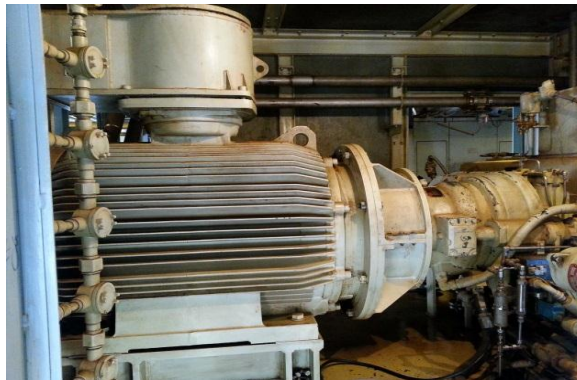


Figure II.7 : Moteur De Lancement.

II.4.7.1.a Description Fonctionnelle

Pendant la séquence de lancement, la turbine est entraîné par l'intermédiaire de l'engrenage des auxiliaires, par le moteur électrique, le convertisseur de couple, l'engrenage de sortie et l'embrayage de lancement l'ensemble embrayage de lancement et les cylindres d'engrènement sont s'installés sur l'ensemble engrenage des auxiliaires.

L'engrenage des auxiliaires est accouplé en permanence à l'arbre du compresseur de la turbine par un accouplement flexible.

Le convertisseur de couple transmet le couple de sortie du moteur électrique à l'engrenage des auxiliaires de la turbine par l'intermédiaire d'un engrenage inverseur.

La pompe de chargement, entraîné par l'ordre d'entrée du convertisseur de couple, alimenté celui-ci avec l'huile de graissage de la turbine.

II.4.7.1.b Convertisseur De Couple

C'est un élément qui convertit le couple donné par le moteur de lancement pour pouvoir tourner l'arbre de la turbine il est menu d'une pompe à huile entraînée par le moteur de lancement.

II.4.7.1.c Le Réducteur Des Auxiliaires

C'est un ensemble de roue dentée actionnée par l'arbre turbine pour entraîner la pompe à huile HP, pompe de graissage, pompe gasoil, compresseur d'air d'atomisation ...etc.

II.4.7.1.d Le Vireur

C'est une motopompe pour aider le moteur de lancement pendant le moment de démarrage. Pour éviter le flèche de l'arbre turbine il fait tourner l'ensemble de 1/4 de tour chaque 3mn. Le vireur est utilisé pour le positionnement dès la ligne d'arbre.

II.4.7.2 Le System De Filtration

II.4.7.2.a But De Filtration

Le but de ce système est de nettoyer l'air ambiant aspiré par le compresseur de tous corps étrangères (poussière...) donc il est nécessaire, car il permet d'éviter l'érosion des aubes compresseur et le colmatage des soupapes pneumatique. Il comprend trois étages avec deux modules de filtration par étage : soit six modules par filtre. Il est sous la forme de caisson fixe sur un support métallique situé sur le devant du groupe turboalternateur.

L'air pénètre par les flancs du caisson .Sur les faces avant deux moto ventilateur sont montées qui sert à dégager la poussière vers l'atmosphère.



Figure II.8 : Le system de filtration.

II.4.7.2.b Différents Type De Filtration Utilise

- ✓ Filtre d'air,
- ✓ Filtre de l'huile,
- ✓ Filtrer de gasoil.

II.4.7.3 Le Compresseur

Le compresseur, constitué d'un ensemble d'ailettes fixes (stator) et mobiles (rotor), comprime l'air extérieur, simplement filtré, jusqu'à 10 à 15 bars, voire 30 bars pour certains modèles, (un taux de pression de 1,4 à 2 par étage).



Figure II.9 : Compresseur centrifuge type axial.

Le compresseur à débit axial se compose d'un rotor et d'une série de corps. Les corps renferment les aubes orientables, les étages du rotor et l'aubage du stator, ainsi que les deux rangées d'aubes fixes de guidage. 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.

À 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.

II.4.7.4 Le Système De Combustion

Le système de combustion comporte :

II.4.7.4-a Chambres De Combustion

C'est une enceinte, généralement de forme cylindrique, dans laquelle est introduit l'air, après sa sortie du compresseur.

Un injecteur introduit du combustible qui se mélange à l'air pour composer la charge fraiche, nécessaires au cycle thermodynamique de fonctionnement de la turbine. Au démarrage des bougies sont chargées de provoquer des arcs électriques, (étincelles), afin de provoquer la combustion.

Selon la conception, de la machine, on peut avoir une chambre unique ou plusieurs disposées autour du compresseur.



Figure II.10 : Disposition des chambres de combustion, dans une turbine à gaz.

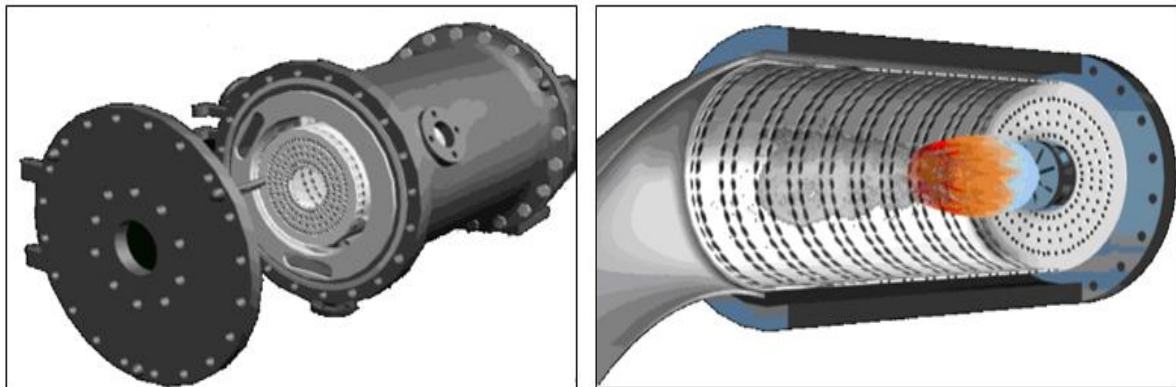


Figure II.11 : Coupe d'une chambre de combustion.

❖ Caractéristique Des Chambres De Combustion

Nombres de chambres	10
Nombres de bougies	02
Nombres de détecteurs de flamme	04
Alimentation de transformateur (bougie)	15000V
L'emplacement des bougies	Chambre 08 et 09
L'emplacement de détecteur	Chambre 02 ; 03 ; 7et 8
Pression du gaz	18 20 bar

Tableau II.1 : Tableau caractéristique des chambres de combustion.

II.4.7.4.b Les Injecteurs De Combustion

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

Le combustible liquide est atomisé à la sortie de l'injecteur par de l'air injecté sous haute pression, puis passe dans la zone de combustion. Le combustible gazeux est injecté directement dans chacune des chambres de combustion par des orifices calibrés situés sur la face interne du turbulateur.

II.4.7.4.c Les Bougies D'allumage

Elles ont pour rôle d'allumer le mélange de la charge fraîche. Elles sont installées dans les chambres de combustion. Pour provoquer les arcs électriques leur alimentation en haute tension se fait à partir de transformateur d'allumage.



Figure II.12 : Bougies d'allumage.

II.4.7.4.d Les Détecteurs De Flamme

Dès l'allumage, il est indispensable que l'indication de la présence (ou de l'absence) de flamme.

II.4.7.4.e Tube A 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.

Les parois des tubes à flamme sont percées par plusieurs rangées de trou qui permettent l'air d'entrer radialement de façon à provoquer un mélange en turbulence des gaz chauds dans les tubes à flamme.

Les deux premiers manchons servent pour introduire l'air de combustion ou primaire. Tandis que les trous du dernier manchon servent pour introduire l'air de dilution ou secondaire. Cet air secondaire a le but de réduire la température des produits de la combustion au niveau désiré avant d'entrer dans la turbine.

L'extrémité en amont du tube à flamme se termine par un cône, l'extrémité en aval du tube à flamme se termine par deux ressorts coniques. Ces ressorts accrochent la pièce de transition et le manchon de support du tube à flamme de façon à former une jonction entre les parties tout en conservant l'alignement.

L'extrémité en aval dit tube à flamme termine par deux ressorts coniques ce ressorts accrochent le tronc d'union et le manchon de support du tube à flamme de façon à former une jonction télescopique entre les parties tout en conservant l'alignement. Voir la (Figure II.13).

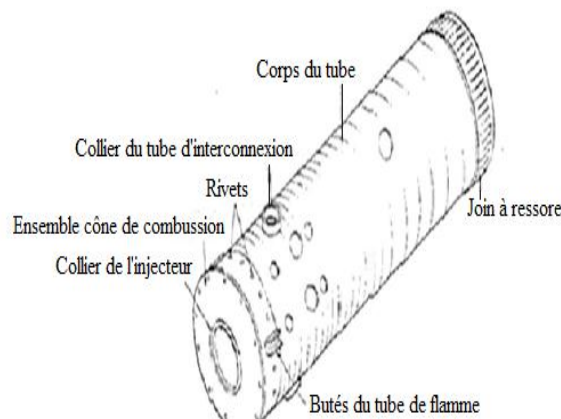


Figure II.13 : Tube à flamme.

II.4.7.4.f Les Pièces De Transition

Les pièces de transition permettent d'acheminer les gaz chauds en provenance des tubes de flamme vers la directrice du flux du premier étage de la turbine.



Figure II.14 : Forme de la pièce de transition.

II.4.7.4.g Tubes Interconnexion

Les chambres sont reliées entre elles par des tubes d'interconnexions! I dont le but est de propager la flamme aux autres chambres non encore allumées à partir d'une des chambres équipées en bougie d'allumage. Voir la (Figure II.15).

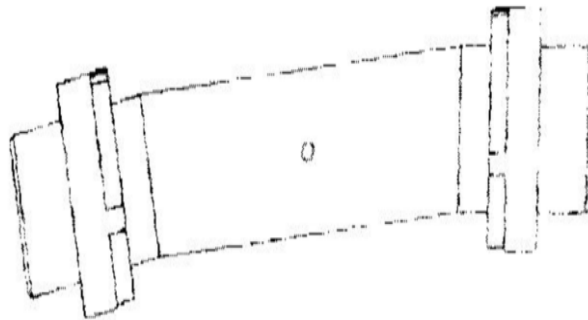


Figure II.15 : Tubes Interconnexion.

II.4.7.5 La Turbine

La turbine est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide, liquide comme l'eau ou gazeux (vapeur, air, gaz de combustion), pour faire tourner un arbre solidaire des pales de la turbine. L'énergie du fluide, caractérisée par sa vitesse et son enthalpie, est partiellement convertie en énergie mécanique, qui peut être utilisée pour entraîner un alternateur, une pompe ou tout autre récepteur mécanique rotatif.

Pour la section turbine l'énergie thermique des gaz à température élevée provenant des chambres de combustion se transforme en énergie mécanique, la puissance requise pour entraîner

le groupe de charge et le compresseur, est fournie par le rotor de la turbine à deux étages ; le premier étage ou roue haute pression et le deuxième étage ou roue basse pression.



Figure II.16 : Roues de la turbine à gaz.

II.4.7.5.a Rôle La Turbine

La turbine est l'élément qui permet de transformer l'énergie calorifique issue de la chambre de combustion en énergie mécanique nécessaire à entrainer à la fois le compresseur et l'alternateur.

Elle utilise $2/3$ environ de son énergie mécanique pour faire tourner le compresseur.

La turbine reçoit les gaz chauds (1200°C environ) de la chambre de combustion, elle les détend a la pression atmosphérique .dans cette détente l'énergie interne des gaz perdent leur pression et leur température.

II.4.7.5.b Le Stator De La Turbine

La section arrière de la carcasse de la turbine forme un corps pour les aubages fixes du Premier et du deuxième étage et les anneaux de deuxième de segments pour les roues du premier et du deuxième étage de la turbine.

L'air soutire du quatrième étage du compresseur et canalise pour refroidir la carcasse, puis évacué à l'arrive de celle -ci pour refroidir la surface arrive de la roue du deuxième étage de la turbine.

II.4.7.5.c Le Rotor De La Turbine

L'ensemble rotor de la turbine, se compose de la partie turbine compresseur de l'entretoise ainsi que des roues et des aubage mobiles du premier et du deuxième étage de la turbine.

II.4.7.5.d Fonctions Des Paliers

La fonction des paliers dits « paliers lisses » est de supporter le rotor du groupe dans une position concentrique vis-à-vis des enveloppes.

Le palier de butée quant à lui compense la poussée axiale résiduelle sur le rotor pendant les phases transitoires.

La butée doit maintenir le rotor dans sa rotation afin de s'opposer à toute poussée axiale qui peut engendrer un endommagement suite à un frottement entre les ailettes mobiles et les ailettes fixes du groupe turbocompresseur.

C'est d'ailleurs la raison pour laquelle certaines turbines sont équipées d'une protection dite « protection usure butée ». Cette protection provoque le déclenchement de la turbine si le danger de l'usure de la butée est pressenti.

Les dommages des paliers provenant des usures considérables du revêtement, peuvent provoquer des endommagements conséquents souvent très coûteux à cause des frottements axiaux entre parties fixes et parties mobiles.



Figure II.17 : Les paliers.

II.4.7.5.e Graissage et refroidissement des paliers

Pendant le fonctionnement normal, l'huile de graissage et de refroidissement des paliers est fournie soit par une pompe attelée soit par une motopompe à courant alternatif (dite pompe Principale).

II.4.7.6 Le Réducteur

Un réducteur mécanique a pour but de modifier le rapport de vitesse ou/et le couple entre l'axe d'entrée, (axe moteur) et l'axe récepteur de sortie d'un (machine entraînée). La puissance transmise, le rapport de réduction et la géométrie des dentures des engrenages caractérisent le type de réducteur.

Dans notre cas il est intercalé entre la turbine, qui tourne à vitesse élevée, et le rotor de la génératrice qui exige une vitesse de rotation réduite.

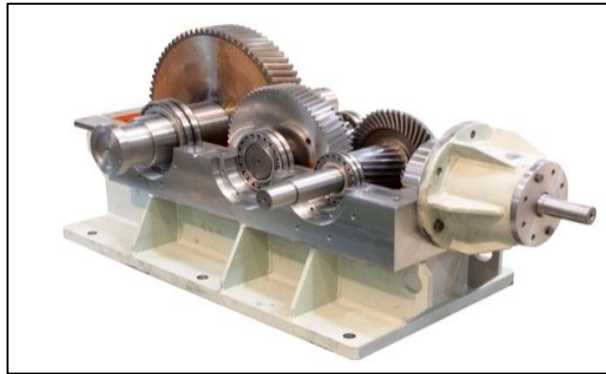


Figure II.18 : Vue externe d'un réducteur.

II.4.7.7 L'alternateur

L'alternateur est un générateur à courant alternatif, refroidi à l'air entraîné par turbine à gaz, par l'intermédiaire du réducteur de vitesse. Son sens de rotation est celui des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant l'alternateur, le dos tourné à la turbine à gaz.

L'extrémité côté réducteur du rotor de l'alternateur est accouplée de façon rigide au réducteur et supportée par celui-ci. L'extrémité du rotor côté excitation est supportée par le palier arrière, séparé de la carcasse de l'alternateur.

Voir les photos compartiment Alternateur et réducteur de vitesse.



Figure II.19 : Introduction du rotor dans le stator.

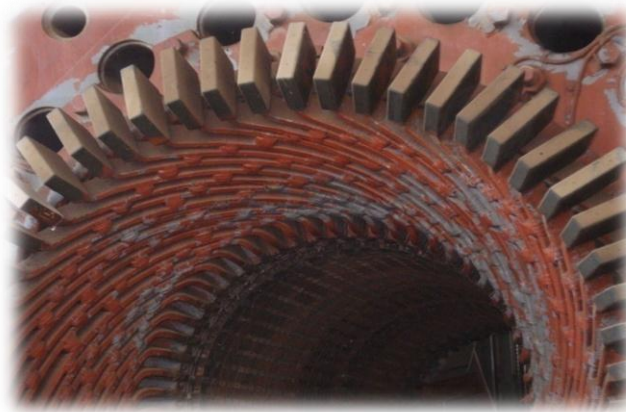


Figure II.20 : Bobinage du stator.

II.4.8 Avantages Et Inconvénients Des Turbines A Gaz

Il n'y a pas de machine idéale, les turbines à gaz comme toute machine, ont des avantages et des inconvénients.

II.4.8.a Les Avantage

Une puissance élevée dans un espace restreint dans lequel un groupe diesel de même puissance ne pourrait pas être logé ;

- ✓ À l'exception du démarrage et de l'arrêt, la puissance est produite d'une façon continue,
- ✓ Démarrage facile même à grand froid,
- ✓ Diversité de combustible pour le fonctionnement,
- ✓ Possibilité de fonctionnement à faible charge.

II.4.8.b Les Inconvénients

- ✓ Au-dessous d'environ 3000KW, le prix d'installation est supérieur à celui d'un groupe diesel,
- ✓ Temps de lancement beaucoup plus long que celui d'un groupe diesel ; à titre indicatif : 30 à 120 s pour une turbine, 8 à 20 s pour un groupe diesel.
- ✓ Rendement inférieur à celui d'un moteur diesel (cycle simple). À titre indicatif : 28 à 33 % pour une turbine de 3000 KW, 32 à 38 % pour un groupe diesel.

Conclusion

Dans ce deuxième chapitre on a présenté les différents types de centrale de production d'énergie électrique, et plus précisément la turbine à gaz quelle été bien détaillé puisque elle Contribue dans une large mesure aux motorisations actuelles. Leur avantage de légèreté en impose l'usage dans l'aéronautique, tandis que dans le domaine des fortes puissances, (production d'électricité), elles se démarquent par leur adaptation à des cycles combinés ou de cogénérations très performantes.