

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :  
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologies

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**LICENCE**

**Domaine :** Sciences et Technologies

**Filière :** Génie Electrique

**Spécialité :** Maintenance en Instrumentation Industrielle

**Thème**

**L'INSTRUMENTATION DES CENTRALES  
ELECTRIQUES**

**Par :**

**Mr. ABBOU Taher**

**Mr. SEDDIK Ahmed**

**Jury :**

**Dr. TOUAFEK Khaled**

Maître de conférences A

URAER Ghardaïa

**Encadreur**

**M. KIFOUCHE abdessalem**

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

**Examineur**

**Année universitaire 2015/2016**

# *Dédicace*

*Je dédiece travail à*

*Meschers parents monpèreAbdelkader et monmèreMbarka*

*Je ne trouveraijamais de mots pour vousexprimermonprofond*

*Attachementet ma reconnaissance pour l'amour,*

*La tendresseetsurtout pour votreprésence*

*Dansmes moments les plus difficiles.*

*A ma chèretanteetGrande mère*

*A toute la familleSEDDIKspécialement ma mèreetmonpère et  
ma chérésœurs*

*A mon frère Abderrahmane,Djalal ,Boamamet Mohammed*

*A toutes les deuxfamillesSaadanietBahamo*

*A meschersamis: chrík , mohammed, hamza, Taher, Hicham,  
Khaled , Yacine et SaïdTanfourí .*

*Enfin, je le dédié à mescollègues de promotion 2015*

*SEDDIK AHMED*

# Dédicace

*Je dédie ce travail*

*A ma raison de vivre, cher Père Ahmed*

*Qui m'a offert l'amour et le soutien moral et physique.*

*A ma source de tendresse qui m'a allaité de son lait et qui a  
partagé les moments les plus difficiles avec moi, ma chère  
ma mère Aïcha*

*A mon frère : Elyes, Abdallah*

*Et mes sœurs : Hayat, Meriem, Ibtihal*

*A mes grandes mères et mon père*

*A tout la famille ABBOU et BEN ZIDI*

*Plus particulièrement à mes amis : Atman, Hicham,  
Interha, Abdelhamid, Taher, Hamza, Zidane, Yazid,  
Abdelkrim, Abderazzak, Mohamed, Younes, Zakaria*

*A mes amis BEN YAHIA Iman, ABOUDA Zolikha, Faiza,  
Rekaia, Zoubida.*

*Enfin, je le dédie à mes collègues de  
promotion 2015*

*ABBOU Taher*



## Remerciements

*C'est avec l'aide de Dieu tout puissant, que ce modeste projet a pu être réalisé,  
Dieu qui nous a donné foi, raison et lucidité*

*Dieu Merci*

*Nos sincères remerciements sont exprimés agréablement à notre encadreur  
Monsieur **Mr TOUAFEK Khaled**, pour avoir accepté de nous encadrer et  
d'avoir été patient et compréhensif.*

*Nous remercions vivement les professeurs : **Mr. ARIF, Mr. BENAOUICHA**  
**Mr. BENCHABANNE**, et **Mr. SAADOUNI, Mr. DJALOULI***

*Le chef département **Mr HADJ SAYED AËK** pour ses directives et ses  
conseils.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude à monsieur l'examineur qui  
a bien voulu examiner ce modeste travail.*

*Tous les enseignants de la faculté qui ont participé à ma formation.*

*A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

***Merci à Vous Tous***



## Résumé

A notre époque, et sans électricité, la vie quotidienne serait difficilement Envisageable. Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue.

Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire de l'électricité en grande quantité. La turbine et l'alternateur sont les deux pièces maîtresses de ces générateurs d'électricité.

## Abstract

At our time, and without electricity, the daily life would be not easily possible. It is thus necessary to know to produce it efficiently and Continuous.

To answer the increasing consumption of electricity, it was necessary to invent and build factories able to produce electricity in great quantity. The turbine and the alternator are the two showpieces of these generators of electricity.

## ملخص:

إن العيش في هذا الأيام دون كهرباء، يعتبر من الأمور التي يصعب علينا الإنسان أن يتخيلها. لأجل ذلك يجب علينا أن نجعلها ممكنة، كما نحتاج إلى معرفة كيفية إنتاجها بكميات كبيرة وبشكل مستمر. إننا نحتاج إلى معرفة كيفية إنتاجها بكميات كبيرة وبشكل مستمر. إننا نحتاج إلى معرفة كيفية إنتاجها بكميات كبيرة وبشكل مستمر. إننا نحتاج إلى معرفة كيفية إنتاجها بكميات كبيرة وبشكل مستمر.

## *Liste des figures*

<b>Figure ( I. 1 )</b> :Schéma d'une dynamo de vélo.....	02
<b>Figure ( I. 2 )</b> :Aimants .....	02
<b>Figure ( I. 3 )</b> :Expérience N°02.....	03
<b>Figure ( I.4 )</b> : Expérience N°03.....	04
<b>Figure ( I.5 )</b> : Centrale thermique.....	05
<b>Figure ( I.6)</b> :Centralenucléaire.....	07
<b>Figure ( I.7)</b> :Centrale à flamme :... ..	08
<b>Figure ( I.8)</b> :Centrale Solaire de thermis.....	09
<b>Figure ( I.9)</b> :Centrale constituée de capteurs cylindro paraboliques.....	09.
<b>Figure ( I.10)</b> :Centrale solaireparabolique... ;.....	09.
<b>Figure ( I.11)</b> :Centrale solaire à tour..... ;.....	09
<b>Figure ( I.12)</b> :Centrale géothermique de Nesjavellir en Islande..... ;.....	11
<b>Figure ( I.13 )</b> : Central hydraulique..... ;.....	13
<b>Figure ( I.14 )</b> :Energie éolienne.....	14
<b>Figure ( I.15 )</b> :Centrale solaire photovoltaïque.....	15
<b>Figure ( I.16 )</b> : centrale solaire thermodynamique.....	16
<b>Figure ( II.1 )</b> : Schéma de Principe d'une tranche nucléaire disposant d'un REP et d'une tour de refroidissement... ;;.....	19
<b>Figure ( II.2 )</b> : Schéma de fonctionnement d'une centrale hydraulique.....	20
<b>Figure ( II.3 )</b> : Schéma de Fonctionnement énergie éolienne.....	21
<b>Figure ( II.4 )</b> : Schéma de détail de la nacelle et du rotor de éolienne de type aérogénérateur.....	22
<b>Figure ( II.5 )</b> : Schéma Fonctionnement des centrales photovoltaïques.....	23
<b>Figure ( II.6 )</b> : Schéma Fonctionnement des centrales thermodyainmque .....	24
<b>Figure ( II 7)</b> :Schéma Alternateur.....	25

<b>Figure (II.8):</b> Schéma de principe d'une turbine à vapeur.....	27
<b>Figure (II.9):</b> Principe de fonctionnement d'une turbine à gaz.....	28
<b>Figure (II.10):</b> Schéma d'une turbine à gaz.....	28
<b>Figure (II.11):</b> Schéma d'une turbine Pelton à 6 injecteurs..... ;.....	30
<b>Figure (II.12):</b> Schéma d'une turbine Kaplan.....	30
<b>Figure (III.1) :</b> L'organigramme de complexe.....	32
<b>Figure (III 2):</b> La soufflante du turboréacteur GE 90.....	33
<b>Figure (III.3) :</b> Schéma de circuit de refroidissement.....	34
<b>Figure( III.4) :</b> Schéma Les chambres de combustion.....	36
<b>Figure (III.5) :</b> Schéma Principe de refroidissement.....	36
<b>Figure (III.6) :</b> Schéma d'un injecteur aérodynamique.....	37
<b>Figure (III.7) :</b> Schéma d'un injecteur multi-points LPP.....	37
<b>Figure (III.8) :</b> Agencement Général de la TM2500+.....	41
<b>Figure (III 9):</b> Remorque Auxiliaire.....	41
<b>Figure (III.10) :</b> Schéma unifilaire de la centrale TAM SUD.....	42
<b>Figure (III.11):</b> Schéma unifilaire de la centrale TAM NORD.....	43
<b>Figure (III.12) :</b> Vérin variable stator valve.....	43
<b>Figure (III.13) :</b> Le châssis intermédiaire.....	44
<b>Figure( III.14) :</b> .....	44
<b>Figure (III.15) :</b> Capteur de pression.....	45
<b>Figure (III.16) :</b> Capteur de flamme.....	45
<b>Figure (III.17) :</b> Capteurs de vitesse.....	45
<b>Figure (III.18) :</b> Capteur du niveau de la conductibilité.....	46

## *Sommaire*

<b>Introduction générale :</b> .....	01
<b>Chapitre I : Les Différents types de centrales électriques</b>	
I.1 Introduction :.....	02.
I.2. De l’alternateur de vélo vers les centrales :.....	03
I.3 Les différents types de centrales électriques :.....	05
I. 4 Les centrales thermiques :.....	05
I.5 Les centrales nucléaires:.....	06
I.5.1 Description:.....	07
I.6 Les centrales flammes:.....	08
I.7 Energies renouvelables :.....	08
I.7.1 Centrale solaire photovoltaïque :.....	09
I.7.2 Centrales solaire thermodynamique:.....	10
I.7.3 Centrale géothermique:.....	11
I.7.4 Les centrales hydraulique :.....	13
I.7.5 Éolienne :.....	13
I.8 Conclusion :.....	14
<b>Chapitre II : Fonctionnements des centrales électriques</b>	
II.1 Introduction :.....	15
II.2 Fonctionnement technique :.....	16
II .3 Principe de fonctionnement des centrales hydrauliques :.....	21
II.3.1 Puissance d’une chute d’eau :.....	21
II.4 Fonctionnement énergies solaire :....	22
II.5 Fonctionnement énergie éolienne :.....	23

II.5.1 Fonctionnement des centrales photovoltaïques:.....	24
II.5.2 Fonctionnement des centrales thermodynamique:.....	24
I I.6 Les principales parties qui constitue une centrale électrique :.....	25
II.6.1 Alternateur :.....	25
II.6.2 Lesturbine:.....	26
II.6.2 .1 Lesturbineàvapeur:.....	27
II.6.2.2Les turbineagaz:.....	28
II.6.2.2.1 Définitionetprincipe defonctionnement :.....	28
II.6.3.Les turbine hydraulique :.....	28
II.6.3.1.Définition de la turbine :.....	28
II.6.3.2 Classification :.....	28

### **Chapitre III : L'instrumentation dans une centrale spécifique (centrale de turbine à gaz)**

III.1 Introduction :.....	31
III.2 Un aperçu de la turbine à gaz :.....	31
III.3 Présentation de l'organisme d'accueille:.....	32
III.4 Les composant principaux d'un turbine gaz :.....	33
III.4.1 La soufflanteou Fan :.....	35
III.4.2 Le compresseur :.....	35
III.4.3 Les circuits de refroidissements :.....	35
III.4.4 Les chambres de combustion :.....	35
III.4.4.1 Principe de fonctionnement :.....	35
III.5 Le complexe de production de Tamanrasset elle de installation de trois central :.....	38
III.5.1 Une central diesel de type FUJI composée de :.....	38
III.5.2 Une TG (turbine à gaz) composée de :.....	38
III.5.3 Le groupe animer énergie composée de :.....	38

III.6 Présentation des centrales : .....	38
III.6.1 Central diesel (moteur diesel + alternateur) :.....	39
III.6.2 Central à turbine à gaz (TM2500+) :.....	39
III.7 Caractéristique de moteur diesel Mitsubishi BM12V52/55B :.....	39
III.8 Caractéristique de la turbine à gaz TM2500+ : .....	39
III.9 avantages et inconvénients de la TG (turbine à gaz) :.....	40
III.10 Systèmes de Support de turbine :.....	40
III.11 la production :.....	41
III.12 schéma unifilaire :.....	42
III.13Quelle que instrumentation D'un turbine à gaz TM2500+ .....	43
III.13.1 Vérin de commande VSV :.....	43
III.13.2 Châssis intermédiaire de la turbine :.....	43
III.13.3Capteur de pression :.....	44
III.13.4Capteur de flamme chambre de combustion uv :.....	45
III.13.5Capteurs de vitesse :.....	45
III.13.6 Capteur du niveau de la conductibilité.....	46
III.14 Conclusion :.....	46
<b>Conclusion général:</b> .....	47

## Introduction générale

En 1993, la production mondiale d'électricité était de 12 300 milliards de kWh (Organisation des Nations Unies (ONU), 1995), 1 kWh correspondant à la quantité d'électricité nécessaire pour éclairer 10 ampoules de 100 W pendant une heure. Les Etats-Unis ont produit à eux seuls 25% de l'énergie totale. La production américaine, qui comprend des entreprises publiques et privées, s'est en effet élevée à 3 100 milliards de kWh en 1993; elle provenait de plus de 10 000 centrales (US Département of Energie, 1995). La fraction de cette industrie, qui est détenue par des investisseurs privés, emploie 430 000 personnes dans l'exploitation et la maintenance et enregistre des gains annuels de l'ordre de 200 milliards de dollars.

L'électricité est produite dans des centrales qui utilisent des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel ou charbon) ou qui font appel à l'énergie nucléaire ou à l'énergie hydraulique. En 1990, par exemple, 75% de l'énergie électrique produite en France provenait de centrales nucléaires. En 1993, 62% de l'électricité produite dans le monde provenait des combustibles fossiles, 19% de l'énergie hydraulique et 18% de l'énergie nucléaire. Les autres sources d'énergie renouvelables comme le vent, l'énergie solaire, l'énergie géothermique ou la biomasse ne représentent qu'une faible proportion de la production mondiale d'électricité. A la sortie des centrales, le courant électrique est transmis par des réseaux interconnectés à des systèmes de distribution locaux et, à partir de ceux-ci, aux consommateurs.

En règle générale, le personnel qui permet d'assurer toutes ces activités est à dominante masculine et possède un niveau élevé de qualification et de connaissances techniques. Il exerce des tâches très diverses qui ont de nombreux éléments communs avec les secteurs du génie civil, des industries de transformation, des transports et des télécommunications. Certaines de ces opérations seront traitées dans les articles qui suivent. Il sera également fait mention des principales dispositions de sécurité en vigueur aux Etats-Unis dans le domaine de la production et de la distribution d'énergie électrique.

# Chapitre I

## Les Différents types de centrales électriques

### I.1 Introduction

La production d'électricité est tout simplement une conversion, une transformation d'énergie mécanique (liée au mouvement) en énergie électrique.

La plupart du temps l'électricité est produite à partir d'une source de chaleur, en utilisant la vapeur d'eau comme colporteur d'énergie. La vapeur fait tourner des turbines qui sont couplées à des générateurs électriques. La vapeur peut être produite en utilisant la plupart des sources d'énergie. Les énergies hydrauliques et éoliennes étant des exceptions puisque c'est l'énergie de l'eau et du vent en déplacement qui produit un travail directement dans une turbine couplée à un générateur.

Les centrales nucléaires utilisent souvent un circuit primaire et secondaire de vapeur, afin d'isoler physiquement le réacteur nucléaire de la salle des générateurs et du reste des installations.

De petites installations (brûlant habituellement du gaz naturel) combinent la génération d'électricité et de chaleur (pour le chauffage domestique ou pour des processus industriels). Ces centrales électriques combinées ont le meilleur rendement, après les centrales hydroélectriques. Cette technique porte le nom de cogénération.

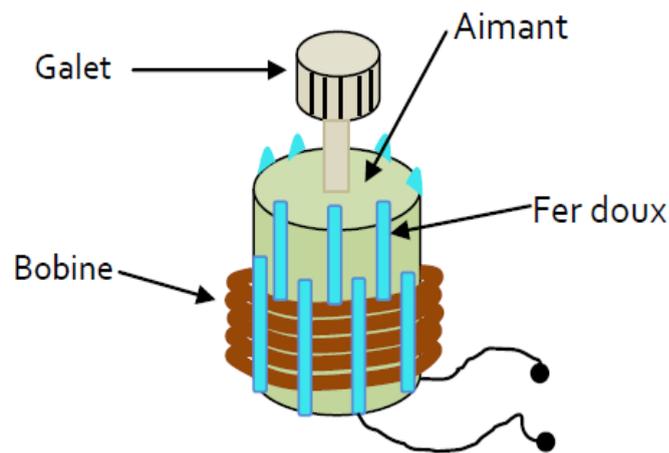
Des expériences sont en cours pour utiliser la géothermie pour produire de l'électricité en creusant à très grande profondeur dans des roches dures, ce qui permettent de réchauffer un fluide caloporteur alimentant en vapeur une turbine (via une pompe à chaleur quand la température est trop faible).

Tous les véhicules automobiles non électriques utilisent un petit alternateur couplé mécaniquement au moteur principal pour une génération locale d'électricité basse tension, une batterie d'accumulateur le remplace pendant l'arrêt du moteur principal.

Des unités d'appoint ou de secours, appelées groupes électrogènes permettent une fabrication d'électricité ponctuelle, ils utilisent tous un moteur à explosion pour entraîner la génératrice [1].

## I.2. De l'alternateur de vélo vers les centrales

La figure I.1 montre la dynamo d'un vélo. C'est une machine électrique (génératrice à courant continu). Elle est constituée de la partie fixe (stator) qui joue le rôle de l'inducteur et- une partie qui tourne (rotor) dans lequel est produite l'électricité.



**Figure I. 1 :** Schéma d'une dynamo de vélo

Dans la figure I.2, on approche un aimant droit d'une petite aiguille aimantée mobile que l'on appelle habituellement Une boussole. Lorsque l'aimant est approché de l'aiguille aimantée, celle-ci est déviée par rapport à sa position de repos.

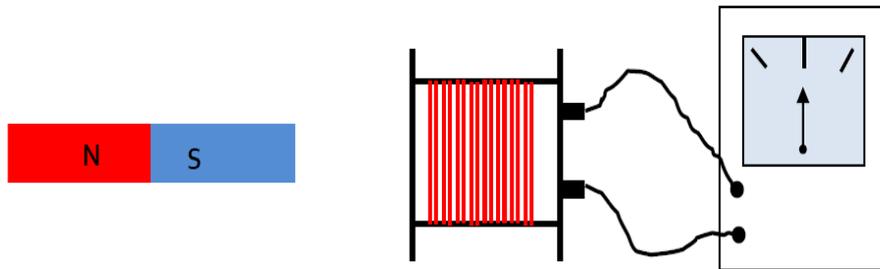


**Figure I. 2 :** Aimants

La perturbation de l'aiguille aimantée est due à la présence de l'aimant qui crée un champ magnétique.

On utilise l'aiguille aimantée pour détecter la présence d'un champ magnétique.

Dans un autre cas, on déplace de diverses manières un aimant droit au voisinage d'une bobine reliée à un ampèremètre à cadran et à zéro central (Figure I .3).



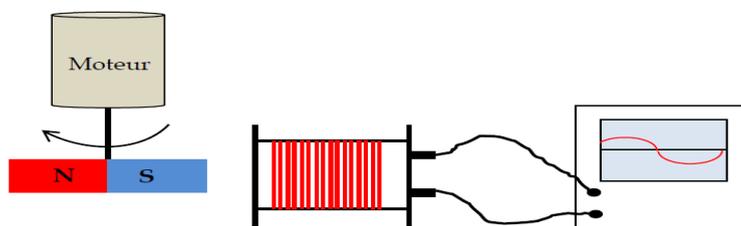
**Figure I .3** : Expérience N°02

**On observe ceci :**

- Si l'aimant est immobile par rapport à la bobine, l'aiguille de l'ampèremètre ne bouge pas.
- Si l'on approche l'aimant de la bobine, l'aiguille de l'ampèremètre dévie donc un courant apparaît dans la bobine.
- Si l'on éloigne l'aimant de la bobine, l'aiguille de l'ampèremètre dévie dans l'autre sens donc le courant circulant dans la bobine change de sens.
- Plus le déplacement est effectué de manière rapide, plus la déviation de l'aiguille est grande donc plus le courant circulant dans la bobine est intense.
- Si l'aimant effectue un mouvement de va-et-vient, il circule un courant alternatif dans la bobine.

Le déplacement d'un aimant au voisinage d'une bobine fait apparaître un courant électrique qui circule dans celle-ci : c'est le phénomène d'induction électromagnétique.

A l'aide d'un moteur ou d'une perceuse, on fait tourner un aimant droit devant une bobine. On visualise la tension électrique aux bornes de la bobine grâce à un oscilloscope.



**Figure I.4** : Expérience N°03

Quand l'aimant tourne, il apparaît une tension alternative aux bornes de la bobine (Figure I.4).

Au cours de cette expérience nous avons reproduit ce qui se passe dans l'alternateur vélo.

Un alternateur est un convertisseur d'énergie mécanique en énergie électrique.

### I.3 Les différents types de centrales électriques

Une centrale électrique produit de l'électricité au moyen de générateurs à courant alternatif, entraînés par des appareils moteurs utilisant les différentes formes naturelles d'énergie : thermique, éolienne, solaire, géothermique, hydraulique et marémotrice. Actuellement, la quasi-totalité de l'électricité commercialisée dans le monde est produite par des centrales thermiques et hydroélectriques. Les autres modes de production ne sont pas encore compétitifs et n'interviennent que pour une faible part dans le bilan mondial [2].

#### I.4 Les centrales thermiques

Une centrale thermique est une centrale électrique qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur. Cette source peut être un combustible brûlé (tels gaz naturel, certaines huiles minérales, charbon, déchets industriels, déchets ménagers), la fission de noyaux d'uranium 235 ou de plutonium 239.

La source de chaleur chauffe un fluide (souvent de l'eau) qui passe de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur par exemple), gaz qui entraîne une turbine accouplée à un alternateur qui transforme l'énergie cinétique de la turbine en énergie électrique (Figure I.5).



**Figure I.5 :** Centrale thermique

Pour entraîner la turbine, il faut que la pression soit plus faible à sa sortie qu'à l'entrée. La baisse de pression à la sortie de la turbine est obtenue en condensant le gaz, en aval de la turbine, à l'aide d'une source froide.

Le fluide condensé est en général réutilisé comme source de vapeur et effectue un cycle thermodynamique fermé

La cogénération consiste à produire conjointement de la chaleur pour un procédé industriel ou le chauffage urbain, afin d'améliorer le rendement global .

## **I.5 Les centrales nucléaires**

Une centrale nucléaire est un site industriel utilisant la fission de noyaux atomiques pour produire de la chaleur, dont une partie est transformée en électricité (entre 30 % et 40 % en fonction de la différence de température entre la source froide et chaude). C'est la principale mise en œuvre de l'énergie nucléaire dans le domaine civil.

Une centrale nucléaire est constituée d'un ou plusieurs réacteurs nucléaires dont la puissance électrique varie de quelques mégawatts à plus de 1 500 mégawatts pour le réacteur soviétique de grande puissance RBMK. Selon les promoteurs du futur réacteur européen EPR, il devrait atteindre une puissance record de 1 600 mégawatts.

En 2006, 442 réacteurs fonctionnent dans 31 pays différents dans le monde, soit un total de 370 gigawatts produisant environ 17 % de l'électricité mondiale. La catastrophe de Tchernobyl a conduit à plusieurs moratoires ; la baisse des prix du pétrole durant les années 1990 a renforcé cette tendance, conduisant à construire moins de nouveaux réacteurs dans le monde. Parallèlement, les centrales vieillissent: en 2006, la majorité des réacteurs avaient de 15 à 36 ans, sept ayant de 37 à 40 ans.

### **I.5.1 Description :**

Une centrale nucléaire regroupe l'ensemble des installations permettant la production d'électricité sur un site donné, (Figure I.6).

Elle comprend fréquemment plusieurs tranches, identiques ou non; chaque tranche correspond à un groupe d'installations conçues pour fournir une puissance électrique donnée (par exemple 900 MWe, 1 300 MWe ou 1 450 MWe). Une tranche comprend généralement :

- Le bâtiment réacteur, généralement double enceinte étanche qui contient le réacteur nucléaire, les générateurs de vapeur (trois ou quatre selon la génération), un pressuriser qui a pour fonction de maintenir l'eau du circuit primaire à l'état liquide le groupe motopompe primaire servant à faire circuler le fluide caloporteur (eau) et une partie du circuit d'eau secondaire et le circuit d'eau primaire, dont le rôle principal est d'assurer le transfert thermique entre le cœur du réacteur et les générateurs de vapeur ;

- le bâtiment salle des machines, qui contient principalement :
  - une ligne d'arbre comprenant les différents étages de la turbine à vapeur et l'alternateur,
  - le condenseur,
- des bâtiments annexes qui contiennent notamment des installations diverses de circuits auxiliaires nécessaires au fonctionnement du réacteur nucléaire et à la maintenance, les tableaux électriques alimentant tous les auxiliaires et générateurs diesel de secours ;
- un aéroréfrigérant atmosphérique (la partie la plus visible d'une centrale nucléaire), ou simplement une station de pompage pour les tranches dont le refroidissement utilise l'eau de mer ou de rivière[10].

Les autres installations de la centrale électrique comprennent :

- un ou plusieurs postes électriques permettant la connexion au réseau électrique par l'intermédiaire d'une ou plusieurs lignes à haute tension, ainsi qu'une interconnexion limitée entre tranches ;
- un bâtiment administratif...

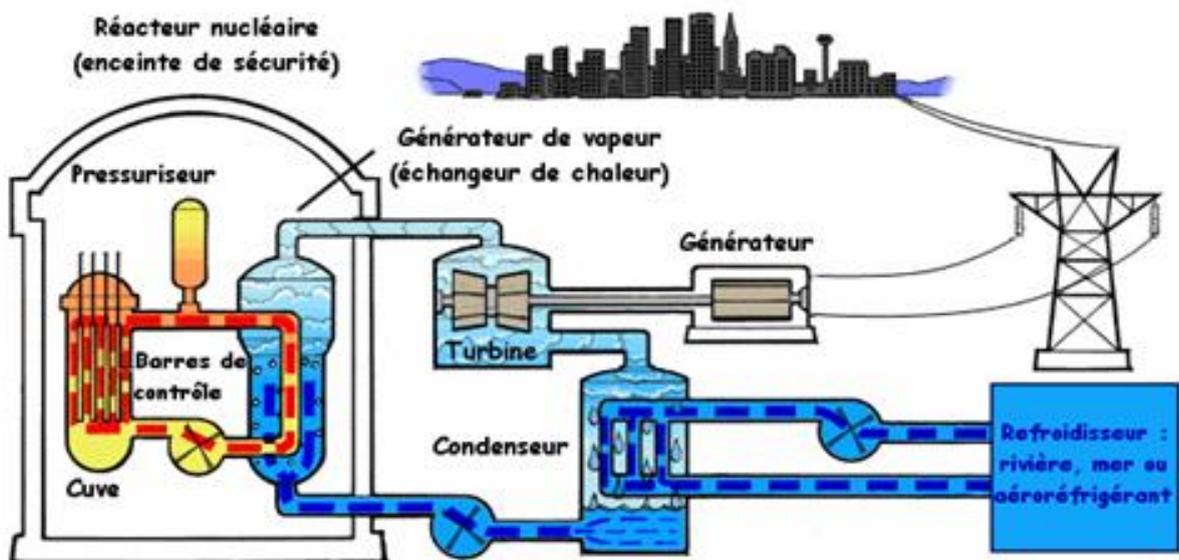


Figure I.6: Centrale nucléaire

## I.6 Les centrales flammes

Une centrale thermique à flamme utilise l'énergie fournie par la combustion d'un combustible (charbon, pétrole, gaz naturel, gaz issus de hauts-fourneaux). Cette combustion a lieu dans une chaudière (Figure I.7) [1].

La combustion dégage une grande quantité de chaleur utilisée pour chauffer de l'eau dans la chaudière (ou générateur de vapeur). On dispose alors de vapeur d'eau sous pression.

Cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraîne elle-même un alternateur qui produit une tension alternative sinusoïdale. A la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyée dans la chaudière.

Le refroidissement de la vapeur issue de la turbine est confié à une réserve d'eau (cours d'eau) ou plus rarement à une tour de refroidissement analogue à celle d'une centrale nucléaire.

Une centrale thermique à flamme fournit une puissance électrique de l'ordre de quelques centaines de mégawatts ( $1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}$ ) [3].

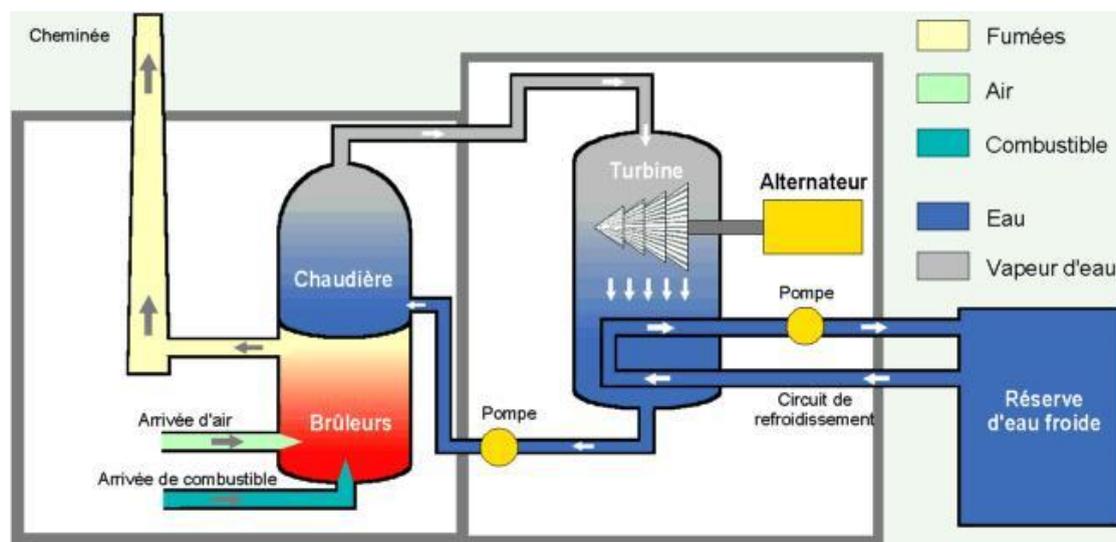


Figure I.7: Centrale à flamme

## I.7 Energies renouvelables

Les énergies renouvelables correspondent à différentes sources d'énergies qui se renouvellent à l'échelle humaine.

### I.7.1 Centrale solaire photovoltaïque :

Cet autre moyen de fabriquer de l'électricité avec l'énergie solaire utilise les rayonnements lumineux du soleil, qui sont directement transformés en un courant électrique par des cellules à base de silicium ou autre matériau ayant des propriétés de conversion lumière/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assemblées en panneaux.

Ce système, bien que de rendement faible, est très simple à mettre en œuvre et particulièrement léger. Inventé pour les besoins des satellites artificiels militaires, il est aujourd'hui très utilisé pour une production locale ou embarquée d'électricité.

Des panneaux solaires embarqués à bord de bateaux, véhicules terrestres, satellites et vaisseaux spatiaux, secondés par une batterie d'accumulateurs. Ces accumulateurs fournissent de l'énergie pendant les moments de non ou faible production des panneaux et stockent le surplus d'électricité pendant les moments de grande production.

Obstacles, défauts ou inconvénients :

Des projets de centrale solaire dans l'espace existent. Mais outre le problème du transport de l'électricité sur terre, il faudrait dans un premier temps transporter et assembler des milliers de tonnes de matériel en orbite, sans parler des problèmes de maintenance induits par un tel système.



**Figure I.15 :** Centrale solaire photovoltaïque

### I.7.2 Centrale solaire thermodynamique

Le soleil envoie chaque année 1.080.000.000 térawatt heures d'énergie sur la terre l'équivalent de 60.000 fois la consommation mondiale annuelle d'électricité. L'énergie solaire possède ainsi le plus grand potentiel parmi toutes les énergies renouvelables.

Une centrale solaire thermique (ou centrale solaire thermodynamique ou encore heliothermodynamique) est une centrale qui concentre les rayons du soleil à l'aide de miroirs afin de chauffer un fluide caloporteur qui permet en général de produire de l'électricité. C'est par exemple la centrale solaire de Vignole (Corse-du-Sud) et ce sera le cas de la Centrale solaire Thémis (Pyrénées- Orientales) qui après avoir été reprise en 2006 pour de nouveaux projets qui seront opérationnels en 2009-2010 [5]..

❖ Type :

On distingue :

- centrale à tour.
- centrale constituée de capteurs cylindro paraboliques.
- centrale constituée de capteurs paraboliques.



**Figure I.8 :** Centrale Solaire de thermisé



**Figure I.9:** Centrale constituée de capteurs cylindro paraboliques



**Figure I.10:** Centrale solaire parabolique



**Figure I.11:** Centrale solaire à tour

### **I.7.3 Centrale géothermique:**

La géothermie, du grec Géo (la terre) et thermie (la chaleur), est la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre et la technique qui vise à l'exploiter. Par extension, la géothermie désigne aussi l'énergie géothermique issue de l'énergie de la terre qui est convertie en chaleur (Figure I.12).

On distingue trois types de géothermie :

- la géothermie peu profonde à basse température ;
- la géothermie profonde à haute température ;
- la géothermie très profonde à très haute température.

Ces trois types de géothermie prélèvent la chaleur contenue dans le sol.

L'énergie géothermique est exploitée dans des réseaux de chauffage et d'eau chaude depuis des milliers d'années en Chine, dans la Rome antique et dans le bassin méditerranéen.

L'augmentation des prix de l'énergie et le besoin d'émettre moins de gaz à effet de serre la rendent plus attrayante [4].



**Figure I.12:** Centrale géothermique de Nesjavellir en Islande

#### Installations dans le monde

<i>Région du monde</i>	<i>MWe</i>
Asie	3 220
Amérique du Nord	2 971
Union européenne	883
Océanie	441
Ameriques centrale et du sud	416
Autres pays d'Europe	297
Afrique	128
<b>Total mondial</b>	<b>8 536</b>

**Tableau I. 1:** Capacité géothermique installée (2002)

#### I.7.4 Les centrales hydraulique :

L'énergie hydraulique est depuis longtemps une solution mise en œuvre dans la production d'électricité car elle utilise une énergie renouvelable (Figure I.9).

- À un étranglement des rives d'un cours d'eau, les hommes érigent un barrage qui crée une retenue d'eau. Au pied de ce barrage, on installe des turbines reliées à des alternateurs. On alimente en eau sous pression les turbines par un système de canalisations et de régulateurs de débit .
- Outre que les sites potentiels se situent généralement en montagne entraînant des surcoûts importants de construction, le nombre de ces sites est limité.
- De plus ce système implique parfois de noyer des vallées entières de terre cultivable, où les hommes vivent bien souvent depuis des générations. -Il y a différents types de centrales hydro-électriques, notamment les micro-centrales, installées sur des rivières en tête de bassin, certaines avec un fort impact écologique



**Figure I.13 :** Central hydraulique

### **I.7.5 Les centrales Éolienne :**

L'énergie éolienne est produite sous forme d'électricité par une éolienne (Figure I.10). Des éoliennes formées d'un mat surmonté d'un générateur électrique entraîné par une hélice, sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées.

-Obstacles et inconvénients :

Les principaux défauts de ces éoliennes, sont une pollution visuelle du paysage et l'obstruction de la navigation aérienne de proximité à basse altitude. Le bruit est également nuisible d'après certains témoignages, lorsque qu'une éolienne est installée près d'une habitation.

L'investissement est important, avec des rendements sujets aux caprices du vent et

assez moyens comparés à d'autres systèmes concurrents.

Solution individuelle :

Tout comme on voit de plus en plus des panneaux solaires individuels sur les habitations, une version horizontale de l'éolienne, deux roues à aubes imbriquées, peut être installée sur son toit. Elle est quasi silencieuse et évite le transport de l'énergie sur de longues distances et, les pertes qui vont avec. Des solutions de stockage (donc la régularité de l'énergie disponible) existent à l'échelle d'une habitation individuelle [2].



**Figure I.14 :** Energie éolienne

## **I.8 Conclusion**

La production d'électricité est tout simplement une conversion, une transformation d'énergie mécanique (liée au mouvement) en énergie électrique.

Les centrales électriques peuvent être comparées à une dynamo de vélo.

Dans ces centrales, l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique mais à plus grande échelle. On peut convertir également de l'énergie thermique, hydraulique ou encore éolienne en énergie électrique.

## Chapitre II

# Fonctionnements des centrales électriques

### II.1 Introduction

Une centrale électrique est une usine qui produit de l'électricité. Il existe des centrales thermiques, des centrales hydrauliques... et des centrales nucléaires. Toutes sont basées sur le même principe : faire tourner une turbine couplée à un alternateur qui fabrique de l'électricité. La différence de fonctionnement se situe au niveau de l'entraînement de la turbine. Dans les centrales hydrauliques, l'eau des barrages actionne la turbine. Dans les centrales thermiques classiques, un combustible fossile (charbon, gaz naturel ou pétrole) est brûlé pour transformer de l'eau en vapeur capable d'entraîner la turbine. Dans les centrales nucléaires, les noyaux d'uranium remplacent le combustible fossile. En se classant, ces gros noyaux libèrent de l'énergie nucléaire, qui sera utilisée pour produire de la vapeur d'eau laquelle, de la même manière que dans les centrales thermiques, peut activer la turbine

### II.2 Fonctionnement technique

Dans une tranche nucléaire, le réacteur nucléaire est en amont d'une installation thermique qui produit de la vapeur transformée en énergie mécanique au moyen d'une turbine à vapeur ; l'alternateur utilise ensuite cette énergie mécanique pour produire de l'électricité.

La différence essentielle entre une centrale nucléaire et une centrale thermique classique est matérialisée par le remplacement d'un ensemble de chaudières consommant des combustibles fossiles par un réacteur nucléaire.

Pour récupérer de l'énergie mécanique à partir de chaleur, il est nécessaire de disposer d'une source chaude et d'une source froide.

- pour un réacteur de type REP (Réacteur à Eau sous Pression), la source chaude est fournie par l'eau du circuit primaire, à la température moyenne de 306 °C (286 °C en entrée et 323 °C en sortie, température de sortie variant selon la puissance de la tranche) ;
- la source froide est fournie par l'eau d'un fleuve ou de la mer, ou bien de l'air

ambiant par évaporation dans des tours aérorefrigérant.

Ainsi, une tranche nucléaire de type REP comporte trois circuits d'eau importants indépendants :

- le circuit primaire qui se situe dans une enceinte de confinement.

Il est constitué, suivant le type de tranche, de 3 ou 4 générateurs de vapeur associés respectivement à une pompe (par GV), un pressuriser assurant le maintien de la pression du circuit (155 bar) puis d'un réacteur intégrant des grappes de contrôle et le combustible. Il véhicule, en circuit fermé, de l'eau liquide qui extrait les calories du combustible pour les transporter aux générateurs de vapeur (rôle de caloporteur). L'eau du circuit primaire a aussi comme utilité la modération des neutrons (rôle de modérateur) issus de la fission nucléaire. La thermalisation des neutrons les ralentit pour interagir avec les atomes d'uranium 235 et déclencher la fission de leur noyau. Par ailleurs, l'eau procure un effet stabilisateur au réacteur : si la réaction s'emballait, la température du combustible et de l'eau augmenteraient.

Cela provoquerait d'une part, une absorption des neutrons par le combustible (effet combustible) et d'autre part une modération moindre de l'eau (effet modérateur). Le cumul de ces deux effets est dit "effet puissance" : l'augmentation de ce terme provoque l'étouffement de la réaction d'elle-même, c'est un effet auto-stabilisant.

- le circuit d'eau secondaire est un circuit fermé, qui se décompose en deux parties :
  - entre le condenseur et les générateurs de vapeur, l'eau reste sous forme liquide : c'est l'alimentation des générateurs de vapeur ; des pompes permettent d'élever la pression de cette eau, et des échangeurs de chaleur en élèvent la température (60 bar et 220 °C).
  - cette eau se vaporise dans 3 ou 4 générateurs de vapeur (suivant le type de tranche ; 900 ou 1 300 / 1 450 MW) et les tuyauteries de vapeur alimentent successivement les étages de la turbine disposés sur une même ligne d'arbre. La vapeur acquiert une grande vitesse lors de sa détente permettant ainsi d'entraîner les roues à aubages de la turbine.

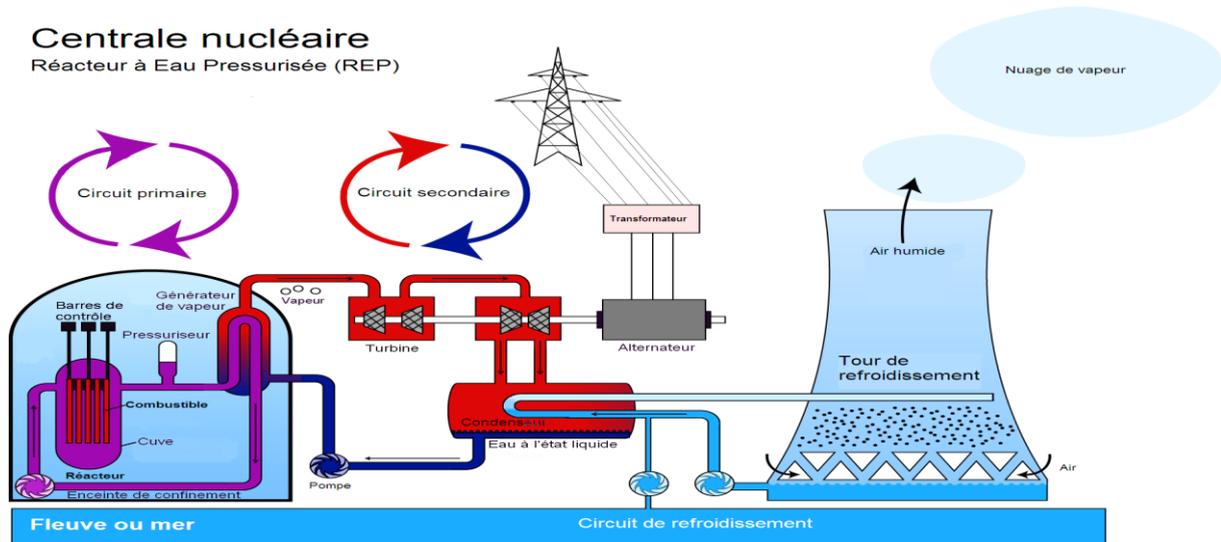
Celle-ci est composée de plusieurs étages séparés et comportant chacun de nombreuses roues de diamètre différent. D'abord, la vapeur subit une première détente dans un corps haute pression (HP ; de 55 à 11 bar), puis elle est récupérée, séchée et surchauffée pour subir une seconde détente dans les corps basse pression, (BP ; de 11 à 0,05 bar). On utilise les corps BP dans le but d'augmenter le rendement du cycle thermo-hydraulique. La sortie du dernier

étage de la turbine donne directement sur le condenseur, un échangeur de chaleur dont la pression est maintenue aux environs de 50 mbar absolu (vide) par la température de l'eau du circuit de refroidissement (selon la courbe de saturation de l'eau). Des pompes à vide extraient les gaz incondensables en phase gaz du mélange (principalement l'oxygène et l'azote). L'eau condensée dans cet appareil est réutilisée pour réalimenter des générateurs de vapeur.

- Le circuit de refroidissement assure le refroidissement du condenseur. L'eau est refroidie par un courant d'air dans une tour aéroréfrigérante d'où une petite partie (1,5 %) de l'eau s'échappe en vapeur en forme de panache blanc. L'eau de refroidissement peut aussi être échangée directement avec un fleuve ou la mer.

L'énergie mécanique produite par la turbine sert à entraîner l'alternateur qui la convertit en énergie électrique, celle-ci étant évacuée par le réseau électrique [10].

Lorsque la tranche nucléaire débite de la puissance électrique sur le réseau, on dit qu'elle est "couplée" au réseau. La déconnexion intempestive de l'alternateur au réseau (ce qu'on appelle un "déclenchement"), nécessite une réduction immédiate de l'alimentation en vapeur de la turbine par des vannes de réglage disposées sur les tuyauteries de vapeur, faute de quoi sa vitesse de rotation augmenterait jusqu'à sa destruction en raison de la force centrifuge excessive s'exerçant alors sur les aubages. Néanmoins, dans ce cas-ci, la tranche reste en service à faible puissance : la turbine est en rotation et reste prête au recoupage immédiat sur le réseau (la tranche est alors "ilotée" : elle alimente elle-même ses auxiliaires).



**Figure II.1 :** Schéma de Principe d'une tranche nucléaire disposant d'un REP et d'une tour de refroidissement

### II.3 Principe de fonctionnement des centrales hydrauliques

L'eau accumulée dans les barrages ou dérivées par les prises d'eau, constitue une énergie potentielle disponible pour entraîner en rotation la turbine d'une génératrice.

L'énergie hydraulique se transforme alors en énergie mécanique. Cette turbine accouplée mécaniquement à un alternateur l'entraîne en rotation afin de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique [8].

La puissance disponible résulte de la conjonction de deux facteurs :

- hauteur de la chute,
- débit de la chute

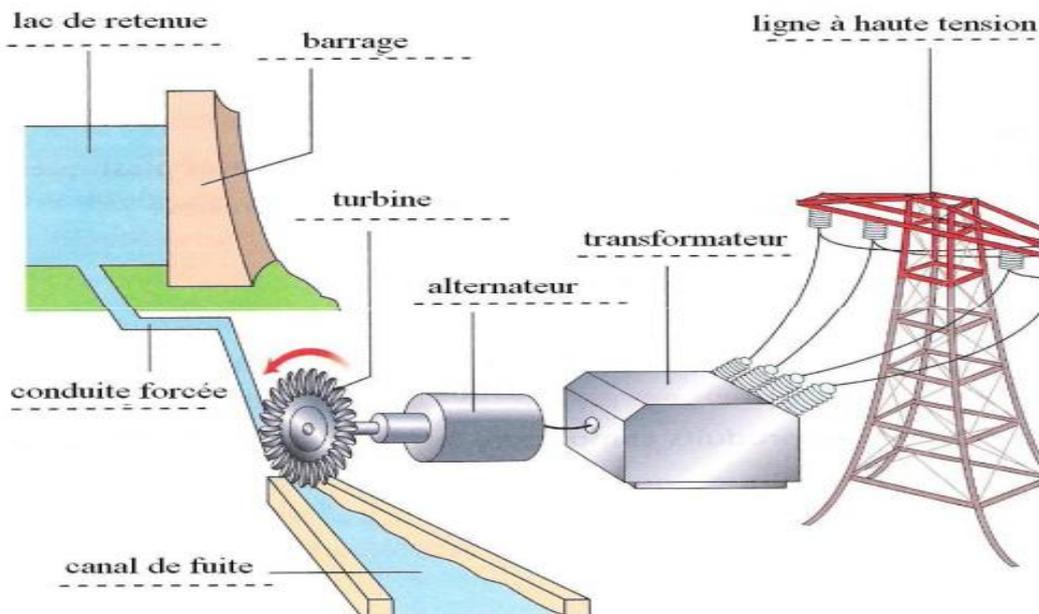


Figure II.2 : Schéma de fonctionnement d'une centrale hydraulique

#### II.3.1 Puissance d'une chute d'eau

La définition de l'énergie potentielle est :  $W = M.g.h$

Avec :  $W$  : énergie potentielle en Joules,

$M$  : masse de l'eau en Kg,

$g$  : accélération de la pesanteur en  $m/s^2$  ( $g = 9,81$ ).

$h$  : hauteur de la chute d'eau en m

La définition de la puissance est :  $P = W / t$

Avec :  $P$  : puissance utile de la chute d'eau en W,

$t$  : temps.

On peut alors calculer la puissance d'une chute d'eau en fonction de sa hauteur et de son débit

$$P = M \cdot g \cdot h / t \quad \text{or} \quad M = V \cdot Mv \quad \text{donc} \quad P = V \cdot Mv \cdot g \cdot h / t$$

On retrouve le débit, qui n'est rien d'autre que le rapport d'un volume par le temps :

$$P = Q \cdot Mv \cdot g \cdot h$$

Avec :  $Q$  : débit de la chute d'eau  $m^3/s$  en.

$Mv$  : masse volumique de l'eau en  $kg/m^3$

On voit que, pour avoir une puissance importante, le produit  $Q \cdot h$  doit être le plus élevé possible. L'idéal est d'avoir un grand débit sur une grande hauteur de chute. Malheureusement ces deux conditions sont rarement réunies. Les termes  $Mv$  et  $g$  sont constants.

#### Remarque

La masse volumique de l'eau est 1, donc  $1 m^3$  correspond à une masse de 1000 kg. On obtient alors une expression de  $P$  en  $KW$ .  $P = Q \cdot g \cdot h$

#### II.4 Fonctionnement énergie éolienne

Le principe de fonctionnement de l'énergie éolienne est relativement simple: le vent fait tourner les pales qui elles font tourner le générateur. A son tour le générateur transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. L'électricité est dirigée vers le réseau électrique ou vers des batteries de stockage [9].

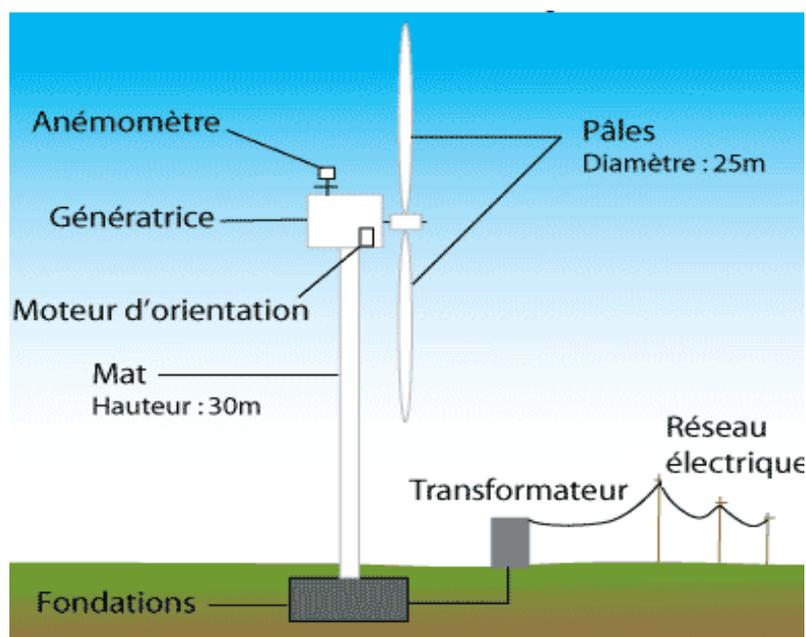


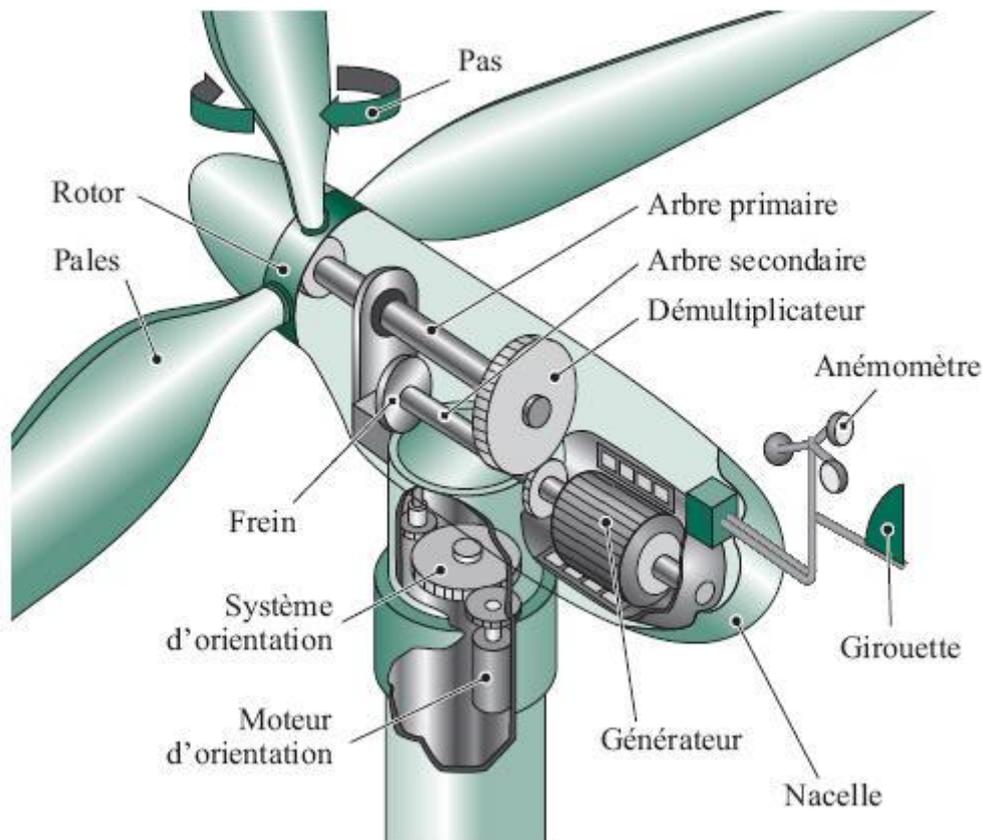
Figure II.3 : Schéma de Fonctionnement énergie éolienne

Le rotor est généralement constitué de 3 pâles fixées sur un moyeu.

Les pâles tournent à une vitesse maximum de l'ordre de 30 tours par minute.

La génératrice électrique

Elle transforme l'énergie mécanique en énergie électrique, comme une dynamo ou un alternateur de voiture.



**Figure II.4 :** Schéma de détail de la nacelle et du rotor de éolienne de type aérogénérateur

## II.5 Fonctionnement énergie solaire

La Division Energie Solaire CNIM fournit des centrales solaires thermodynamiques clés en main, en assure la conception, la réalisation et l'exploitation. Elle s'appuie sur les compétences historiques du Groupe - la mécanique, la génération de vapeur, les cycles thermodynamiques - pour proposer un panel de technologies innovantes particulièrement adaptées aux pays à fort ensoleillement [10].

CNIM est un pionnier du solaire thermodynamique (ou solaire à concentration). Dès les années 1980, le Groupe a investi dans le développement de cette technologie, concevant et réalisant la chaudière de la centrale solaire Thémis dans les Pyrénées Orientales, dont les innovations constituent encore à ce jour une référence

### II.5.1 Fonctionnement des centrales photovoltaïques:

Photovoltaïques est extrêmement simple. Elles sont constituées d'un champ de modules solaires photovoltaïques reliés entre eux en série ou en parallèle, et branchés sur un ou plusieurs onduleurs. L'énergie est directement transformée en électricité dans les panneaux, et passe ensuite dans le réseau électrique vers la ville la plus proche[10].

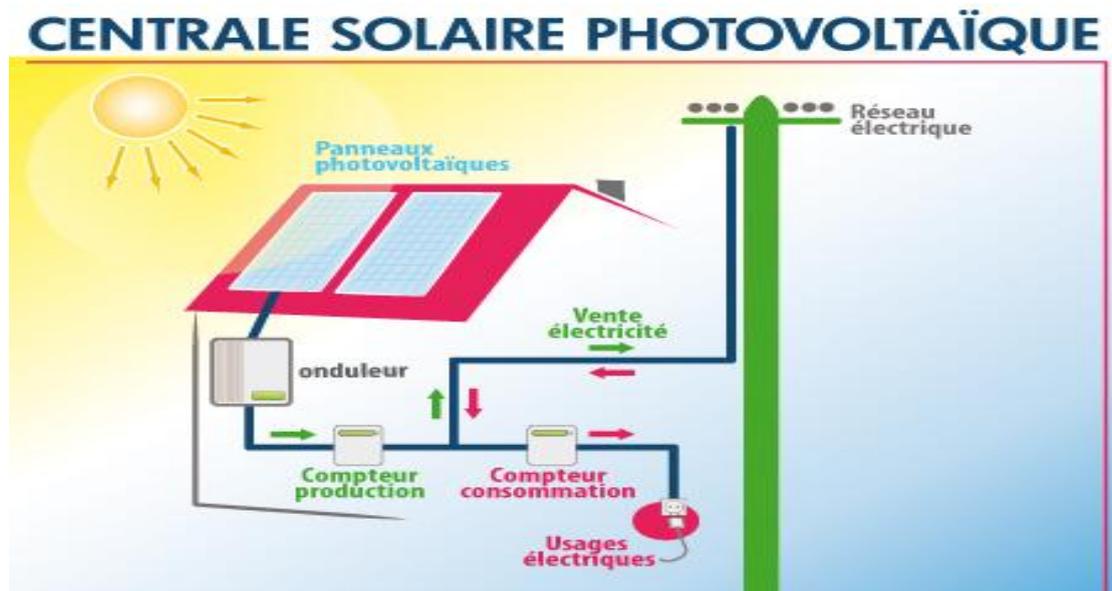


Figure II.5 : Fonctionnement des centrales photovoltaïques

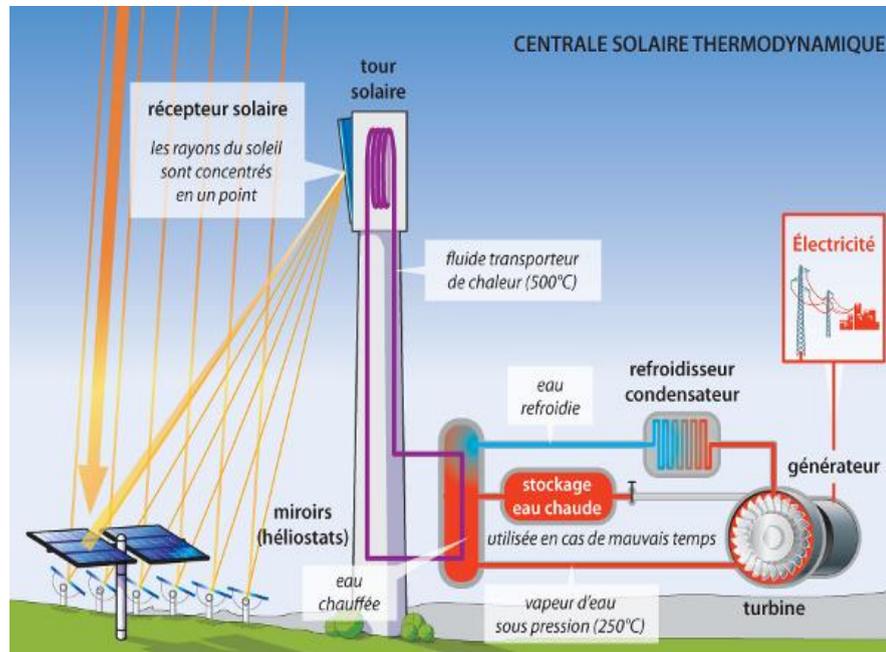
### II.5.2 Fonctionnement des centrales thermodynamique:

Le champ solaire est basé sur la technologie dite « miroirs de Fresnel ». Des miroirs mobiles concentrent les rayons du soleil sur un tube récepteur fixe placé à 10 mètres au-dessus du sol. À l'intérieur du tube récepteur circule de l'eau, celle-ci est alors chauffée puis transformée en vapeur.

Tout au long de la journée, les miroirs sont orientés de façon à suivre la course du soleil. La vapeur ainsi produite peut être valorisée pour :

- La production d'électricité, via un groupe turbo-alternateur (turbine à vapeur ou groupe ORC). Les solutions proposées par CNIM vont de quelques Mégawatts à plusieurs dizaines de Mégawatts électriques. Les centrales peuvent être intégrées très facilement sur le réseau existant ou déployées sur des sites dits isolés[10].

- La production de chaleur : vapeur procédé pour tous types d'applications industrielles : agroalimentaire, métallurgie, chimie etc. Les chaudières solaires CNIM s'hybrident également sur les réseaux vapeurs des centrales thermiques existantes (booster).



**Figure II.6 :** Fonctionnement des centrales thermodynamique

## II.6 Les principales parties qui constitue une centrale électrique

### II.6.1 Généralités Alternateur

L'alternateur a pour but de fournir l'énergie électrique sous forme de courant alternatif monophasé ou triphasé à partir de l'énergie mécanique fournie par un moteur d'entraînement. Le moteur d'entraînement peut être une turbine hydraulique, une turbine à vapeur, un moteur diesel ou à gaz [11].

L'alternateur fonctionne sur le même principe que la dynamo à courant continu, c'est-à-dire, lorsqu'on déplace un conducteur dans un champ magnétique de façon à couper des lignes de force, il apparaît une différence de potentielle entre ses extrémités. Le courant est recueilli directement aux bornes des conducteurs de l'induit par l'intermédiaire de bagues et balais (Figure II 7).

$$E = KNf\Phi = KNpn\Phi$$

**f** : fréquence en hertz (Hz)

**p** : nombre de paires de pôles du rotor **n** : vitesse en tours seconde

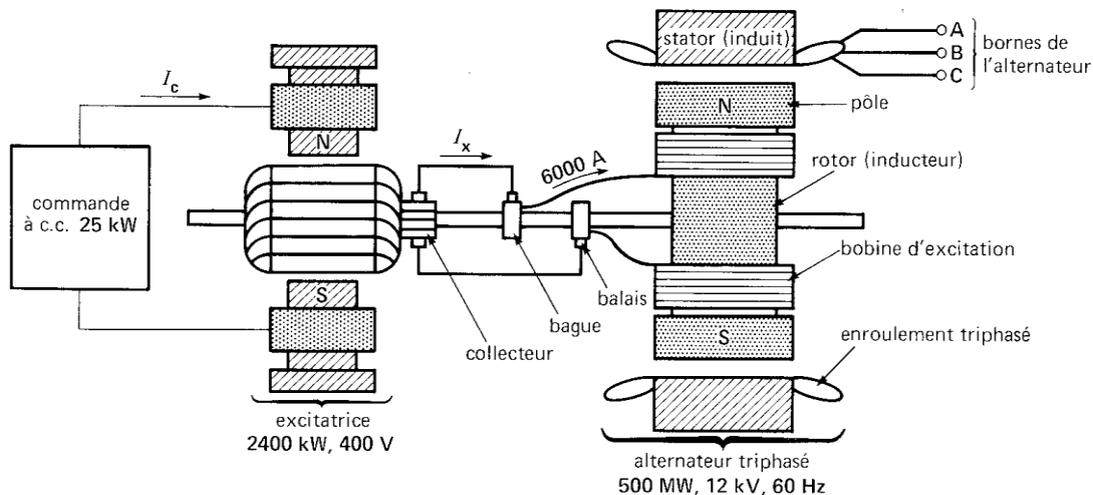
**N** : nombre de conducteurs

**$\Phi$**  : flux sous un pôle (weber)

**$K = 2,22kfk_b$**  : coefficient de Kapp de la machine synchrone (**1,6 à 2,9**) avec  **$K_f$**  : coefficient de forme (le champ n'est pas sinusoïdal  **$K_f$**  peut être  $>1$ ) et  **$K_b$**  : coefficient de bobinage ( **$K_b <1$** ).

Cette disposition est pratiquement pour les petits alternateurs. Comme les alternateurs doivent en général débiter de forts courants sous de hautes tensions et les difficultés d'avoir une bonne isolation des bagues et un bon contact entre bagues et balais, la disposition inverse a été adoptée. Alors, l'induit est fixe et l'inducteur tournant avec un courant beaucoup plus faible qui passe par les contacts bagues-balais.

On distingue les alternateurs à pôles saillants (vitesse de rotation inférieure à 1.000 tr/min) et les alternateurs à pôles lisses (vitesse de rotation supérieure à 1.000 tr/min).



**Figure II 7** : Alternateur

Lorsque l'alternateur fonctionne, il ya une chute de tension interne due à la résistance des enroulements et la réactance synchrone. Cette chute de tension est plus importante si le circuit est plus inductif et il peut y avoir une surtension aux bornes du récepteur si le circuit est capacitif, c'est-à-dire, en cas de surcompensation [11].

## II.6.2 Les turbine

La thermodynamique est la science qui étudie et décrit le comportement de la

matière ou des systèmes, en fonction des notions de température  $T$ , d'énergie (chaleur  $Q$ , travail  $W$ ...) et d'entropie  $S$ . La thermodynamique :

étudie l'évolution ou les transformations de la matière ou des systèmes en considérant les variations d'état du système, lors d'échanges d'énergie entre le milieu extérieur et le système[12].

❖ repose sur 2 notions de base, l'énergie interne ( $U$ ) et l'entropie ( $S$ ) qui satisfont aux deux principes suivants, qui stipulent que :

- l'énergie se conserve (premier principe de conservation de l'énergie).
- l'entropie ne peut qu'augmenter (deuxième principe d'évolution).

L'objet de la thermodynamique est d'étudier le fonctionnement et le bilan d'énergie des machines thermiques et aussi les échanges ou transferts de chaleur dans un système ou entre deux systèmes.

- dans les machines thermiques on assiste à une conversion d'énergie d'une forme en une autre (chaleur  $\rightarrow$  travail ou inversement).
- dans les échanges de chaleur, il y a transfert de chaleur par suite d'une différence de température dans le système ou entre deux systèmes.

Une turbine est un dispositif rotatif destiné à utiliser la force d'un fluide (eau, vapeur, air, gaz de combustion), dont le couple est transmis au moyen d'un arbre.

L'énergie du fluide, caractérisée par sa vitesse et son enthalpie, est partiellement convertie en énergie mécanique pour entraîner un alternateur, une pompe ou tout autre récepteur mécanique rotatif.

### II.6.2.1 Les turbine à vapeur

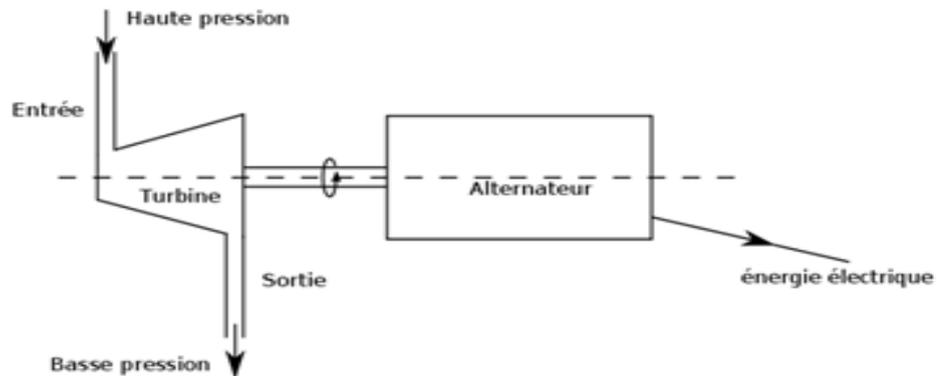
La turbine à vapeur (figure II.8) est un moteur thermique à combustion externe, fonctionnant selon le cycle thermodynamique dit de Clausius-Rankine. Ce cycle se distingue par le changement d'état affectant le fluide moteur qui est en général de la vapeur d'eau [13].

Ce cycle comprend au moins les étapes suivantes :

- L'eau liquide est mise en pression par une pompe et envoyée vers la chaudière,
- L'eau est chauffée, vaporisée et surchauffée,
- La vapeur se détend et refroidit dans la turbine en fournissant de l'énergie mécanique,
- La vapeur détendue est condensée au contact de la source froide sous vide partiel.

Le principe est donc le même que celui de la machine à vapeur à pistons. La turbine en

constitue une évolution exploitant les principaux avantages des turbomachines à savoir :



**Figure II.8:** Schéma de principe d'une turbine a vapeur

### II.6.2.2 Les turbine a gaz :

Les turbines à gaz sont séparées en deux catégories selon la nature de la puissance récupérée du fluide en sortie de la turbine .

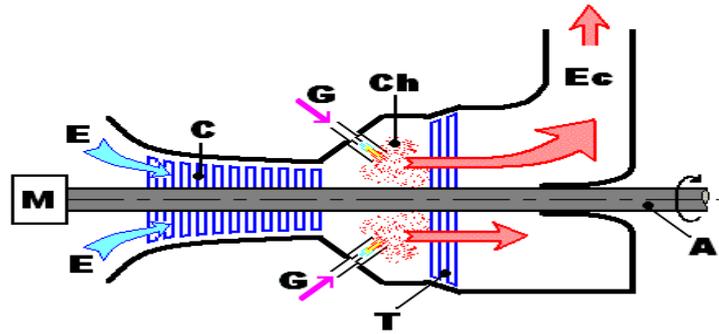
#### I.6.2.2.1 Définition et principe de fonctionnement

Une turbine à gaz, appelée aussi turbine à combustion ou parfois turbine à gaz de 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 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 (fuel ou gaz combustible) 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 rotatif entraîné par le même arbre que la turbine (Figure II.9).

Les turbines à gaz sont séparées en deux catégories selon la nature de la puissance récupérée du fluide en sortie de la turbine :

- Turbomoteur ou turbopropulseur : turbine qui génère la puissance extraite d'un arbre qui peut entraîner une hélice d'avion, un alternateur ;
- Turboréacteur : qui génère l'énergie cinétique sous forme d'un jet à haute vitesse pour la propulsion des avions[5].

Le principe de fonctionnement des turbines à gaz est le suivant :



**Figure II.9 :** Principe de fonctionnement d'une turbine à gaz

Le compresseur (C), constitué d'un ensemble de roues munies d'ailettes, comprime l'air extérieur (E), simplement filtré, jusqu'à 10 à 15 bars, voire 30 bars pour certains modèles.

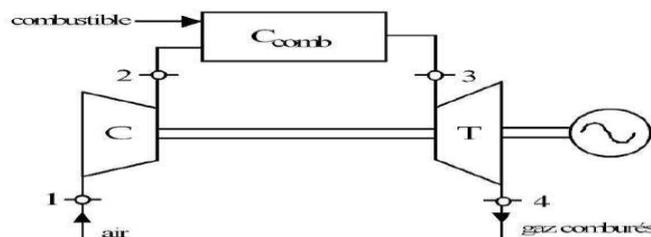
Du gaz (G), ou un combustible liquide atomisé, est injecté dans la chambre de combustion (Ch) où il se mélange à l'air comprimé et s'enflamme.

Les gaz chauds se détendent en traversant la turbine (T), où l'énergie thermique des gaz chauds est transformée en énergie mécanique. La turbine est constituée d'une ou plusieurs roues également munies d'ailettes. 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, d'autre part une charge qui n'est autre qu'un appareil récepteur (pompe, alternateur...) accouplé à son extrémité droite. Pour la mise en route, on utilise un moteur de lancement (M) qui joue le rôle de démarreur.

Le réglage de la puissance et de la vitesse de rotation est possible en agissant sur le débit de l'air en entrée et sur l'injection du carburant[7].

#### Calculs thermodynamiques de dimensionnement



**Figure II.10 :** Schéma d'une turbine à gaz

### II.6.3. Les turbine hydraulique

Tout le monde sait ce qu'est une turbine hydraulique. Elle constitue le composant essentiel des centrales hydroélectriques destinées à produire de l'électricité à partir de chutes d'eau. Toutefois il est plus compliqué d'en saisir le fonctionnement et l'utilité. C'est la turbine qui assure la transformation de l'énergie cinétique en énergie mécanique de mouvement rotatif. Par contre ce n'est pas elle qui assure la transformation en énergie électrique.

#### II.6.3.1. Définition de la turbine

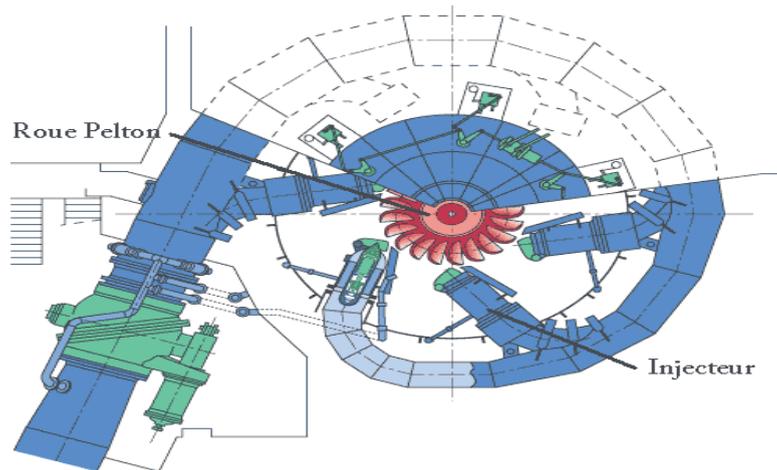
Appareil de transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie mécanique. En 1832, le physicien suisse Leonhard Euler ébauche la théorie de la réaction à partir de laquelle furent réalisées les premières turbines hydrauliques. Toujours la même année, le français Benoît Fourneyron invente la première turbine à réaction qui sera améliorée par Pierre Fontaine-Barron.

Il existe quatre grands types de turbines. Le choix du type de turbine le plus adapté est fait par le calcul de la vitesse spécifique notée  $ns$ .

- **La turbine Pelton**, adaptée aux hautes chutes, avec une roue à augets, inventée par Lester Allan Pelton en 1879. Elle est conçue pour les hauteurs de chute de plus de 200 mètres ;
- **La turbine Francis**, plutôt montée pour des chutes moyennes, voire hautes, avec une roue à aubes simple ou double. Conçue par James B. Francis en 1868 ;
- **La turbine Kaplan**, inventée en 1912, parfaitement adaptée aux basses chutes et forts débits, avec une roue de type hélice, comme celle d'un bateau. Viktor Kaplan a mis au point une roue à hélice dont les pales peuvent s'orienter en fonction des débits utilisables ;
- **La turbine Wells**, assez peu connue, utilise le mouvement de l'air provoqué par le mouvement des vagues à travers un tube vertical. Principe développé par Alan Wells[15].

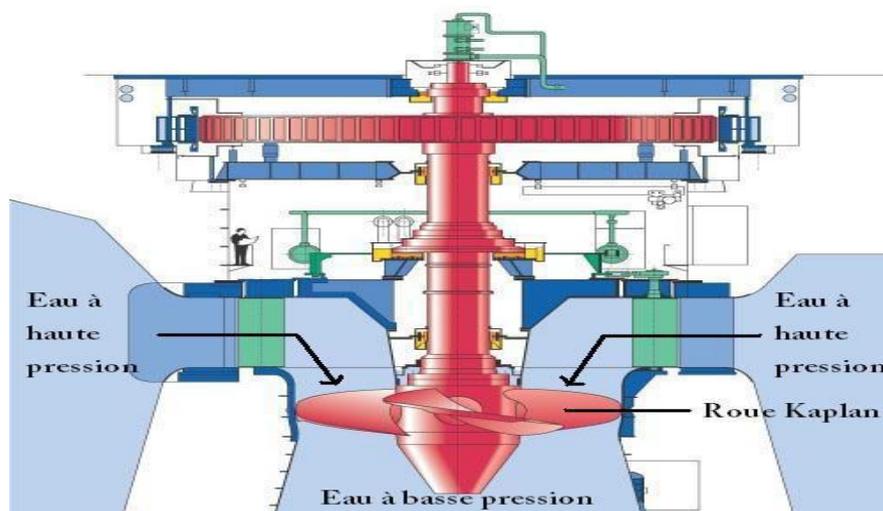
#### II .6.3.2 Classification :

On distingue essentiellement 2 types de turbines hydrauliques : les turbines à action et à réaction. Les turbines à action transforment la pression hydraulique en énergie cinétique par un dispositif fixe (injecteur), avant d'actionner la partie mobile (roue) créant de l'énergie mécanique. C'est le cas des turbines Pelton:



**Figure II. 11 :** Schéma d'une turbine Pelton à 6 injecteurs

Dans le cas d'une turbine à **réaction**, la partie mobile provoque au contraire une différence de pression entre l'entrée et la sortie, tel la turbine Francis ou la turbine Kaplan à écoulement axial. L'énergie cinétique de l'eau est pratiquement réduite à zéro, à cause du changement de vitesse que lui fait subir la turbine, et est transformée en énergie mécanique avec la mise en mouvement de la turbine[9].



**II. 12:** Schéma d'une turbine Kaplan

## II.7 Conclusion :

## Chapitre III

# L'instrumentation dans une centrale spécifique (centrale de turbine à gaz)

### III.1 Introduction

L'électricité est le sang de la moderne vie. La société de sonelgaz assure la production, le transport et distribution de cette énergie en Algérie. Dans ce rapport on va prendre une vue générale sur la partie de production de l'énergie électrique dans le sud d'Algérie, exactement à la cite Tamanrasset, à l'unité SKTM de Tamanrasset.

Le complexe de production de l'électricité de Tamanrasset est un ouvrage de sonelgaz qui relève de l'unité de la production SPE de cite Touggourt. La SPE est une section de SKTM {Shariket Kahraba oua Takat Moutadjadida}.

Le but de présent rapport est de démontrer la production de l'énergie électrique à l'unité de Tamanrasset.

### III.2 Un aperçu de la turbine à gaz

Les principaux composants du moteur sont une section du compresseur, une section de combustion et une turbine. La turbine est mécaniquement couplée et entraîne le compresseur par un arbre moteur.

Le compresseur, la chambre de combustion et la turbine sont appelés « noyau du moteur », puisque toutes les turbines à gaz possèdent ces composants. Le noyau est également dénommé « *générateur de gaz* » (GG) puisque le noyau produit à la sortie du gaz d'échappement chaud.

Le gaz est passé à travers un conduit d'échappement vers l'atmosphère. Sur certains types d'applications, le gaz d'échappement est utilisé pour entraîner une turbine supplémentaire appelée « *turbine de puissance* » qui est reliée à une pièce d'équipement entraînée (c.-à-d. générateurs, pompes, compresseurs de processus, etc.)

En raison de leur puissance de sortie élevée et de leur rendement thermique élevé, les moteurs de turbines à gaz sont également utilisés dans un large éventail d'applications non liés à l'industrie aéronautique. Le raccordement de l'arbre principal (ou de la turbine de puissance) du moteur à un rotor électro-aimant générera de l'énergie électrique. Les turbines à

gaz peuvent également être utilisées pour alimenter des navires, des camions et des chars militaires. Dans ces applications, l'arbre principal est connecté à une boîte de vitesse[11].

### III.3 Présentation de l'organisme d'accueil :

La société de production de l'électricité (SPE) est considérée comme la plus importante unité à la cité de Tamanrasset, elle est créée en 2009 et se situe à la route de l'aéroport BP 83 Tamanrasset, le complexe de production de Tamanrasset (TAMNORD), est constituée de différents directions et services qui sont présentés par l'organigramme suivant :

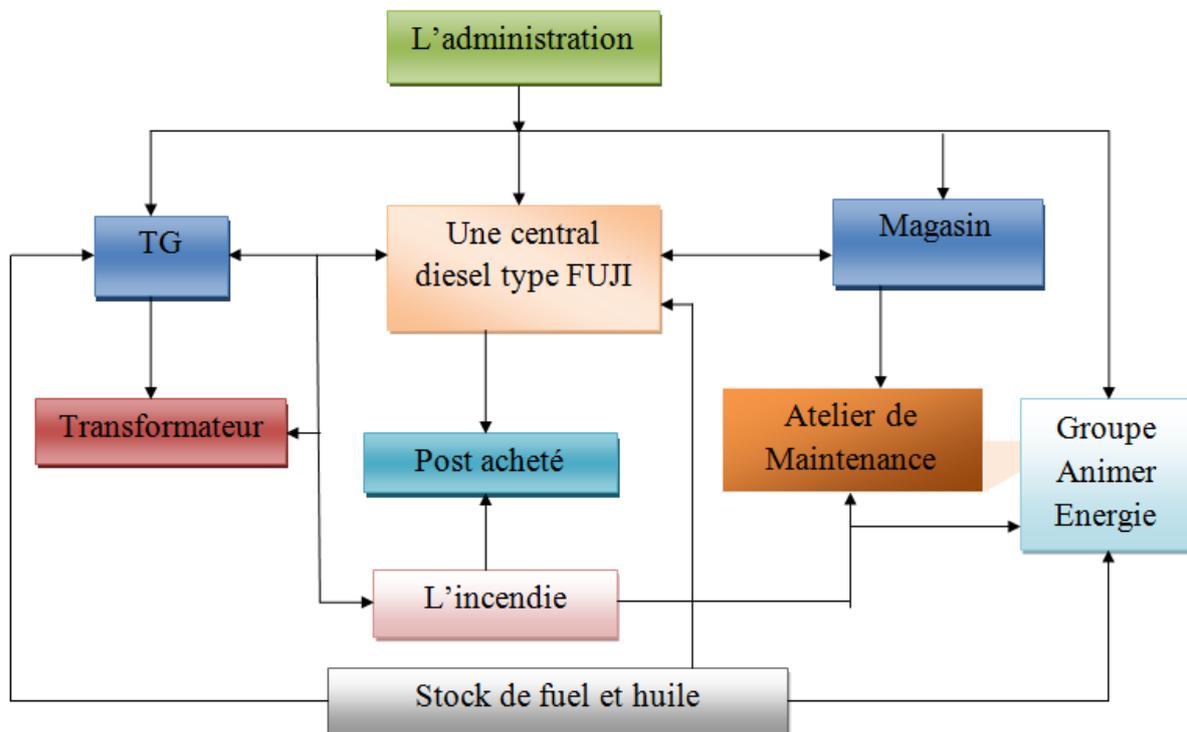


Figure III.1 : L'organigramme de complex

### I.4 Les composants principaux d'une turbine à gaz :

#### I.4.1 La soufflante ou Fan :

Dans la plupart des turboréacteurs à double flux, une soufflante est placée à l'avant du compresseur basse pression. Elle est constituée de pales de grandes dimensions dont l'incidence varie du pied de pale au bout de pale.

Son rôle est d'assurer la compression initiale de l'air entrant dans le réacteur, ce flux va être séparé en deux. La majeure partie appelée flux secondaire ou flux froid contourne toute la partie chaude du réacteur. L'autre partie appelée flux primaire ou flux chaud traverse tout le réacteur en passant par le compresseur basse pression, le compresseur haute pression, les chambres de combustion et les turbines haute pression et basse pression.



**Figure III 2:** La soufflante du turboréacteur GE 90

Sur la soufflante du turboréacteur GE 90 (photo ci-dessus), on voit nettement le redresseur (aubages fixes) du flux secondaire, ainsi que le redresseur aubages fixes du flux primaire

#### I.4.2 Le compresseur :

Le rôle du compresseur est d'aspirer et de comprimer l'air pour l'amener à des vitesses, pression et température optimales à l'entrée de la chambre de combustion.

Il existe deux sortes principales de compresseurs:

les compresseurs centrifuges

les compresseurs axiaux

Il y a également une solution mixte : le compresseur « axialo-centrifuge ».

Afin d'éviter les confusions ou malentendus on désigne dans le "jargon" motoriste par :

- rouet : l'organe mobile du compresseur centrifuge
- diffuseur : l'organe fixe du compresseur centrifuge
- rotor : l'organe mobile du compresseur axial
- redresseur : l'organe fixe du compresseur axial

#### I.4.3 Les circuits de refroidissements

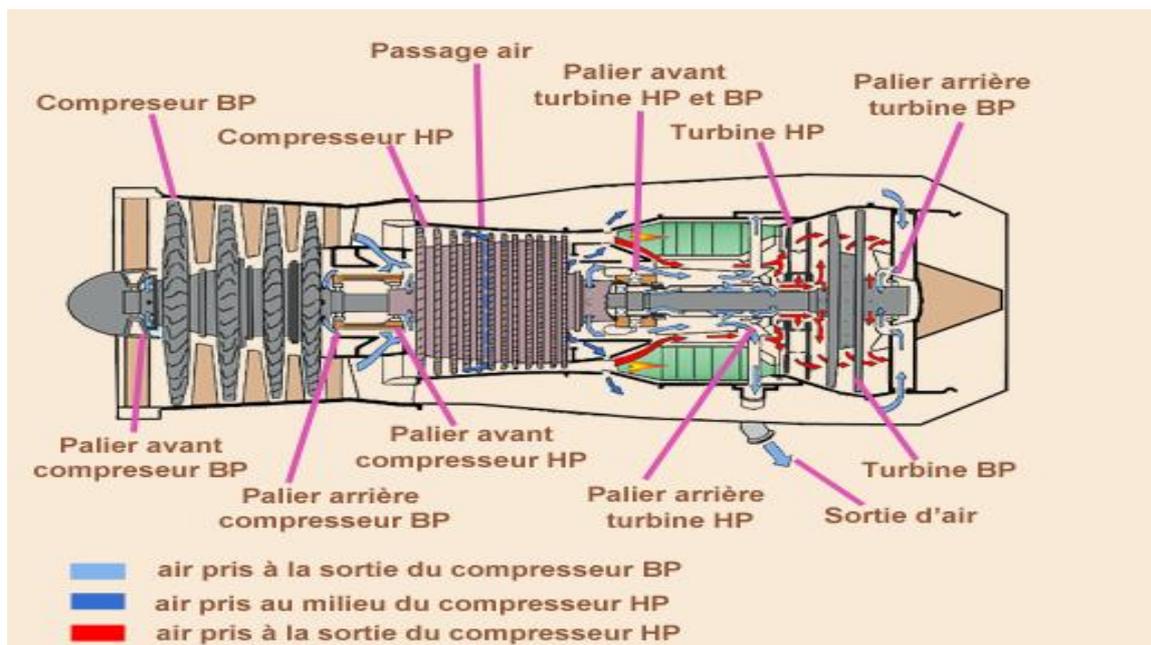
L'amélioration des performances et des rendements des turboréacteurs passe par l'augmentation de la température des gaz dans la chambre de combustion. Il est donc

nécessaire de refroidir les pièces sollicitées thermiquement, telles que:

- la ou les chambres de combustion
- les aubes des distributeurs turbines haute et basse pression
- les ailettes des turbines haute et basse pression
- la pressurisation des paliers des compresseurs et des turbines
- les accessoires
- les carénages et les bras radiaux.
- etc...

Chaque type de turboréacteur est différent mais le principe général pour le refroidissement reste le même sur le dessin ci-dessous:

- l'air provenant du compresseur BP sert à refroidir les cavités du moteur et à refroidir et pressuriser les paliers.
- l'air provenant du cinquième étage du compresseur HP sert à refroidir une autre partie du moteur.
- l'air sortant du compresseur HP va refroidir les distributeurs haute et basse pression ainsi que les ailettes des turbines haute et basse pression.



**Figure III.3** : Schéma de circuit de refroidissement

A noter que d'autres prélèvements d'air sont utilisés pour la climatisation de la cabine passagers, du poste de pilotage, des soutes à bagages et pour le dégivrage de la cellule.

#### **I.4.4 Les chambres de combustion**

La chambre de combustion est destinée à chauffer l'air qui sort du dernier étage du compresseur HP afin de lui apporter l'énergie nécessaire à faire mouvoir la ou les turbines et à donner suffisamment de poussée à la tuyère. Cet apport de chaleur se fait par la combustion de l'oxygène de l'air avec un carburant, du kérosène (hydrocarbure) en l'occurrence. Elle doit être la plus complète possible et la répartition des températures dans les gaz la plus homogène possible.

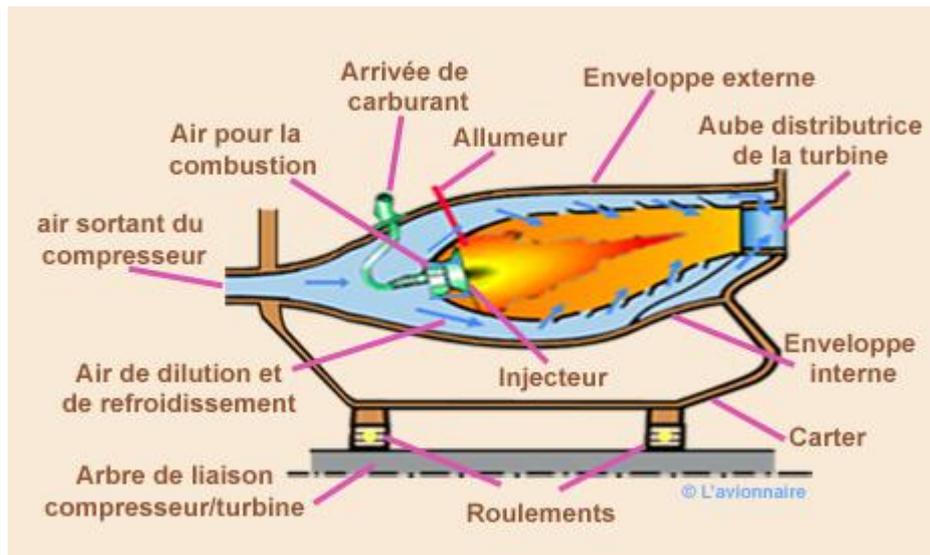
La chambre de combustion située entre le compresseur BP et la turbine HP est constituée d'un tube à flamme ou foyer (généralement) en forme de tore. Celui-ci est enfermé dans un carter, également de forme torique.

##### **I.4.4.1 Principe de fonctionnement**

Il est bien évident que le principe de fonctionnement varie d'un constructeur à un autre et même d'un réacteur à un autre chez le même constructeur. Mais le principe général de fonctionnement reste relativement identique.

L'air qui pénètre dans la chambre de combustion se répartit en plusieurs circuits. Une partie rentre directement dans le tube à flammes et dans l'injecteur pour contribuer à la combustion. Une autre partie contourne le tube à flammes et sert à la fois pour refroidir les parois et pour diluer et mélanger l'écoulement de l'air dans le foyer.

A la mise en rotation du réacteur le mélange de l'air provenant du compresseur et du carburant injecté par la pompe est enflammé par une bougie (allumeur). Après avoir atteint son régime d'autonomie l'allumage de la bougie est coupé et la flamme s'auto-entretient.

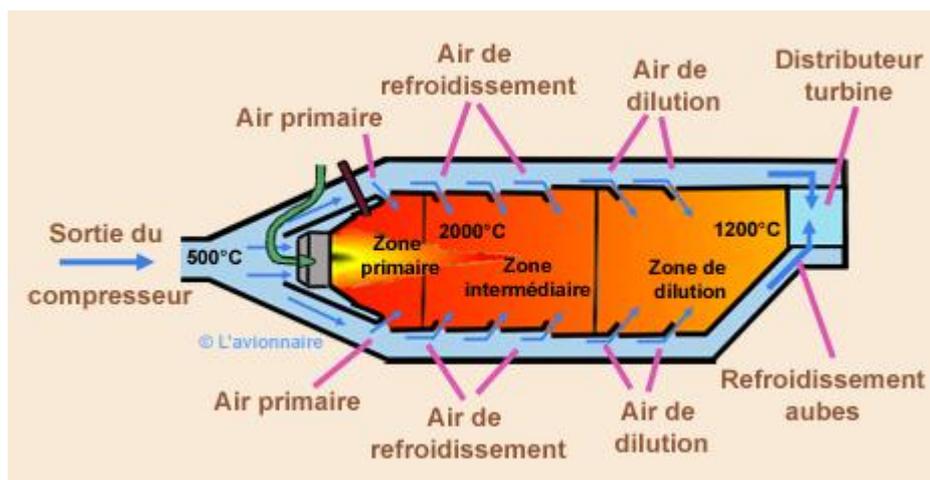


**Figure III.4 :** Schéma Les chambres de combustion

On peut considérer qu'une chambre de combustion peut être partagée en trois zones : une zone primaire, une zone secondaire et une zone de dilution.

La température varie aux alentours de  $2000^{\circ}\text{C}$  dans la zone du primaire pour diminuer aux environs de  $1200^{\circ}\text{C}$  à la sortie de la chambre.

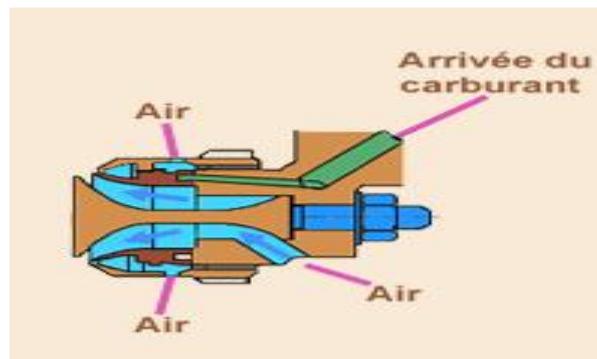
Ces températures élevées nécessitent un refroidissement des parois de la chambre (voir ci-dessus Principe de refroidissement). Celui-ci est obtenu par de l'air sortant du compresseur à environ  $500^{\circ}\text{C}$ .



**Figure III.5 :** Schéma Principe de refroidissement

Les injecteurs sont conçus pour fournir un débit de carburant suffisamment pulvérisé pour obtenir un mélange optimal avec l'air. Un injecteur est composé de nombreux éléments pour

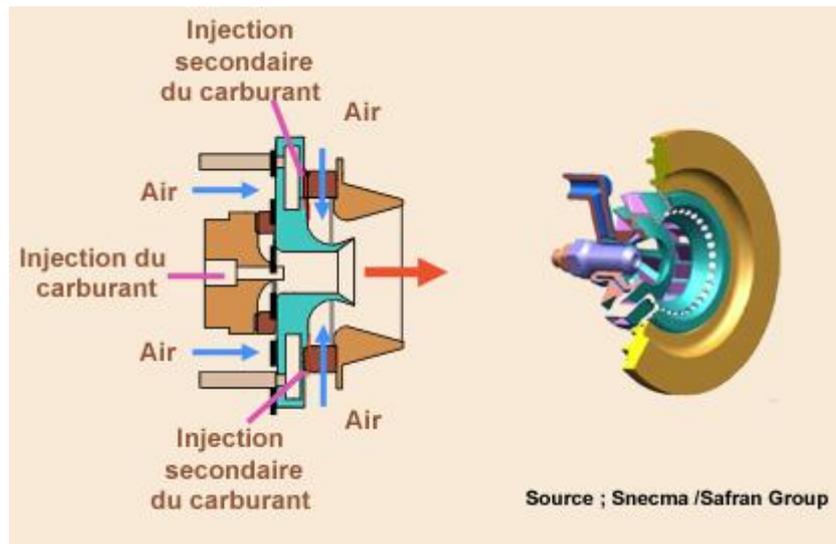
l'arrivée de l'air et du carburant. Une partie de l'air sert à maintenir la flamme à une distance raisonnable de l'injecteur, une autre partie passe par des vrilles afin de créer un tourbillon pour optimiser le mélange air/carburant et le reste de l'air passe par des trous pour homogénéiser le mélange air/carburant à l'entrée du foyer et créer une re-circulation des gaz brûlés et une stabilisation de la flamme.



**Figure III.6 :** Schéma d'un injecteur aérodynamique

Pour réduire la consommation de carburant et les émissions de polluant (No, SOx, suie etc...) l'une des solutions est l'utilisation d'injecteurs LPP (Lean Premixed Prevaporized, ou Pauvre Prémélangé Prévaporisé en français).

- Lean fait référence à la pauvreté du mélange air/carburant par rapport à un mélange normal.
- Premixed correspond au prémélange entre l'air et le carburant gazeux le plus parfait possible.
- Prevaporized le carburant liquide injecté doit être entièrement vaporisé avant d'atteindre le front de flamme.



**Figure III.7 :** Schéma d'un injecteur multi-points LPP

Deux types de chambres de combustion sont principalement rencontrées dans le milieu aéronautique pour les turbines à gaz : les chambres séparées réparties autour de l'arbre de liaison compresseur/turbine et les chambres annulaires à l'intérieur desquelles passe l'arbre de liaison compresseur/turbine[12].

### **I.5 Le complexe de production de Tamanrasset elle de installation de trois central :**

#### **I.5.1 Une central diesel de type FUJI composée de :**

- 05 Groupes moto-alternateurs (type Mitsubishi x05MW)
- 02 transformateurs de puissance TP1-TP2
- 02 transformateurs
- 01 salle de commande et de conduite
- 03 locaux électrique MT-BT-HT
- 01 atelier de maintenance
- package auxiliaires air comprimé
- package de traitement fuel
- package de système incendie fixe à co2
- 02 réservoirs fuel d'une capacité de 500m3
- 01 Réseau d'eau d'incendie d'une capacité 2\*50m3 avec 02 pompes
- 01 aire de stockage d'huiles

#### **I.5.2 Une TG (turbine à gaz) composée de :**

- 02 TG (turbine TM2500+)
- 02 transformateurs de puissance
- 02 transformateurs de soutirage
- 02 tanks de gasoil

### I.5.3 Le groupe animer énergie composée de :

- 02 groupes moto-alternateurs
- 02 transformateurs de puissance TP1-TP2.



**Figure III.8** : Tank de fuel



**Figure III.8** : Transformateur de TG



**Figure III.9 : Poste HT**

## **I.6 Présentation des centrales :**

### **I.6.1 Central diesel (moteur diesel + alternateur) :**

La central diesel est une centrale très limitée en puissance électrique d'où le nom de microcentrale. Elle a pour rôle d'alimenter un réseau électrique autonome (une agglomération, une usine, une petite zone industrielle ... etc.,)

### **I.6.2 Central à turbine à gaz (TM2500+) :**

Les moteurs de turbines a gaz sont également utilisés dans un large éventail d'applications non liés à l'industrie aéronautique. Le raccordement de l'arbre principal (ou de la turbine de puissance) du moteur à un rotor électro-aimant générera l'énergie électrique.

### **I.7 Caractéristique de moteur diesel Mitsubishi BM12V52/55B :**

Nombre de cylindre	12 on v
Alésage	520mm

Course	550mm
Nombre de tour	428tr/min
Régime de service	8850kw
Pression moyenne effective	17.7 bars
Vitesse moyenne de piston	7.8m/s

### I.8 Caractéristique de la turbine à gaz TM2500+ :

Les turbines à gaz sont très intéressantes à la vue de leur performance en terme de puissance massique.

Pour une même masse, les turbines à gaz sont 6 fois plus puissantes que les moteurs à pistons.

Les turbines à gaz tournent à des vitesses très élevées (1 000tr/min à 100 000 tr/min). La sécurité doit être assurée surtout au niveau des aubes des premiers étages de turbine soumis à des températures très élevées. En effet, si une aube se détache, un blindage doit être assuré à ce niveau afin d'absorber l'énergie de son choc et qu'elle ne crée pas de dégâts à l'extérieur du moteur.

La température de sortie de chambre de combustion atteint des valeurs de l'ordre de 1600°C aujourd'hui. Cette température est directement liée au rendement du moteur d'où les études faites sur la résistance thermomécanique des aubes de la turbine. Des systèmes de refroidissement ainsi que de nouveaux matériaux ont été élaborés comme la projection par plasma de céramique sur les aubes pour les protéger de la chaleur.

On arrive aujourd'hui à fonctionner à des températures de gaz brûlés supérieurs de 200-300°C à la température de fusion des aubes de turbine.

Nom de système	TM2500+
Transport	Facilement transportable par voie terrestre, aérienne ou maritime
Puissance	23-31 MW gaz portable générateur a turbine
Emission	Faibles émissions
Niveau de bruis	Faible niveau de bruit-88dBA

Fréquence	50 ou 60 Hz souplesse
Combustible	Liquide ou gaz naturel
Tension de génération	13.8 kilovolts

### I.9 avantages et inconvénients de la TG (turbine à gaz) :

#### ❖ **Avantage:**

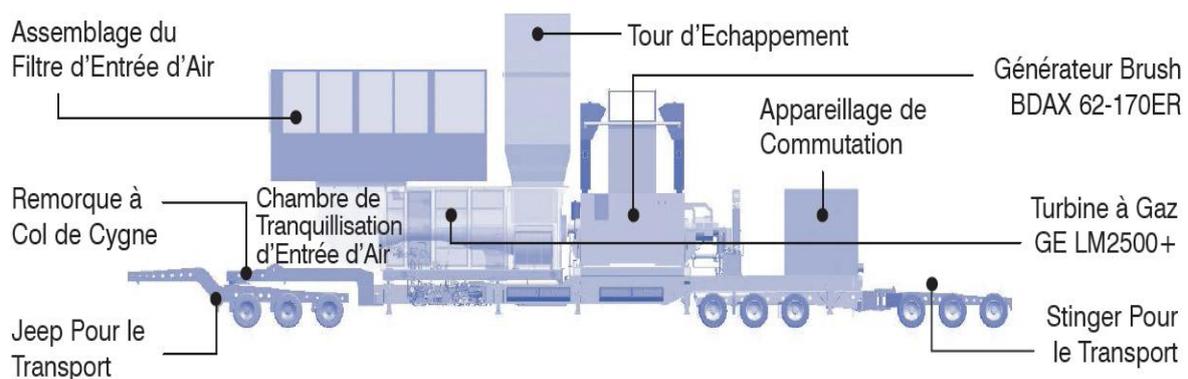
- Démarrage rapide (environ 6 minutes)
- Quantité d'eau limitée
- Entretien simple
- Personnel réduit
- Conduite auto et même télécommandée
- Cout d'investissement bas
- Compacte de réalisation
- Délais de réalisation courte

#### ❖ **Inconvénients :**

- Rendement faible 25 à 30%
- Pièces de rechange couteuses
- Bruyante

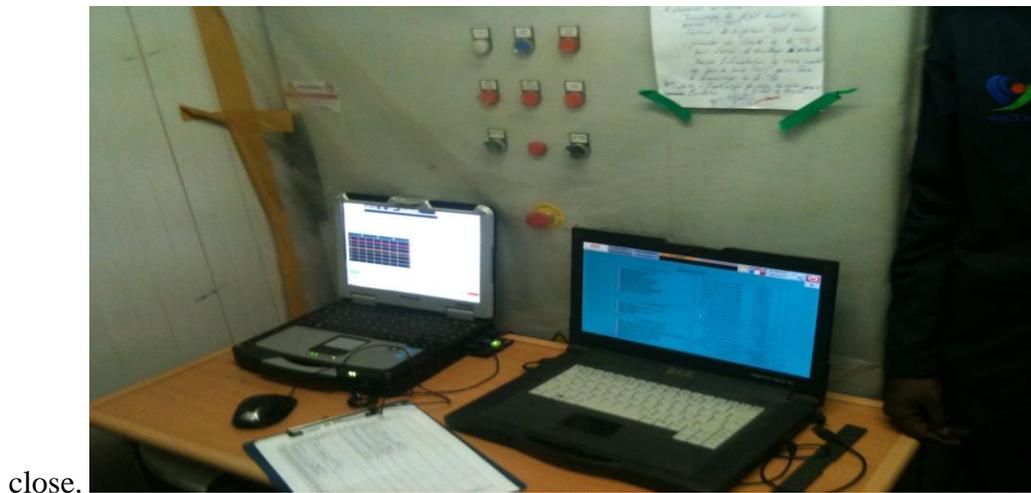
### I.10 Systèmes de Support de turbine :

Le système TM2500+ comprend une remorque principale et une remorque auxiliaire. La remorque principale contient un moteur à turbine général électrique (modèle TM2500+) reliée à un générateur via un couplage de générateur du moteur.

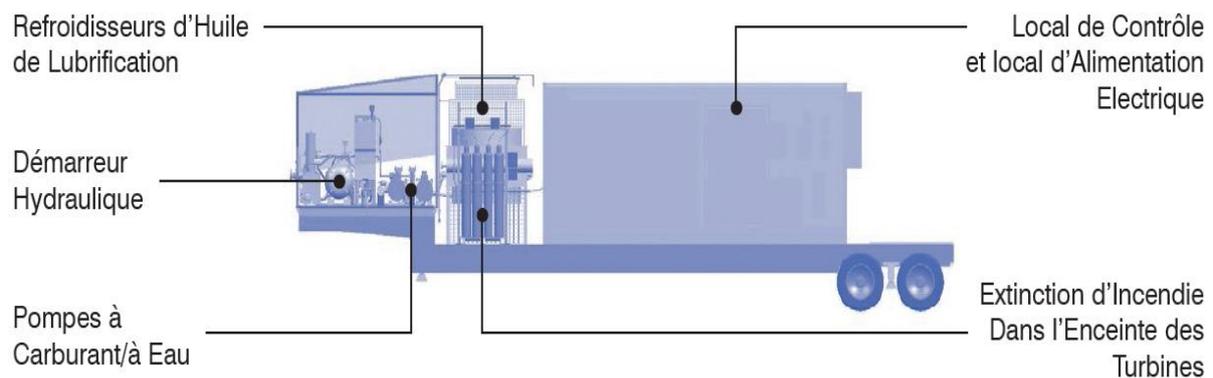


**Figure III.9 :** Agencement Général de la TM2500+

La remorque auxiliaire contient des équipements utilisés dans le sous-système qui prennent en charge le principal équipement et qui abrite également la salle de commande



close.

**Figure III .10:** Remorque Auxiliaire

### I.11 la production :

Généralement le complexe de Tamanrasset elle utilise la turbine à gaz pour la production de l'énergie électrique.

Elle produit 14-18MW, est la charge (demande) varie par exemple à l'été elle de 18-23MW, mais les autres saisons elle presque stable 14MW.

Est donc la période de l'été la centrale elle utilise les moteur diesel est la turbine à gaz est le groupe animer énergie[12].

I.12 schéma unifilaire :

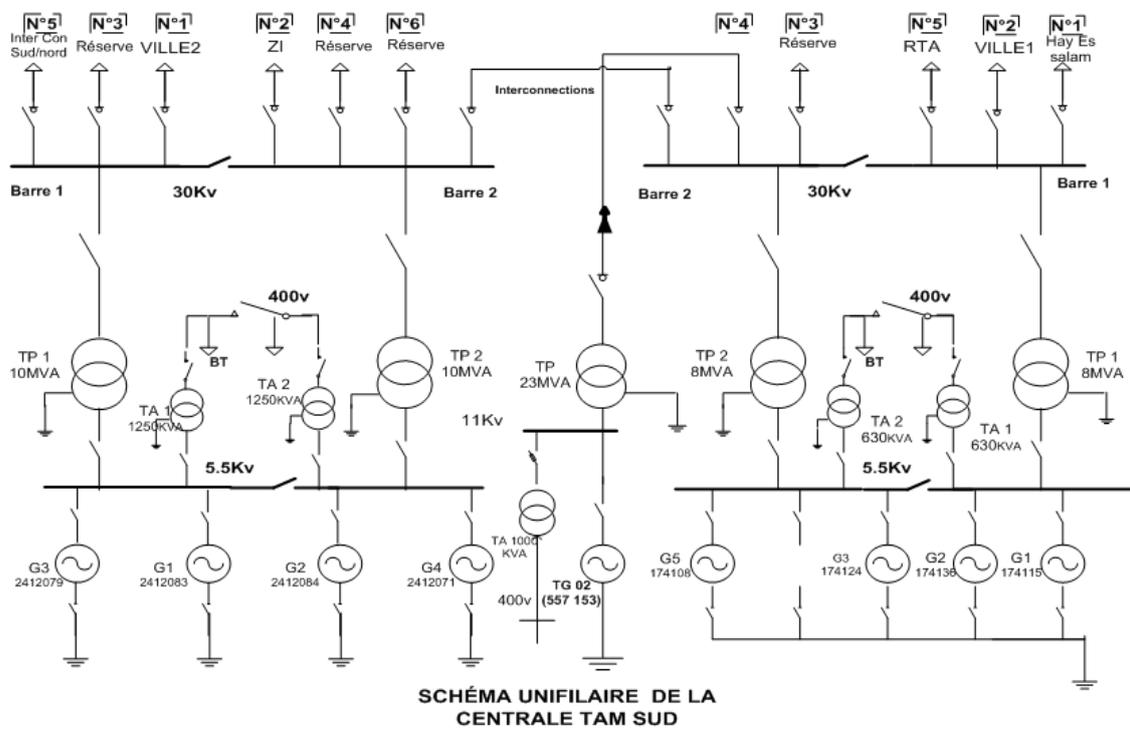


Figure III.11 : Schéma unifilaire de la centrale TAM SUD

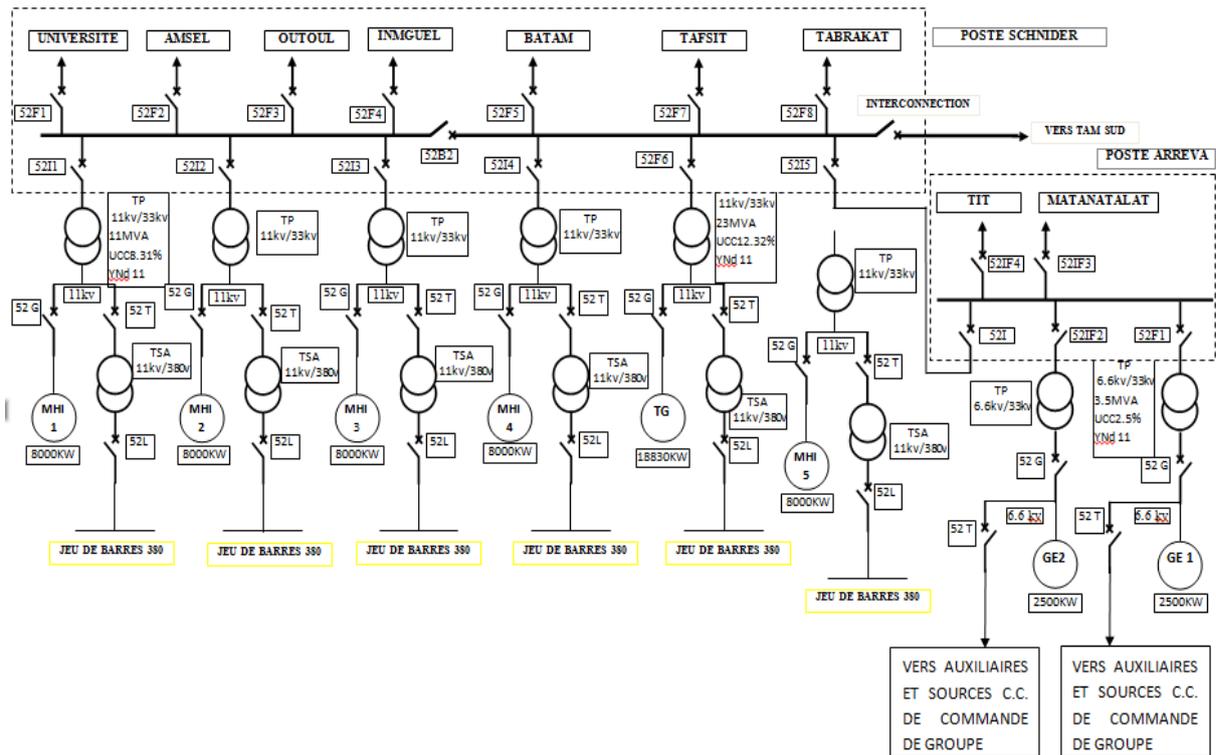


Figure III.12 : Schéma unifilaire de la centrale TAM NORD

### I.13 Quelle que instrumentation D'un turbine à gaz TM2500+

**I.13.1 Vérin de commande VSV :** Le but de système de commande des VSV et de contrôle le flux d'air entrant dans la compresseur haute pression de motor .



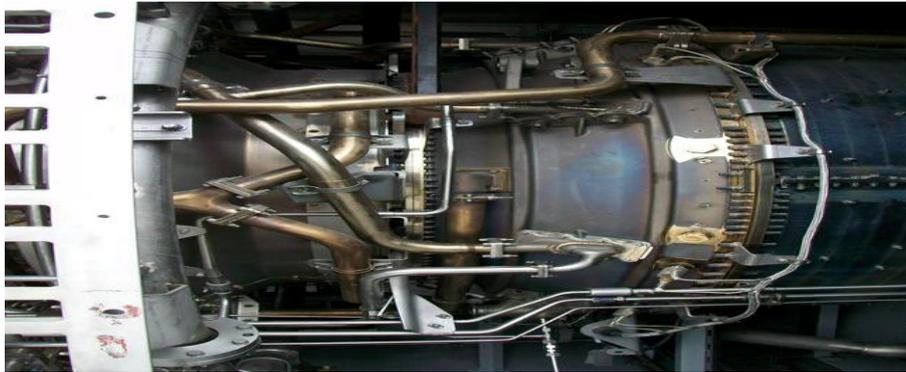
Figure III.13 :Vérin variable stator valve

### I.13.2 Châssis intermédiaire de la turbine :

Le châssis intermédiaire de la turbine (TMF) soutient la partie arrière de la turbine haute pression, ainsi que la partie avant du rotor.

Le châssis intermédiaire est attachée entre le châssis arrière du compresseur et le châssis du stator et sert de passage aux gaz d'échappement.

Les tuyères de turbine du premier étage sont attachés à l'arrière du châssis intermédiaire de la turbine.



**Figure III.14 :** Le châssis intermédiaire

Mélange de l'air du package avec air du 9ème étage par le venturimètre pour la pressurisation du puisard :



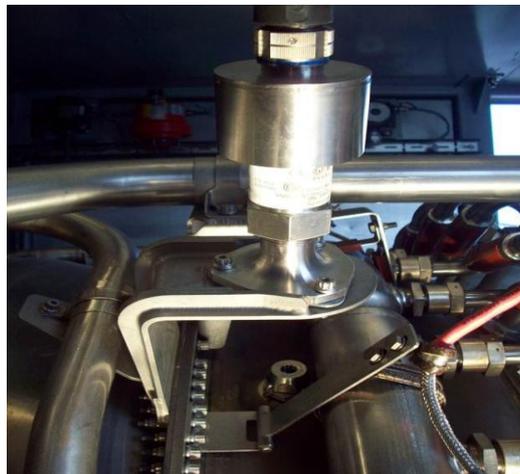
**Figure III.15 :** Mélange de l'air du package avec air du 9ème étage par le venturimètre pour la pressurisation du puisard

### I.13.3 Capteur de pression :



**Figure III.16 :** Capteur de pression

#### **I.13.4 Capteur de flamme chambre de combustion UV :**



**Figure III.17 :** Capteur de flamme

#### **I.13.5 Capteurs de vitesse :**

Un capteur de vitesse facultatif peut être installé sur les pompes et les moteurs de la série 90 afin de fournir les informations sur la vitesse. Le capteur lit un anneau magnétique enroulé autour du cylindre de l'unité. Voir sec. 4 pour l'emplacement du capteur de vitesse. Voir Sec. 8.4 et 9.6 pour l'ajustement et l'installation du capteur[13].



**Figure III.18 :** Capteurs de vitesse

#### I.13.6 Capteur du niveau de la conductibilité



**Figure III.19 :** Capteur du niveau de la conductibilité

#### I.14 Conclusion :

Durant ce stage m'a ouvert des grandes porte sur l'industrie de l'électricité en Algérie précis aiment dans le sud ou j'ai trouvé dans le poste d'interconnexion de Tamanrasset SKTM.

Les personnels de cette société une vase possibilité d'acquisition de connaissances pratique et surtout technique qui renforce mes connaissances théoriques acquises durant ma formation à l'université



## Conclusion générale

Aujourd'hui et pour les cinquante années à venir, de quelles énergies disposerons-nous ? Selon toute vraisemblance, la gamme des sources d'énergie que nous pourrons utiliser restera conventionnelle avec les combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole), l'énergie nucléaire (de fission) et les énergies renouvelables (hydraulique, solaire, éolien, biomasse et géothermie), la fusion thermonucléaire contrôlée restant un objectif beaucoup plus lointain.

Actuellement, la consommation mondiale d'énergie requiert les combustibles fossiles à hauteur de 80%, le nucléaire pour 07% et les énergies renouvelable pour 13%.

## Bibliographie

- [1] S. BELKEAEHL ,« conception & commandes des machines a aimant permanent dédiées aux énergies renouvelable » , université Constantine 2010.
- [2] M.LOPEZ , « contribution a le optimisation de un système de conversion éolienne pour 2006 »
- [3] F.MANCINI ,« Traitement des déchets de la biomasse pour la génération de énergie » université de BORDEAUX. Février 2006
- [4] A.MIRECKI ,« Etude comparative de chaine de conversion de énergie a une éolienne de petite puissance » Institut national polytechnique TOULOUSE Avril 2005.
- [5] HERZALLAH, A., "Étude thermodynamique Maintenance et Fiabilité d'une turbine à gaz MS 5002", mémoire d'ingénieur, Université de Boumerdes, 2006.
- [6] BELKHAMSA, S. ABD ESSELAM, S., "Contribution à l'étude et au calcul des cycles thermodynamiques des turbines à gaz", mémoire d'ingénieur, Université Ouargla, 2008.
- [7] BENDJEDIDI, S., "Pompe centrifuge", Rapport de stage, Université de Batna, 2012.
- [8] BEN AMOR, Y. REZIG, T., "Calcul énergétique d'une turbine à gaz à cycle combiné", mémoire d'ingénieur (Université Mohamed Khider –Biskra, 2010
- [9] BENNARA, I., "Etude et calcul de vérification d'un turbo-alternateur" Mémoire d'ingénieur, Université M'hamedBouguaraBoumerdes, 2009.
- [10] le centrle électriques :<https:// Www. Wikipédia.com>
- [11] Les site office de Soneigaz : <https://www.sonelgaz.dz>
- [12] Manuelle de TM2500+ Gen VI
- [13] Technique de l'ingénieur

## **Familiarisation avec l'ensemble TM2500+ et fonctionnement**

### **Sommaire**

#### **Sonalge Algérie**

#### **Dérivation d'air Titre secondaire injecté Module**

- 1 Éléments de base de la turbine à gaz F-000-10-10-000-00
- 2 Fonctionnement et construction du LM2500+ LSPT F-025-10-10-101-00
- 3 Systèmes de support F-025-10-20-001-00
- 4 Système d'huile de lubrification de la turbine F-025-10-20-103-00
- 5 Système de guide d'aubes directrices F-025-10-10-202-00
- 6 Système de démarrage F-025-10-20-050-00
- 7 Système de biocarburant F-025-10-20-306-00
- 8 Conduite d'air de combustion et de ventilation F-025-10-20-401-00
- 9 Système de lavage à l'eau F-025-10-20-501-00
- 10 Système de contrôle des vibrations F-025-10-20-701-00
- 11 Système de protection anti-feu F-025-10-20-801-00
- 12 Construction du générateur F-000-10-30-100-00
- 13 Systèmes électrique F-000-10-60-000-00
- 14 Système d'huile de graissage du générateur F-025-10-30-300-00
- 15 Système de commande F-025-10-40-101-00
- 16 Séquences de démarrage basic F-025-10-50-004-00
- 17 Abréviations et Acronymes F-000-00-60-002-00

#### **18 Croquis de référence**

##### **A Croquis des instruments et du débit mécanique**

Symbole du schéma de circulation et des instruments 7232275-751231

Système de démarrage hydraulique 7232275-751232

Conduite d'air de combustion et de ventilation 7232275-751239

Système d'huile de lubrification de la turbine 7232275-751244

Système d'huile de graissage du générateur 7232275-751248

Système de carburant (bicarburant) 7232275-751260

Système de lavage à l'eau 7232275-751262

Instruments 7232275-751272

Système de protection anti-feu F&ID-MC-1

##### **B Croquis électriques**

Symboles électriques 7232275-752005

Plan et élévation TCP 7232275-752014

##### **C Plan de disposition générale**

Disposition générale de la remorque principale 7232275-751200

Plan d'implantation 7232275-751202

Disposition générale de la remorque auxiliaire 7232275-751218

Filtre de disposition générale AFHTM2500-GA-100

Protection anti-feu de l'assemblage générale GA-MC-1

##### **D Illustration du moteur LM2500+ Illustrations.pdf**

Tableau 01: Turbine à gaz mobiles

		<b>TAMANRASSET NORD: Turbines à gaz mobiles - 2 x 18,83 MW</b> Contrat N° : 26 / KDM / 2011 et 66 / SPE / 2011					
<b>POWER PROJECTS</b>		<b>PV RECEPTION FIN DE MONTAGE LISTE DES RESERVES</b>					
N° Unité : 01	N° Machine :	N° Système : NA	N° Inspection : BOP/	DATE : 17/07/2012	page	1/1	
ELECTRIQUE		MECANIQUE		TUYAUTERIE			
Désignation du système : BOP EQUIPMENT (UNITE 01)				Désignation de sous-système : REMORQUE TRANSFORMATEUR PRINCIPAL			
<b>Index</b>	<b>Liste des Réserves Montage</b>	<b>Priorité :</b>	<b>Soldé le :</b>	<b>CONSTRUCTEUR</b> Visa GE : Visa METKA :	<b>Visa CEEG / SPE :</b>		
1	Aucun accès pour l'exploitant						
2	Manque monorail avec palan pour entretien						
3	Sol non équipé d'anti dérapage.						
4	Armoire de commande et moteurs ne sont pas anti déflagrant.						
5	Silicagel à remplacer (plein d'huile).						
6	Vis de fixation câble à remplacer cote primaire.						
7	Pieds de Remorque endommagé						
8	L'armoire SUT sur skid ne s'ouvre pas bloqué avec armoire limitrophe						
9	Manque repérage câble sortie TP						
10	Des traces d'huile sur TP (vérification des fuites)						
11	éclairages de transformateur						
12	Transformateur principal doit être cloturé (clôture avec port consigne de sécurité)						
GENERAL ELECTRIC		METKA <b>POWER PROJECTS</b> SANAYI INSAAT TIC. LTD. ŞTI. Süleyman Seba Caddesi No: 47 Beşiktaş / İSTANBUL Başlıkas V.D. 732 068 8857		CEEG N. BOUCHEMEL <b>COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET GAZ</b> DIRECTION ENGINEERING MOYENS DE PRODUCTION Aménagement de TAMANRASSET		SPE	
Niveau de priorité: A : Avant mise en service    B : Avant premier allumage    C : Avant Mise en Service Semi-Industrielle (MSSI)    D : Avant Mise en Service Industrielle (MSI)    E : Avant réception provisoire (RP)							

Tableau 02 :

		<b>TAMANRASSET SUD: Turbines à gaz mobiles - 2 x 18,83 MW</b> Contrat N° : 26 / KDM / 2011 et 66 / SPE / 2011					
<b>POWER PROJECTS</b>		<b>PV RECEPTION FIN DE MONTAGE LISTE DES RESERVES</b>					
N° Unité : 02	N° Machine :	N° Système : NA	N° Inspection : GE/01	DATE : 26/08/2012	page	2/9	
Divers		ELECTRIQUE		MECANIQUE		TUYAUTERIE	
Désignation du système : TURBOCOMPRESSEUR & AUXILIARES TG (UNITE 02)				Désignation de sous-système : SYSTÈME combustion gaz			
<b>Index</b>	<b>Liste des Réserves Montage</b>	<b>Priorité :</b>	<b>Soldé le :</b>	<b>CONSTRUCTEUR</b> Visa GE : Visa METKA :	<b>Visa CEEG / SPE :</b>		
13	Manque FC 2000 (FLOW CONTROLLER)						
14	Manque SOV 2018 (SOLENOID OPERATED VALVE)						
15	Manque repérage PSV 2176 (PRESSURE SAFETY VALVE)						
16	Manque repérage PI 2176 (PRESSURE INDICATOR)						
17	Manque repérage PCV 2176 (PRESSURE CONTROL VALVE)						
18	Manque filtre entrée PCV 2176						
19	Manque repérage FSV 2006 (FLOW SAFETY VALVE)						
20	Manque repérage FSV 2004 (FLOW SAFETY VALVE)						
21	Inducteur TI 001 défilant (compartiment gaz)						
GENERAL ELECTRIC  General Electric Int Inc Site TAMANRASSET		POWER PROJECTS		CEEG N. BOUCHEMEL <b>COMPAGNIE DE L'ENGINEERING DE L'ELECTRICITE ET GAZ</b> DIRECTION ENGINEERING MOYENS DE PRODUCTION Aménagement de TAMANRASSET		SPE	
Niveau de priorité: A : Avant mise en service    B : Avant premier allumage    C : Avant Mise en Service Semi-Industrielle (MSSI)    D : Avant Mise en Service Industrielle (MSI)    E : Avant réception provisoire (RP)							

## Description TG H2 :

SONELGAZ  
PROJECT HAMMAII  
Turbines a Gaz (2x209MW)

**ANSALDO**

Ansaldo Energia S.p.A

Manuels d'Exploitation  
et d'Entretien  
SECTION II  
Description des systèmes

N. Entreprise:	0181 A0VVFO 106	Rev.	
N. SONELGAZ:	HAC GM 004 106		2

FRACTIONNEMENT FILE PDF

FILE 4 de 5

	PDF
<b>1.12 TURBINE À GAZ</b>	
<b>1.12.1 Description général</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TURBINE A GAZ</li> <li>• SYSTEMES DE LA TURBINE A GAZ               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Systeme t/gaz</li> <li>2. Systeme antipompage du compresseur</li> <li>3. Systeme de lavage compresseur</li> <li>4. Systeme des drainages</li> <li>5. Systeme de l'eau de "purging"</li> <li>6. Systeme air comprime</li> </ol> </li> </ul>	1
<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Systeme air comprime pour antipompage du compresseur</li> <li>8. Systeme air d'etaicheite pour les bruleurs</li> <li>9. Systeme de refroidissement</li> <li>10. Systeme d'aspiration</li> <li>11. Systeme de controle de la chambre de combustion</li> <li>12. Systeme de l'huile combustible (gazoll)</li> </ol>	2
<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Systeme du gaz combustible (gaz naturel)</li> <li>14. Systeme de l'ensemble du gaz d'allumage</li> <li>15. Systeme d'echappement</li> <li>16. Systeme de l'huile de grassage</li> <li>17. Systeme de l'huile hydraulique pour gaz combustible</li> <li>18. Systeme de l'huile hydraulique</li> <li>19. Systeme de l'huile hydraulique pour l'huile combustible</li> <li>20. Systeme de air comprime pour l'huile combustible</li> </ol>	3
<b>1.12.2 Documents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• P.&amp;I.D.</li> </ul>	( ANNEX ) 4
<b>1.13 GUIDE POUR L'UTILISATION DES MANUELS I&amp;C TELEPERM (FOURN. SIEMENS)</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Identification du tome</li> <li>3. Structure et subdivision</li> <li>4. SIEMENS Manual List</li> </ol>	5



(Doc. n° 0181SXMBPS001 Rev. 02) 03

"P.& I.D. SYSTEME DU GAZ COMBUSTIBLE "

(Doc. n° 0181SXMBQS001 Rev. 02) 03

"P.& I.D. SYSTEME DE L'ENSEMBLE DU GAZ D'ALLUMAGE "

(Doc. n° 0181SXMBRS001 Rev. 02) 03

"P.& I.D. SYSTEME D'ECHAPPEMENT "

(Doc. n° 0181SXMBVS001 Rev. 02) 04

"P.& I.D. SYSTEME DE L'HUILE DE GRASSAGE POUR LE T/GAZ"

(Doc. n° 0181SXMBXS001 Rev. 02) 03

"P.& I.D. SYSTEME DE L'HUILE HYDRAULIQUE POUR LE GAZ COMBUSTIBLE"

(Doc. n° 0181SXMBXS002 Rev. 02) 04

"P.& I.D. SYSTEME DE L'HUILE HYDRAULIQUE"

(Doc. n° 0181SXMBXS003 Rev. 02) 03

"P.& I.D. SYSTEME DE L'HUILE HYDRAULIQUE DE L' HUILE COMBUSTIBLE"

(Doc. n° 0181SXMBXS004 Rev. 02) 03

"P.& I.D. SYSTEME DE AIR COMPRI ME POUR HUILE COMBUSTIBLE"

### 1.12.2 Documents

- **P.&I.D.**

(Doc. n° 0181SXMBAS001 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME T/GAZ "

(Doc. n° 0181SXMBAS002 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME ANTIPOMPAGE DU COMPRESSEUR T/GAZ "

(Doc. n° 0181SXMBAS003 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME DE LAVAGE DU COMPRESSEUR "

(Doc. n° 0181SXMBAS004 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME DES DRAINAGE T/GAZ "

(Doc. n° 0181SXMBAS005 Rev. 02) 05

"P.&I.D. SYSTEME DE L'EAU DE "PURGING" "

(Doc. n° 0181SXMBAS006 Rev. 02) 04

"P.&I.D. SYSTEME AIR COMPRIE "

(Doc. n° 0181SXMBAS007 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME AIR COMPRIE POUR ANTIPOMPAGE DU COMPRESSEUR  
T/GAZ "

(Doc. n° 0181SXMBHS001 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME AIR ENTANCHEITE POUR LES BRULEURS "

(Doc. n° 0181SXMBHS002 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME DE REFOIDISSEMENT T/GAZ "

(Doc. n° 0181SXMBLS001 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME D'ASPIRATION "

(Doc. n° 0181SXMBMS001 Rev. 02) 03

"P.&I.D. SYSTEME DE CONTROLE DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION "

(Doc. n° 0181SXMBNS001 Rev. 04) 05

"P.&I.D. SYSTEME DU GAZOIL "