

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-
OUZOU**



**Faculté de Génie de la
Construction Département Génie
Mécanique**

Mémoire de Master

**Filière : Electromécanique
Spécialité : Maintenance
Industrielle**

Présenté par :

**Mr. MEZAR HAMZA
Mr. AIT GHARBI YACINE**

Thème:

**Modélisation et simulation de la centrale
électrique à cycle combiné de Cap-Djinet**

Mr. BELGAID	Hocine	MCB	UMMTO	Président
Mr. YAMANI	Noureddine	MCB	UMMTO	Encadreur
Mr. SI AHMED	Hamide	MAA	UMMTO	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Ces cinq années nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Nous remercions Dieu « ALLAH » tous puissants qui nous a donné le courage de confronter ce nouveau domaine, et la force de réaliser ce travail.

On tient à remercier nos parents de nous avoir soutenu et croient en nous lorsque nous nous savions rien et Lorsque on tout va mal, on sera jamais assez reconnaissant envers eux

On adresse nos remerciement , tout particulièrement, à notre encadreur Mr. YAMANI NOUREDDINE qui nous a beaucoup aidé et orante dans la réalisation de notre travaille sans oublie ses précieux conseils .

Veillez monsieur croire à l'expression de notre profond respect .

On adresse nos remerciement , à Mr. MOURAD OTMANI CHERIF qui nous a beaucoup aidé dans la récolte des informations.

On remercie égalemnt tous les membres du jury qui on accepté de nous honorer de leur présence et de juger notre travail.

On remercie aussi toute personne ayant contribue à notre soutiene moral ainsi que toutes nos familles .

Merci a tous

Mr. MEZAR HAMZA

Mr .AiT GhARBI YACINE

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents. Ma mère, qui m'a encouragé à aller de l'avant et

Qui m'a donné tout son amour

Et Mon très cher père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs

Encouragements.

A tout ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé

A mes frères

HILAL, FARID ET Djilali (SAID)

A mes sœurs

IMANE et FATIMA

Je leur souhaite tout le succès... tout le bonheur

A ma belle sœur

Lynda

Qui est une deuxième mère pour moi

A mes adorables, les joyeux de la famille

BACHIR, ROMAÏSSA ET AYA

*Une spéciale dédicace pour mon binôme YACINE qui m'a supporté toute cette période de
stresse qui m'a rendu un peu fou*

*A mes amis et mes camarades : OURLAMDANE, YACINE, YUGOURTHEN, KENZA,
OUARDA, YUCEF,*

*A tous mes camarades de la section électromécanique avec qui j'ai passé ces quatre dernières
années*

A toute personne

Qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie

Mr. MEZAR HAMZA

Dédicaces

Quoi que je fasse ou que j dise, je ne serai au point de vous remercier comme il se doit, mes chers parents Djida et Hacene, votre affection me couvre, votre bienveillance me guide et votre présence a été toujours ma source de force pour affronter les différent obstacles

A mes adorable sœurs Sabrina et Nouria Je leur souhaite tout le succès et tout le bonheur

A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'amour Lkenziw

Un spéciale dédicace pour mon binôme Hamza qui m'a supporté durant cette période de stresse

A mes amis et mes camarades et a toute la section d'électromécanique et a toute personne Qui m'a aidé dans ma vie

Sans oublier tout les enseignants que ce soit de primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur

A, Yacine

Sommaire

Remerciement.....	2
Dédicaces.....	3
Dédicaces.....	4
Sommaire	5
Liste de Figure	9
Nomenclatures	10
Abréviation	11
Introduction générale	Error! Bookmark not defined.
I. Chapitre 01 : Généralité sur les Turbomachine	1
I.1 Introduction.....	2
I.2 Historique.....	3
I.3 Généralité sur les turbomachines	4
I.3.1 Définition	4
I.3.2 Classifications des turbomachines	7
I.3.3 La nature du fluide.....	8
I.3.4 La trajectoire du fluide par rapport à l'axe On distingue en particulier :.....	8
I.3.5 Turbomachines monocellulaires:.....	11
I.3.6 Turbomachines multicellulaires:	12
I.4 Constitution des turbomachines	12
I.4.1 Rôle du rotor.....	12
I.4.2 Rôle du stator.....	13
I.5 Fonctions et domaines d'utilisation des turbines à gaz :	14
I.5.1 Principe de fonctionnement.....	14
I.5.2 Les principaux cycles de la turbine à gaz.....	16
I.6 Conclusion	20
II. Chapitre 02 : Centrale électrique.....	21
II.1 Introduction.....	22
II.2 Généralité sur les central électrique	23
II. Introduction.....	23

III.	Définition	23
III.	Contraintes d'équilibre entre production et consommation	23
IIV.	Energie électrique	25
II.2.IV.3	Production de l'énergie électrique	26
II.3	Types de centrales	27
II.	Centrales hydro-électriques [3]	27
III.	Centrales éoliennes :	29
III.	Centrales photovoltaïques (solaire)	30
IIV.	Centrales nucléaires	31
IV.	Centrale géothermique (préexistante)	34
IVI.	Centrales thermiques à flammes	35
II.4	Conclusion	40
III.	Chapitre 03 : Description et fonctionnement de la centrale de RAS-DJINET	41
III.1	Introduction	42
III.2	Présentation de la centrale de RAS-DJINET	42
II.	Choix de site :	42
III.	Organisation de la centrale	44
III.3	Principaux composants	44
II.	Turbine à Gaz	44
III.	Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)	46
I.1.1	Turbine à vapeur	47
I.1.2	Système de dérivation de vapeur :	49
I.1.3	Pompes d'alimentation du HRSG (LAB10AP001 & LAB20AP001):	50
I.1.4	Condenseur à vapeur du presse-étoupe (GSC)	50
I.1.5	Pompes d'extraction de condensat (CEP)	51
I.1.6	Condenseur (MAG10AC001)	51
I.1.7	Système d'évacuation d'air du condenseur	52
I.1.8	Système de gaz combustible	52
I.1.9	Système de mazout	55
I.1.10	Système d'admission d'eau de mer	57
I.1.11	Chaudière auxiliaire	58
I.1.12	Système d'air comprimé	59
I.1.13	Usine de traitement de l'eau	59

I.1.14	Générateur.....	61
I.1.15	Transformateurs abaisseurs (axillaires).....	62
I.1.16	Ensembles de générateurs diesel de démarrage noir et d'urgence	62
I.1.17	Appareillage isolé par gaz 400KV	63
IV.	Principe de fonctionnement	63
IV.1	Conclusion	67
IV.	Chapitre 04 : Étude et simulation par TRNSYS Studio	68
I	Introduction	69
II	Description de logiciel TRNSYS	69
III	Paramètres de fonctionnement de la centrale RAS DJENNAT	70
IV	Simulation	72
I.	Turbine à gaz.....	73
II.	Éléments constitutif.....	73
III.	Centrale turbine à vapeur	83
IV.	Éléments constitutifs du système.....	83
III.	Centrale à cycle combinée.....	95
V	Résultats et interprétation.....	98
	Conclusion générale.....	100
	Bibliographie	102

Liste de Graphe

Graphe I : Température de la chambre de combustion en fonction du tempe	75
Graphe II : Pression de la chambre de combustion en fonction du tempe.....	75
Graphe III : Débit de la chambre de combustion en fonction du tempe	76
Graphe IV : Température du compresseur en fonction du tempe.....	78
Graphe V : Pression du compresseur en fonction du tempe	78
Graphe VI : Pression du compresseur en fonction du tempe	79
Graphe VII : Température de la turbine en fonction du tempe	81
Graphe VIII : Pression de la turbine en fonction du tempe.....	81
Graphe IX : Puissance de la turbine en fonction du tempe.....	82
Graphe X : Puissance du générateur en fonction du tempe.....	82
Graphe XI : Pression de la turbine (HP) en fonction du tempe.....	85
Graphe XII : Débit de la turbine (HP) en fonction du tempe	86
Graphe XIII : Puissance de la turbine (HP) en fonction du tempe.....	86
Graphe XIV : Pression de la turbine (IP) en fonction du tempe.....	88
Graphe XV : Débit de la turbine (IP) en fonction du tempe	88
Graphe XVI : Puissance de la turbine (IP) en fonction du tempe	89
Graphe XVII : Pression de la turbine (BP) en fonction du tempe	90
Graphe XVIII : débit de la turbine (BP) en fonction du tempe	91
Graphe XIX : Puissance de la turbine (BP) en fonction du tempe	91
Graphe XX : Température du condenseur en fonction du tempe	93
Graphe XXI : Pression du condenseur en fonction du tempe.....	93
Graphe XXII : Débit du condenseur en fonction du tempe	94
Graphe XXIII : Puissance du générateur (TV) en fonction du tempe.....	95
Graphe XXIV : Puissance du bloque combiné	96
Graphe XXV : Rendement du bloque combiné.....	96
Graphe XXVI : Puissance globale de la centrale.....	97
Graphe XXVII : Rendement globale de la centrale	98

Liste de Figure

Figure I.3.1-I : Exemple d'architecture d'un turbomachine	5
Figure I.3.1-II : Architecturé d'une turbine à gaz	6
Figure I.3.4-I : Machine radial ou centrifuge	8
Figure I.3.4-II : Machine axiale	9
Figure I.3.4-III : Machine hélico-centrifuge	10
Figure I.4.2-I : Organes d'une turbomachine	14
Figure I.5.1-I : Schéma descriptif d'une turbine à gaz	15
Figure I.5.1-II : La variation de la pression et de la température dans les différentes sections	16
Figure I.5.2-II : Architecture de base d'une turbine à gaz.....	18
Figure I.5.2-III : Cycle simple réel.....	19
Figure V-I : Schéma général du transport et de la distribution d'électricité	26
Figure I-I : principes de fonctionnement d'une centrale hydraulique	27
Figure II-I: Principaux types d'éoliennes	30
Figure III-I: Schéma d'un système photovoltaïque connecté au réseau de distribution électrique.....	31
Figure IV-I : centrale nucléaire	32
Figure IV-II : reaction en chaine	33
Figure V-I : La géothermie à haut énergie (centrale géothermique).....	34
Figure VI-I : Système à un niveau de pression	38
Figure VI-II : système à deux niveaux de pression	38
Figure VI-III : système a triplé niveaux de pression.....	39
Figure I-I : Vue Satellite.....	43
Figure II-I : Schéma conventionnel de la centrale à cycle combinée de RAS-DJINET .	44
Figure I-I : Turbine a Gaz SGT5 4000F	45
Figure II-II : Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).....	47
Figure I.1.1-II Les niveaux de pression de la SST5-3000	48
Figure I.1.6-I : Condenseur.....	52
Figure I.1.17-V : Vue d'ensemble de la CCPP	64

Nomenclatures

- *Équation*

Équation	Significations
<ul style="list-style-type: none"> • $E_c = \frac{1}{2} M V^2$ • $M = A \rho V$ 	<ul style="list-style-type: none"> - L'équation d'énergie cinétique. - L'équation masse instantanée du vent qui traverse la surface balayée par les pales d'une éolienne
<ul style="list-style-type: none"> • $P_{max} = \frac{1}{2} A \rho V^3$ 	<ul style="list-style-type: none"> - La puissance théorique qu'une éolienne pourrait retirer de l'action du vent
<ul style="list-style-type: none"> • ${}_0^1n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{38}^{93}Sr + {}_{54}^{139}Xe + 3{}_0^1n$ 	<ul style="list-style-type: none"> - l'équation de la fission nucléaire pour l'uranium
<ul style="list-style-type: none"> • $\Delta E = E_{réactifs} - E_{produits} = [(m_U + m_n) - (m_{Xe} + m_{Sr} + 3m_n)]c^2$ 	<ul style="list-style-type: none"> - L'équation de l'énergie libérée

- E_c : énergie cinétique
- M : la masse du vent
- V : Vitesse du vent
- ρ : Densité de l'air
- A : Surface balayée par les pales d'une éolienne

Abréviation

- **CO2** : Le dioxyde de carbone
- **TAC** : Turbine à combustion
- **HRSG** : Générateur de vapeur à récupération de chaleur
- **CCPP** : Centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple
- **BOP**: Systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale
- **GT** : Turbine à gaz
- **ST** : Turbine à vapeur
- **LP** : bas pression
- **HP** : haute pression
- **IP** : idéale pression
- **LP ST** : La vapeur déchargée de basse pression
- **IP ST** : La vapeur prélevée de la décharge Moyenne pression
- **HP ST** : La vapeur prélevée de la décharge Haute pression
- **RH** : Réchauffeurs
- **CRH** : Réchauffage du froid
- **GTG** : Générateur de la turbine à gaz
- **HRH** : Réchauffage de la chaleur
- **BSDG** : Générateur de moteur diesel à démarrage noir
- **SJAE** : Échangeurs et refroidisseurs de l'éjecteur d'air à vapeur
- **STG** : Système de préchauffage des condensats
- **MBE** : Système de stockage et d'injection de produits chimiques
- **TDS** : total des substances dissoutes dans l'eau
- **IBD** : Trempe de la chaudière auxiliaire unités de pression
- **PHE** : Préchauffeurs
- **FO** : Système de mazout alimente en combustible les brûleurs
- **FO-PM** : Système de brûleur à pré mélange de carburant
- **FO-DM** : Système de brûleur à diffusion d'huile combustible
- **JT** : effet Joule-Thomson
- **ESDV** : Soupape d'arrêt d'urgence
- **GSC** : Condenseur à vapeur du presse-étoupe

- **R12** : Gaz comprimé liquéfié incolore appelé dichlorure de difluorométhane
- **CCC** : Centrales à cycle combiné

Résumé

Le but du travail est d'arriver à modéliser et étudier les performances et paramètres influent sur le rendement d'une centrale à cycle combiné à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS 16 STUDIO SIMULATOR Pour cela nous avons traité des cycles à gaz et des cycles à vapeur ainsi que de leurs améliorations, de la façon dont nous les utilisons simultanément pour créer un cycle combiné.

Pour cela nous nous sommes basé sur les données et la configuration de la centrale de Cap-Djinet, grâce à cette étude nous avons trouvé que le rendement global de la centrale et l'efficacité du récupérateur de chaleur est très important vis-à-vis des autres centrale thermique qui utilise les deux cycles vapeur et gaz séparément

Summary

The aim of the work is to model and study the performances and parameters influencing the efficiency of a combined cycle power plant using the simulation software TRNSYS Studio for this we have dealt with gas cycles and steam cycles as well as their improvements, the way we use them simultaneously to create a combined cycle.

For this we based ourselves on the data and the configuration of the Cap-Djinet plant, thanks to this study we found that the overall output of the plant and the efficiency of the heat recovery unit are very important with regard to other thermal power plant which uses both steam and gas cycles separately

ملخص

الهدف من العمل هو نمذجة ودراسة الأداء والبارامترات التي تؤثر على كفاءة محطة توليد الطاقة ذات الدورة المركبة باستخدام برنامج المحاكاة TRNSYS Studio

لهذا تعاملنا مع دورات الغاز ودورات البخار بالإضافة إلى تحسينها ، وكيفية نستخدمها في وقت واحد لإنشاء دورة مركبة.

، وبفضل هذه الدراسة وجدنا أن الناتج الإجمالي للمحطة وكفاءة رنس جناتة لهذا اعتمدنا على البيانات وتكوين مصنع وحدة استرداد الحرارة مهمان للغاية فيما يتعلق بمحطة الطاقة الحرارية الأخرى التي يستخدم دورتي البخار والغاز بشكل منفصل

Introduction générale

Introduction générale

La demande d'énergie électrique dans le monde actuel fait l'objet des observateurs économiques, vu que cette énergie joue un rôle primordial dans le développement des pays et d'autre part son utilisation augmente d'une année à une autre.

Nous pouvons classer les sources primaires en deux grandes familles, les énergies fossiles que l'on extrait du sol qui sont le pétrole, le gaz, le charbon et bien sûr l'uranium qui est la minerais de base de l'énergie nucléaire, d'une part et d'autre par les énergies renouvelable comme celle provenant du soleil (solaire, éolien, hydraulique, biomasse) ou de l'activité de magma terrestre comme la géothermie.

Donc une nécessité de production de cette dernière se pose. Pour cela on fait appel à des unités de production qui sont les centrales électriques. En Algérie, les deux principaux modes de production d'électricité sont les centrales à gaz et les centrales thermiques à vapeur. la consommation d'énergie augmente à un rythme de 10% par an, cela s'explique par l'accroissement de la population, et la demande sans cesse croissante de la consommation dans l'industrie.

La centrale de RAS DJINET de l'est d'Alger (environ 80 km) dans la wilaya de Boumerdès se compose principalement de trois (3) modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple (CCPP) ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale (BOP). Chaque module a une (1) turbine à gaz (modèle : SIEMENS SGT5-4000F), d'un (1) Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) associé, d'une (1) turbine à vapeur (Modèle : SIEMENS SST5-3000 H-IL) et d'un générateur commun refroidi par hydrogène (Modèle : SIEMENS SGEN 5-2000 H) situé sur le même arbre entre la turbine à gaz (GT) et la turbine à vapeur (ST).

Les travaux menés dans ce mémoire portent sur les modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple (CCPP) ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale (BOP).

Pour cela nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres comme suit :

Chapitre 01 : Généralités sur les turbo machine

Chapitre 02 : centrale électriques

Chapitre 03 : Description et fonctionnement de la centrale de RAS-DJINET

Chapitre 04 : Modélisation et simulation par **TRNSYS Simulateur Studio**

I. Chapitre 01 : Généralité sur les Turbomachine

I.1 Introduction

On appelle turbomachine un ensemble mécanique de révolution comportant une ou plusieurs roues (rotors) mobiles munies d'aubes (aubages, ailettes) qui ménagent entre elles des canaux à travers lesquels le fluide s'écoule. L'échange d'énergie s'effectue dans le rotor et résulte du travail des forces aérodynamiques sur les aubes produites par l'écoulement du fluide autour de celles-ci, et qui résultent principalement de la différence de pression entre les deux faces des aubes. Remarquons que, bien que le travail soit produit cette fois encore par les contraintes de pression, il se fait sans déformation de la frontière du système comme pour les machines volumétriques, mais simplement par rotation des aubes. Il existe une très grande variété de turbomachines. Aussi, avant d'en examiner plus avant le principe de fonctionnement, il est utile d'en faire une classification selon divers critères et de l'illustrer par des exemples concrets.

I.2 Historique

Historique des turbines à gaz Parmi les précurseurs de la turbine à gaz moderne, on doit mentionner les inventeurs des moteurs thermiques fonctionnant avec un gaz permanent (plus précisément avec l'air chaud), bien que ces moteurs aient été conçus d'après le principe des machines à vapeur à piston. Ces inventions ont, en effet, permis de déterminer les différentes transformations qui doivent être subies par un gaz permanent servant de fluide moteur, à l'instar du cycle thermodynamique de la turbine à gaz dont certains cycles porte encore les noms de leurs inventeurs à savoir cycle de Joule, cycle d'Ericsson . Nous présentons dans ce qui suit une évolution chronologique de la turbine à gaz [1]:

- 1791 : Premiers brevets de turbine à gaz de John Barber, Angleterre
- 1900/1904 : Premiers essais avec la turbine à air chaud selon Stolze
- 1905 : Conception de la turbine à explosion selon Holzwarth
- 1906/1908 : Construction de la première turbine à explosion par BBC pour Dr. Holzwarth
- 1909-1910 : Première turbine à gaz employée industriellement en Allemagne
- 1928: BBC reprend la fabrication d'une turbine Holzwarth améliorée
- 1933: Mise en opération de la première turbine Holzwarthde BBC, alimentée en gaz de haut fourneau.
- 1934:Développement de la chaudière Velox suralimentée. Environ 80 compresseurs/turbines à gaz furent installés jusqu'à 1939
- 1937: Mise en service du premier groupe compresseur/turbine à gaz "Houdry" auprès de Marcus Hook Refinery, PA, Etats-Unis d'Amérique. Puissance du groupe: 2000 Kw
- 1937 : Commande portant sur le premier groupe de turbine à gaz à cycle simple
- 1939 : Mise en service de la première turbine à gaz de 4000 kW à la centrale de Neuchâtel.

Les premières turbines à gaz sont apparues sur le marché à la fin des années 40; elles ont été généralement employées dans les chemins de fer et avait l'avantage de brûler du combustible liquide, même à faible qualité (à cause de la limitation des procédés deraffinage). La turbine

MS3001 construite par GE, ayant une puissance de 4500 HP (3355,65 KW), a été spécifiquement employée pour le service locomoteur. Les progrès réalisés sur le plan métallurgique, en plus des résultats favorables des recherches approfondies sur la combustion, ont permis des améliorations rapides des performances de ces machines, en terme de puissance, de rendement et de longévité. On peut distinguer trois générations, basées sur les intervalles de la température maximale (en °C) des gaz à l'entrée de la première roue de turbine :

- 1 e génération : $760 < T_{max} < 950$
- 2 e génération : $955 < T_{max} < 1124$
- 3 e génération : $1149 < T_{max} < 1288$

La température entrée turbine est un paramètre déterminant dans l'amélioration des performances d'une turbine à gaz. L'augmentation des limites de ce paramètre a eu comme effet une augmentation du rendement thermodynamique, qui est passé des valeurs inférieures à 20 % dans les premières machines, à des valeurs courantes supérieures à 40 % [4]

I.3 Généralité sur les turbomachines

I.3.1 Définition

On appelle Turbomachine, toute machine dans laquelle un fluide échange de l'énergie avec une ou plusieurs roues (ou rotor) réunies d'aubes ou (ailettes) et tournant autour d'un axe ; les aubes ménagent entre elles des canaux par lesquels le fluide s'écoule. Les aubes sont des obstacles profilés, plongés dans l'écoulement. On appelle grille d'aubes, un ensemble fixe ou mobile d'obstacles (d'aubes), déduits les uns des autres par un déplacement géométrique périodique, utilisé pour guider l'écoulement du fluide et pour échanger avec lui des efforts mécaniques.

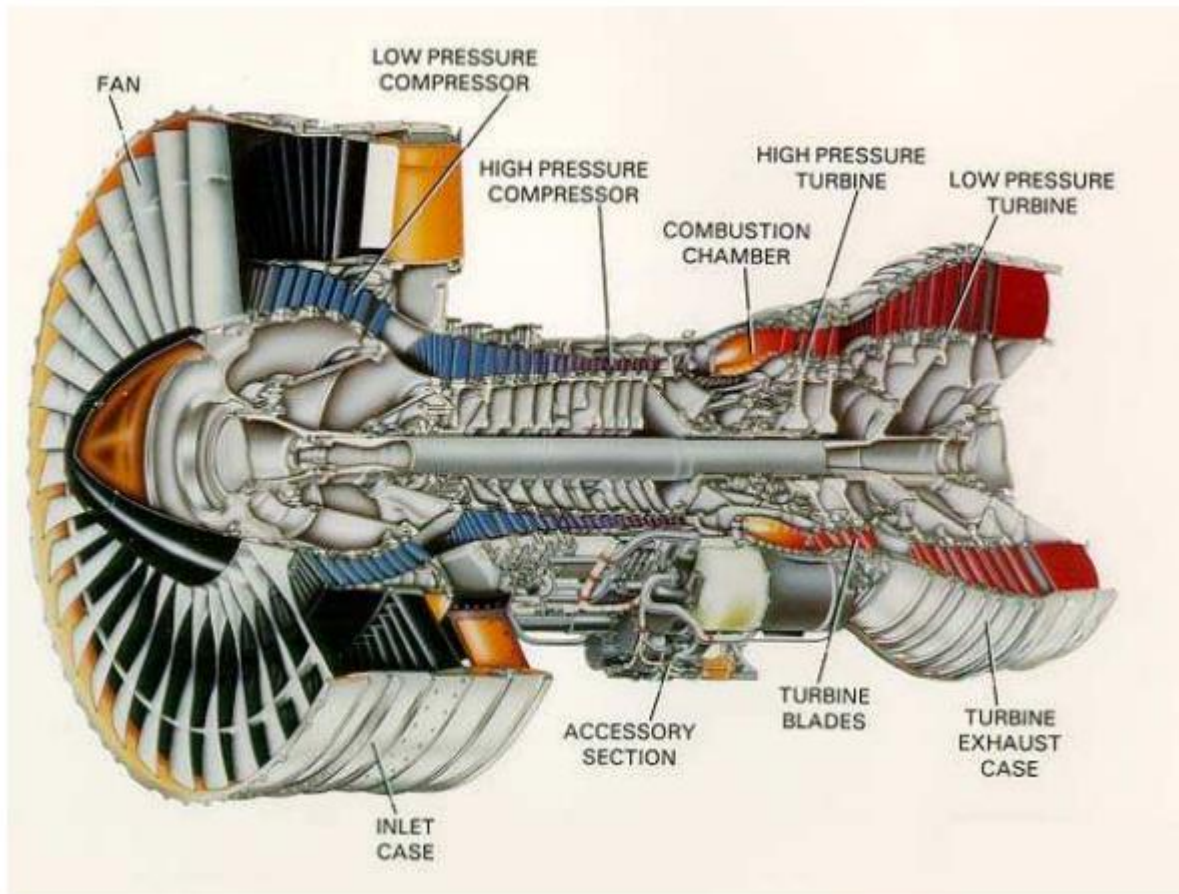


Figure I.3.1-I : Exemple d'architecture d'un turbomachine

L'échange de l'effort mécanique résulte de la différence de pression entre les deux faces d'une aube. Sur l'intrados d'une aube, la pression est plus élevée que sur l'extrados. La Turbomachine qu'elle soit motrice ou réceptrice comprend un rotor, animé d'une vitesse de rotation uniforme. Elle est traversée par un fluide qui s'écoule de façon permanente. Vitesse de rotation uniforme du rotor et écoulement permanent du fluide sont les caractéristiques essentielles des turbomachines. Ces derniers assurent un transfert d'énergie entre arbre propre et un fluide en mouvement. Ce transfert peut s'effectuer dans les deux cas suivants :

- Une récupération de l'énergie du fluide sur l'arbre de la machine (fonction réalisée par les machines du type turbine)
- Une augmentation de l'énergie du fluide par fourniture d'énergie mécanique sur l'arbre de la machine (fonction réalisée par les machines du type compresseur, ventilateur, pompe)[5]

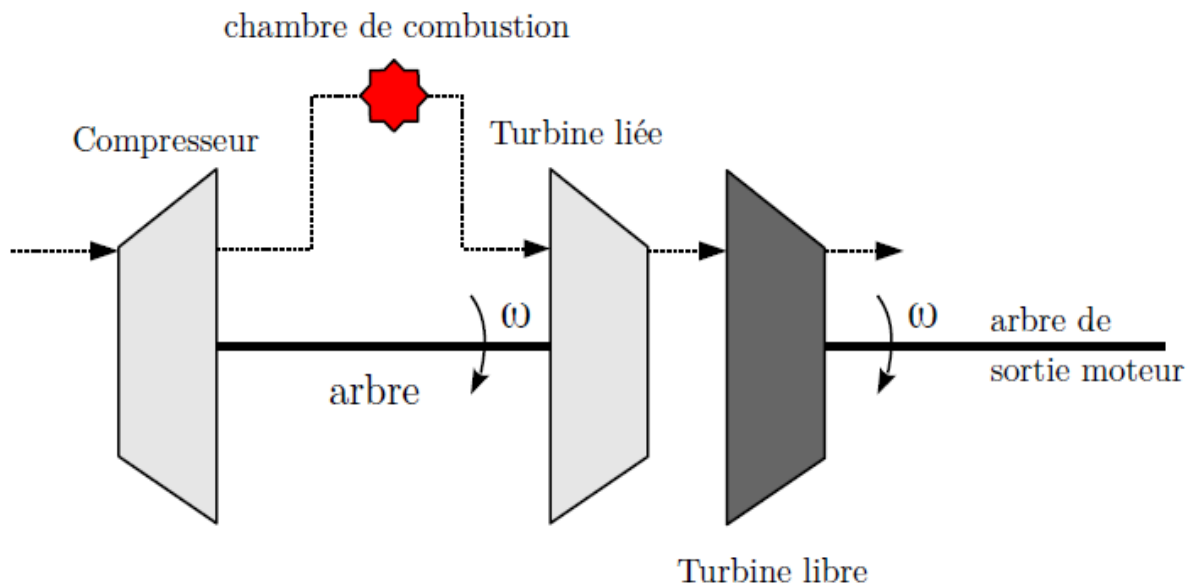


Figure I.3.1-II : Architecturé d'une turbine à gaz

A l'heure actuelle, les turbines à gaz sont incontournables pour la propulsion aéronautique. En comparaison des autres moteurs à combustion, elles présentent une puissance massique élevée qui les rend particulièrement bien adaptées aux applications aéronautiques. Le carburant utilisé est un mélange d'hydrocarbures appelé *kérosène*, dont l'importante capacité calorifique permet d'atteindre un très bon rapport entre la masse de carburant embarquée et la puissance disponible.

Cet état de fait justifie l'utilisation des turbomoteurs pour la motorisation des hélicoptères. La (Figure 3) expose à titre d'exemple une architecture de turbomoteur Turbomeca. Celle-ci comporte un compresseur centrifuge, qui se distingue des compresseurs axiaux par la direction radiale du flux en sortie de la roue mobile.[6]

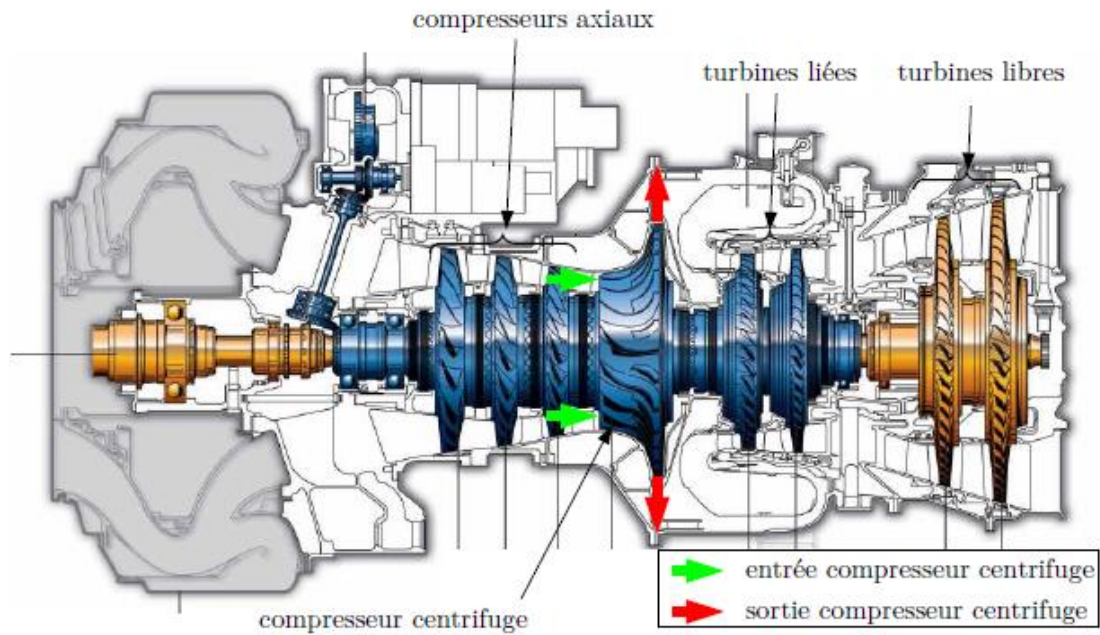


Figure I.3-3 : Exemple d'architecture Turbomeca

I.3.2 Classifications des turbomachines

On peut classer les turbomachines comme suit :

I.3.2.1 La fonction de la machine

- Réceptrice (turbine hydraulique)
- Génératrice (pompe, compresseur)
- Mixte : à la fois génératrice et réceptrice (turbine à gaz)

I.3.2.2 Le type d'installation

- Les turbomachines encastrées telles que les pompes centrifuges, les turbines à gaz où le fluide circule à l'intérieur de conduits.
- Les turbomachines en veine libre où le fluide circule librement telles que les éoliennes, les hélices d'avion ou de navire.[6]

I.3.2.3 Le sens de transfert de l'énergie

- Les turbomachines qui fournissent de l'énergie au fluide (enthalpie), dans ce groupe, sont classés les compresseurs, les ventilateurs et les pompes.
- Les turbomachines qui retirent de l'énergie au fluide sous forme de travail mécanique, principalement les turbines.

I.3.3 La nature du fluide

- Compressible : air, vapeur
- Incompressible : eau

I.3.4 La trajectoire du fluide par rapport à l'axe On distingue en particulier :

I.3.4.1 Exemple de machine radiale ou centrifuge :

Les machines centrifuge (radial) est un compresseur dans lequel le parcours de l'air dans la roue mobile est dirigé du centre vers la périphérie, pendant ce trajet l'air acquit une légère surpression et une grande vitesse de sortie qui se transforme ensuite en pression dans le diffuseur. Mais l'augmentation totale de pression est toujours assez faible car la vitesse circonférentielle de la roue est limitée par la fatigue du métal qui la constitue, donc pour obtenir des pressions élevées exigées, il est nécessaire de disposer plusieurs roues en série qui constituent les étages du compresseur.

Le nom compresseur radial provient de la direction principale de l'écoulement, elle est radiale, perpendiculaire à l'axe de la machine.[3]

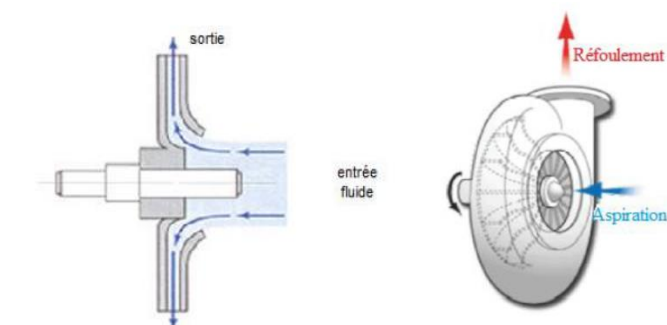


Figure I.3.4-I : Machine radiale ou centrifuge

I.3.4.2 Exemple de machine axial :

Le machines axial est un compresseur dans lequel l'air évolue entre les aubages disposés sur un même cylindre. La veine fluide traverse alternativement les aubages fixes, qui servent à la fois de diffuseur pour la roue qui suit.

L'élévation de pression produite dans un étage du compresseur axial est notablement plus faible que celle qui a lieu dans un étage du compresseur centrifuge, d'où pour une pression de refoulement égale, le nombre d'étage est deux à trois fois supérieur à celui d'un compresseur centrifuge.[7]

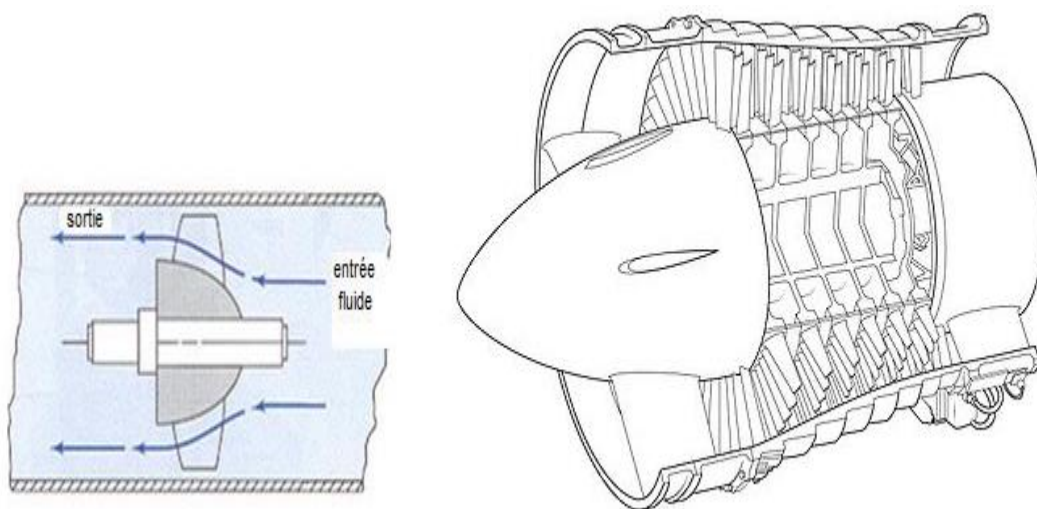


Figure I.3.4-II : Machine axiale

I.3.4.3 Exemple machine hélico-centrifuge :

Les machines hélico-centrifuges pour lesquelles les filets sont inclinés sur l'axe. Elles sont appelées machines mixtes.

Le principal objectif des Machines hélico-centrifuges est la création d'un couple sur l'arbre du rotor principal. Ceci les distingue entre autres des turboréacteurs, moteurs à destination de l'aviation, qui ont pour vocation de produire une force de poussée axiale par augmentation de la quantité de mouvement de l'air qui les traverse. La différence d'objectif se traduit en pratique par une différence dans les choix de conception. Ainsi, les turboréacteurs, qui doivent favoriser la création de forts débits d'air, sont généralement des machines axiales. Les turbomoteurs, qui ont pour objectif une maximisation du couple généré sur l'arbre moteur et dont la compacité est un critère de qualité, sont traditionnellement équipés de compresseurs centrifuges : l'écoulement, qui entre dans le compresseur dans la direction axiale, est dévié et expulsé radialement. Cette conception permet d'atteindre des taux de compression supérieurs à ceux d'une machine axiale, pour un encombrement réduit.[4]

Dans le cas des turbomoteurs, la mise en rotation de l'arbre est assurée par un transfert d'énergie entre un fluide (l'air) et la structure. D'un point de vue mécanique, ce transfert est réalisé par :

- la création d'un débit de masse à travers la machine (compresseur) ;
- la conversion d'énergie cinétique en pression, qui génère une composante de force de pression selon la direction d'écoulement (compresseur) ;
- la transmission de cette force à l'arbre moteur (turbine).[4]

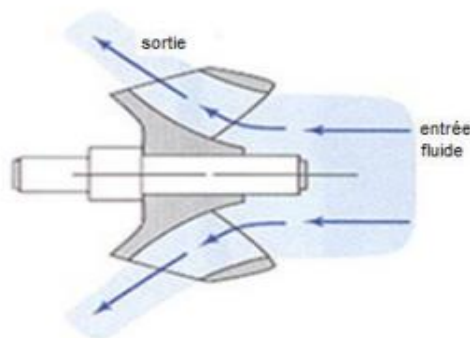


Figure I.3.4-III : Machine hélico-centrifuge

I.3.4.4 Le mode d'action du fluide

- Mode à action ou turbomachines à impulsion dans lesquelles le fluide subit seulement un changement d'impulsion lors du passage dans le rotor sans aucune variation de pression.
- Mode à réaction ou turbomachines à réaction dans lesquelles, l'échange énergétique entre le fluide et le rotor entraîne une chute de pression sans aucune variation de vitesse.
- Les turbomachines de type combiné dans lesquelles le fluide subit un changement de pression et de vitesse lors de son passage par le rotor.[8]

I.3.4.5 Le degré d'injection :

On dit qu'il s'agit d'une machine à injection totale ou partielle, suivant que les canaux ou certains d'entre eux sont remplis de fluide actif.

I.3.4.6 Le nombre de roues ou étages**I.3.5 Turbomachines monocellulaires:**

Ce sont des machines complètes composées de trois organes distincts que le fluide traverse successivement:

- **Distributeur:** son rôle est de conduire le fluide depuis la section d'entrée de la machine à la section d'entrée du rotor.
- **Le rotor:** dans lequel s'effectue l'échange d'énergie par le travail des forces aérodynamiques sur les aubes en rotation.
- **Le diffuseur:** son rôle est de collecter le fluide à la sortie du rotor et de l'amener à la section de la sortie de la machine.[9]

I.3.6 Turbomachines multicellulaires:

Ce sont des machines comportant un seul rotor composé de plusieurs étages, chaque étage ne comprend généralement que deux éléments, à savoir un distributeur et un rotor pour les turbines, un rotor et un diffuseur pour les pompes et les compresseurs.[10]

I.4 Constitution des turbomachines

Une turbomachine est composée essentiellement d'un mobile de révolution, le rotor tournant dans un stator limité par une enveloppe étanche.

I.4.1 Rôle du rotor

Assurer le transfert d'énergie entre l'arbre de la machine et le fluide en mouvement. L'écoulement étant défléchi au passage de la roue, il existe donc une force exercée par le fluide sur les aubages. Le point d'application de la force se déplace du fait de la rotation des aubages, il y a donc travail d'où échange d'énergie.[11]

1) **Énergie de pression** : une turbomachine échange nécessairement de l'énergie de pression avec le fluide (même si cela ne doit pas être sa fonction principale).

Cas d'un compresseur : augmentation de la pression pour compenser les pertes de charge du circuit.

Cas d'une turbine : une partie de l'énergie récupérée l'est toujours sous forme de pression.

2) **Énergie cinétique** : une turbomachine échange nécessairement de l'énergie cinétique avec le fluide du fait de la giration de l'écoulement au passage de la roue mobile.

3) **Énergie calorifique** : il n'y a pas d'énergie calorifique directement échangée entre le fluide et la roue ; cependant le fluide peut recevoir de la chaleur naissant de la dégradation d'une partie de l'énergie cinétique due au travail des forces de frottement liées à la nature

visqueuse du fluide. Le phénomène de dissipation, principalement localisé près des parois, engendre la transformation de la forme d'énergie et non son transfert de l'énergie (il y a pertes

d'où diminution du rendement). La faible surface des parois en rapport avec les grands débits rend les échanges de chaleur avec l'extérieur négligeable car celles-ci sont considérées comme étant adiabatiques.[5]

I.4.2 Rôle du stator

Modifier la forme d'énergie (énergie cinétique en pression, ou inversement). Il existe comme pour la roue mobile une force exercée par le fluide sur les aubages, liée à la déflexion de l'écoulement. Par contre l'aubage étant fixe, il n'y a pas de déplacement du point d'application de la force, donc pas de travail, ce qui signifie, pas d'échange d'énergie.[12]

1) Redresseur de compresseur axial :

Situé en aval de la roue mobile.

Rôle : redresser l'écoulement vers la direction axiale, transformant ainsi l'énergie cinétique de la composante giratoire de vitesse en pression statique.[14]

2) Distributeur de turbine axiale :

Situé en amont de la roue mobile.

Rôle : provoquer une giration de l'écoulement, transformant ainsi une partie de l'énergie de pression statique disponible sous forme d'énergie cinétique. Cette énergie est ensuite récupérée au niveau de la roue mobile.[7]

3) Diffuseur de pompe ou compresseur centrifuge :

Récupération de pression statique avec l'augmentation de la section de passage (rayon)

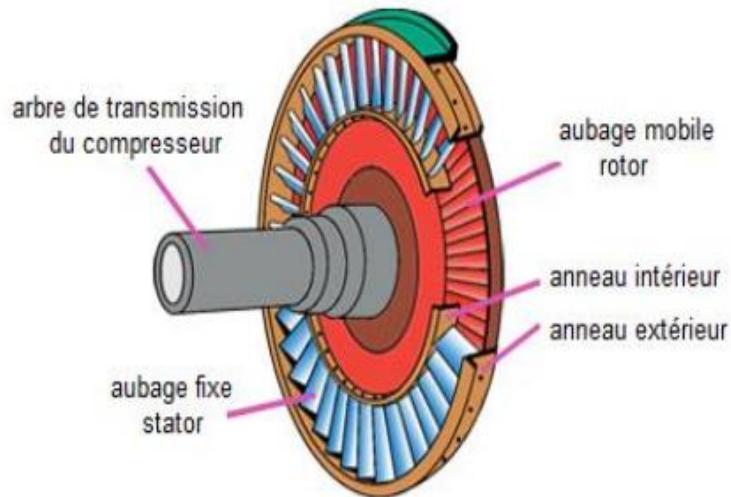


Figure I.4.2-I : Organes d'une turbomachine

I.5 Fonctions et domaines d'utilisation des turbines à gaz :

I.5.1 Principe de fonctionnement

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

Dans sa forme la plus simple et la plus répandue, une turbine à gaz est composée essentiellement de trois éléments

Un compresseur : centrifuge ou plus généralement axial, qui a pour rôle de comprimer de l'air ambiant à une pression comprise entre 10 et 30 bars environ.

Une chambre de combustion : sous pression, puis brûlé avec l'air comprimé, avec un fort excès d'air afin de limiter la température des gaz d'échappement.

Une turbine proprement dite, dans laquelle sont détendus les gaz qui sortent de la chambre de combustion [7]

L'air froid aspiré de l'environnement extérieur, est comprimé dans le compresseur avant de pénétrer dans la chambre de combustion. Cette opération est réalisée en consommant une quantité d'énergie mécanique soustraite à l'énergie fournie par la turbine. A l'intérieur de la chambre de combustion, la réaction chimique entre l'air et le carburant produit une augmentation de la température à une pression relativement constante.

En effet, la chute de pression entre l'évacuation du compresseur et l'admission à la turbine se trouve généralement comprise entre 2% et 4% de la pression initiale ; dans cette réaction la chaleur calorifique du carburant est transformée en énergie thermique pour les gaz.[8]

Enfin, dans la turbine de détente les gaz chauds se détendent jusqu'à la pression ambiante et leur température diminue en conséquence. Cette phase produit une grande quantité d'énergie mécanique en partie requise par le compresseur, mais surtout dirigée au réseau à travers le générateur de puissance.[16]

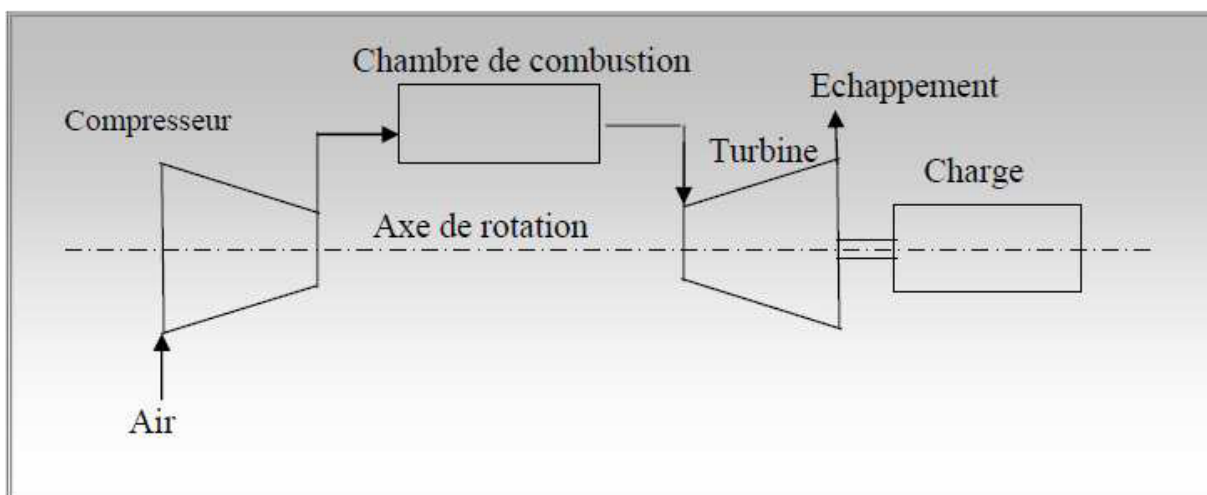


Figure I.5.1-I : Schéma descriptif d'une turbine à gaz

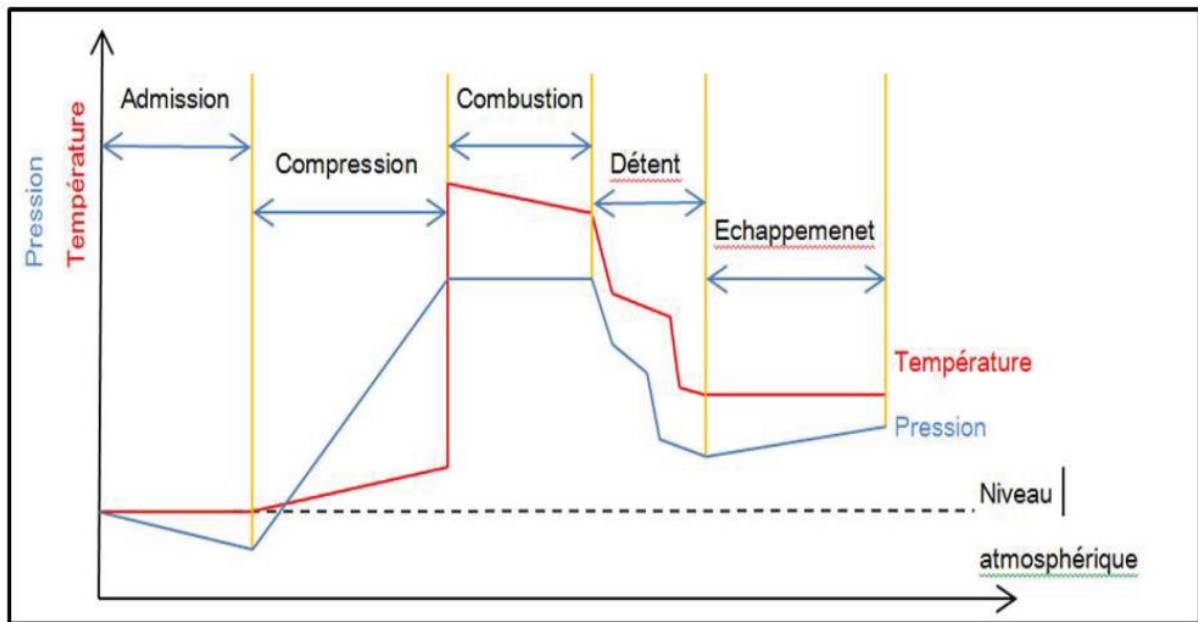


Figure I.5.1-II : La variation de la pression et de la température dans les différentes sections

I.5.2 Les principaux cycles de la turbine à gaz

I.5.2.1 Cycle de brayton

Les turbines à gaz, leur fonctionnement repose sur le cycle thermodynamique de Brayton (Figure 2-I.5.2-I0), constitué :

- d'une compression adiabatique irréversible (1→2). Un apport d'énergie au fluide est nécessaire;
- d'un apport de chaleur à pression constante⁴, au cours de laquelle l'enthalpie totale du fluide est augmentée (2→3) ;

– d'une détente adiabatique irréversible (3→4). L'enthalpie totale du fluide diminue. De l'énergie est prélevé au fluide. Une part sert à alimenter la compression (1→2), l'autre part constitue l'énergie disponible en sortie du cycle thermodynamique.

Ce cycle est moteur dès lors que $h_{03} - h_{04} > h_{02} - h_{01}$, i.e. que l'énergie récupérée lors de la phase de détente est supérieure à celle nécessaire à alimenter la compression. Cela est rendu possible compte-tenu de l'allure exponentielle des isobares dans le diagramme entropie-enthalpie. [17]

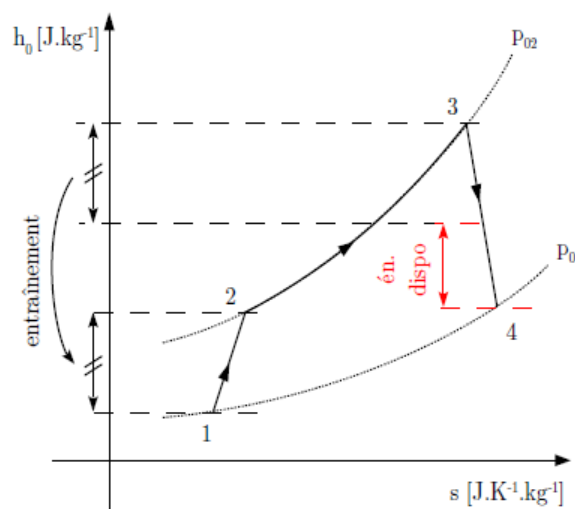


Figure I.5-10 : Cycle de Baryton

Concrètement, ce cycle thermodynamique est réalisé grâce à un montage dont le principe de base est exposé sur la (Figure 2-11) . Dans le cas d'un turboréacteur, seule la quantité d'énergie nécessaire à entraîner les compresseurs est récupérée au travers des turbines, le reste étant relâché en sortie de tuyère d'éjection sous la forme d'énergie cinétique dans le but de créer une poussée axiale. Dans le cas d'un turbomoteur, la plus grande part d'énergie possible est récupérée au niveau de la turbine libre afin de la transmettre sous la forme de puissance mécanique sur l'arbre de sortie moteur. L'énergie cinétique du fluide restante en sortie de tuyère d'éjection est donc réduite.[15]

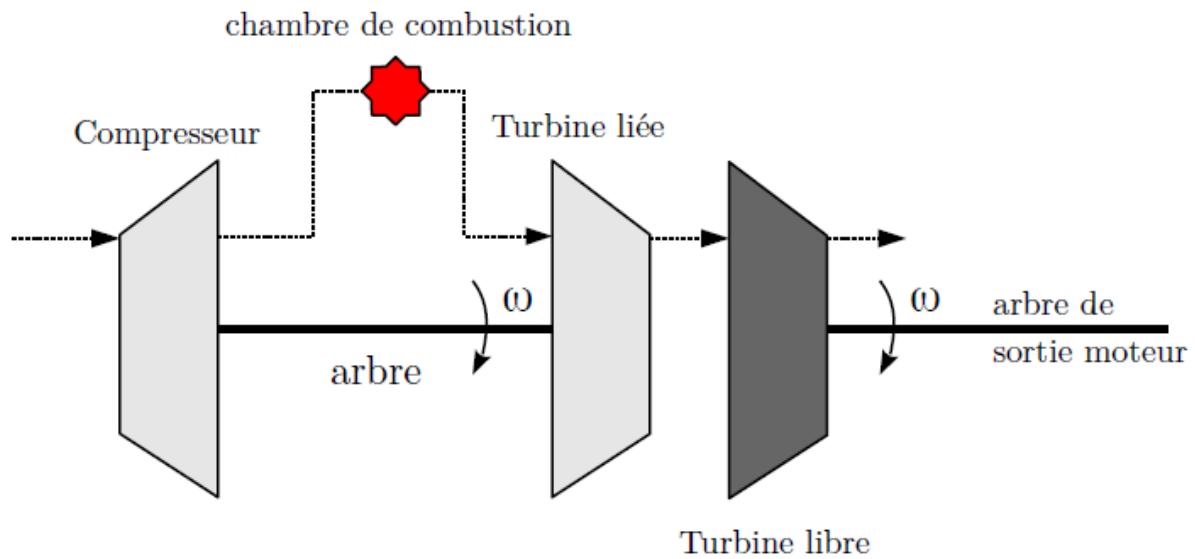


Figure I.5.2-II : Architecture de base d'une turbine à gaz.

I.5.2.1.1 Le cycle réel

L'étude de ce cycle devrait, en toute rigueur, tenir compte de toutes les imperfections des différentes parties de cette machine, en fait, nous ferons intervenir les rendements du compresseur et de la turbine, nous adapterons pour les fluides traversant la turbine et le compresseur les hypothèses simplificatrices suivantes [17]:

- Le fluide est un gaz parfait
- $\gamma = \text{cte}$

Le cycle réel d'une turbine à gaz est représenté dans la figure suivante :

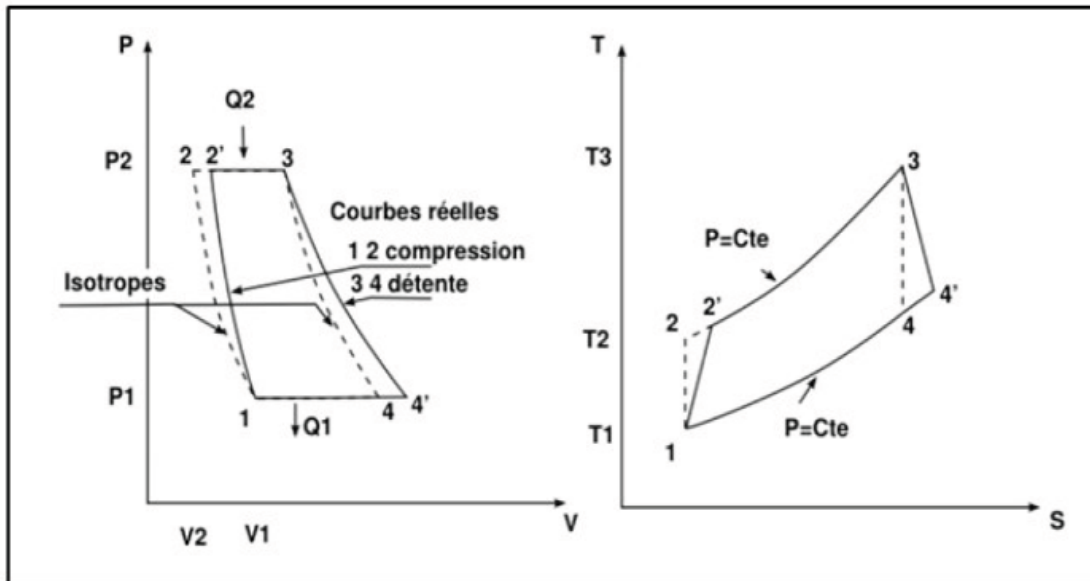


Figure I.5.2-III : Cycle simple réel

Ce cycle comporte :

- Une compression adiabatique avec augmentation d'entropie de (1) à (2) ;
- Une combustion avec une chute de pression due aux pertes de charge de (2) à (3) ;
- Une détente adiabatique jusqu'à la pression atmosphérique avec augmentation d'entropie de (3) à (4).[8]

I.5.2.2 Domaines d'utilisations des turbines à gaz

Les turbines à gaz ont une très grande utilité dans l'industrie, Elles peuvent être utilisées pour l'entraînement des :

- Générateur d'électricité
- Compresseurs
- Pompes [1]

Mais aussi comme système générateur de poussée, notamment dans :

- Chemin de fer
- Propulsion maritime
- Aviation.[1]

I.6 Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre que la turbine à gaz est un moteur à combustion interne. L'air atmosphérique est aspiré et comprimé dans son compresseur qui est généralement axial, en suite, la puissance énergétique de l'air comprimé se trouve augmenter dans la chambre de combustion, en utilisant la chaleur dégagée par celle-ci et sera aussi convertie en énergie mécanique utile pendant le processus de détente dans la section turbine.

**II. Chapitre 02 : Centrale
électrique**

II.1 Introduction

La production de l'énergie électrique est en fait une transformation de l'énergie contenue à l'intérieur d'une source primaire, par des procédés de conversion de différents types, sous forme d'énergie électrique disponible délivrant une force électromotrice aux bornes des générateurs. Lorsque le générateur est connecté à une charge, cette force électromotrice produit un courant électrique sous une tension donnée afin de fournir la puissance requise.

Nous pouvons classer les sources primaires en deux grandes familles, les énergies fossiles que l'on extrait du sol qui sont le pétrole, le gaz, le charbon et bien sûr l'uranium qui est la minerais de base de l'énergie nucléaire, d'une part et d'autre par les énergies renouvelable comme celle provenant du soleil (solaire, éolien, hydraulique, biomasse) ou de l'activité de magma terrestre comme la géothermie.

La conversion peut être directe comme dans le cas de la production photovoltaïque ou à travers les piles à combustion, elle passe par les réactions primaires de transformation comme la fission ou la fusion dans les réacteurs nucléaires. Le mode le plus fréquent de conversion est l'enchaînement d'un procédé thermique qui transforme l'énergie primaire en chaleur qui est à son tour transformée en énergie cinétique qui est transférée sous forme d'énergie mécanique à des turbines qui à leur tour entraînent des générateurs électriques qui sont en général des alternateurs. On peut aussi avoir une conversion directe combustion turbine (cas de moteur à gaz).

Dans la pratique aujourd'hui, les moyens les plus utilisés pour la production d'énergie électrique sont la filière nucléaire, très développée, les filières thermiques à base de pétrole, gaz ou charbon et bien sûr l'énergie hydraulique. Les autres sources comme l'énergie éolienne, la géothermie ou l'énergie solaire sont en plein développement mais demeurent encore marginale.

II.2 Généralité sur les central électrique**II. Introduction**

Les centrales électriques ont pour but principal de fournir de l'énergie électrique aux entreprises industrielles et à la population. Le fonctionnement des centrales électrique se caractérise par cette particularité que la quantité d'énergie produite doit être pratiquement égale à la quantité d'énergie fournie cela se justifie par le fait que l'énergie électrique ne se stocke pas. Nous devons donc la produire au fur et à mesure des besoins.[21]

La disponibilité de l'énergie est très hétérogène au niveau mondial, et ses possibilités d'utilisation diffèrent selon qu'il s'agit de pays prospères ou de nations en développement. Si de nombreux pays riches ont pour objectif d'atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050, la majorité de la population mondiale s'efforce en revanche, à plus court terme, de garantir l'accès à des sources d'électricité efficaces, fiables et abordables qui contribuent à améliorer la qualité de vie.[22]

III. Définition

Les centrales électriques ont pour but principal de fournir de l'énergie électrique aux entreprises industrielles et à la population. Le fonctionnement des centrales électrique se caractérise par cette particularité que la quantité d'énergie produite doit être pratiquement égale à la quantité d'énergie fournie cela se justifie par le fait que l'énergie électrique ne se stocke pas. Nous devons donc la produire au fur et à mesure des besoins

III. Contraintes d'équilibre entre production et consommation

L'énergie électrique joue un rôle très important dans tous les secteurs de l'économie. Les producteurs de l'énergie électrique s'appuient sur des calculs statistiques qui leur permettent de prévoir plusieurs années à l'avance, les investissements (centrales, générateurs, lignes,...) pour faire face à la demande sans cesse croissante de l'énergie. L'adaptation doit enfin tenir compte de variations annuelles.

Toutes ces variations sont souvent faussées ou perturbées par des accidents ou des phénomènes imprévisibles tels que la sécheresse, les inondations, tremblement de terre...etc. Ce qui se traduit par un déficit énergétique considérable qu'il faut palier au plus vite. Pour

toutes ces raisons, nous sommes amenés à classer les différentes centrales en trois grandes catégories :[23]

- Centrales de base
- Centrales mixtes
- Centrales de pointe

On peut classer les différentes centrales en trois catégories :

➤ **Centrales de base** elles fonctionnent continuellement à leur puissance optimale sauf en cas de perturbation technique. Parmi ce mode de fonctionnement, on trouve les centrales thermiques à vapeur, les centrales hydro-électriques, les turbines à gaz et dans quelques cas les centrales solaires thermiques. [24]

➤ **Centrales mixtes** : elles sont prévues pour un fonctionnement périodique, le prix du combustible étant élevé donc, il est nécessaire de diminuer le temps de fonctionnement pour économiser les frais. La courbe exprimant la demande énergétique détermine les moments de leur mise en service. Ces types de centrales peuvent être thermiques à vapeur qui utilise des combustibles tels que fuel, lignite et le gaz naturel.[24]

➤ **Centrales de pointe** : ce sont des centrales dont le démarrage est très facile et rapide, ce qui permet de palier vite à un déficit énergétique.

Ce sont des centrales à réservoirs d'énergie comme les centrales hydro-électriques ou bien des centrales ayant un stockage de vapeur ou bien qui pouvant fournir la puissance demandée, comme les turbines à gaz.

IIV. Energie électrique**II.2.IV.1 Définition**

L'énergie est le moteur de tous les phénomènes naturels : la croissance des plantes, le vent, les courants des rivières, les vagues, la chute d'objetsen physique on la définit comme la capacité d'un système a produire un travail elle se présente sous de multiples facettes, et l'une de ses propriétés majeures est de pouvoir être convertie d'une forme en une autre [2]

II.2.IV.2 Les différentes formes d'énergie

Les différentes formes d'énergie peuvent se classer suivant le niveau et la nature des transformations. On distingue trois formes comme suit :

- L'énergie primaire disponible : dans l'environnement avant toute transformation à savoir énergie hydraulique, marine, éolienne, rayonnement solaire, uranium, etc.
- L'énergie intermédiaire : qui a subi une ou plusieurs transformation et peut être transportée ou distribuée sous différents aspects (combustible fossile, carburants, électricité) vers le consommateur final. (ménager, industriels, services, etc.), d'où le terme énergie distribuée, on parle aussi des consommations finales d'énergie
- L'énergie utile : c'est l'énergie désirée par le consommateur (lumière, chaleur, travail mécanique, etc.), s'obtient en transformant l'énergie intermédiaire dans les appareils tels que les cuisinières, les lampes électriques, les chaudières, etc.).

D'une manière générale, toutes les transformations d'énergie s'opèrent à travers des équipements ou procédés énergétiques. .[33]

II.2.IV.3 Production de l'énergie électrique

L'énergie électrique est produite dans des centrales (de production d'énergie) électrique qui est un site destiné à la production d'électricité, les centrales éclectiques transforment différents sources d'énergie naturelles en énergie électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs.

Toutes ces centrales comportent un ou plusieurs groupes tournant constitué chacun par une machine motrice entraînant un alternateur, celui-ci produit du courant électrique triphasé sous une tension insuffisante qui sera élevée par des transformateurs situés dans un poste de départ. [34]

II.2.IV.4 Transport d'énergie

L'énergie produite dans les centrales électriques doit être transférée des lieux de production aux lieux de consommation. Ce transfert comportera fréquemment deux stades : un transport d'un point à un autre d'une énergie donnée, par une ou plusieurs lignes, ensuite une distribution de l'énergie à de nombreux consommateurs. [35]

Dans le transport et la distribution de l'énergie électrique, on utilise deux types de lignes :

- La ligne aérienne
- Câble souterrain

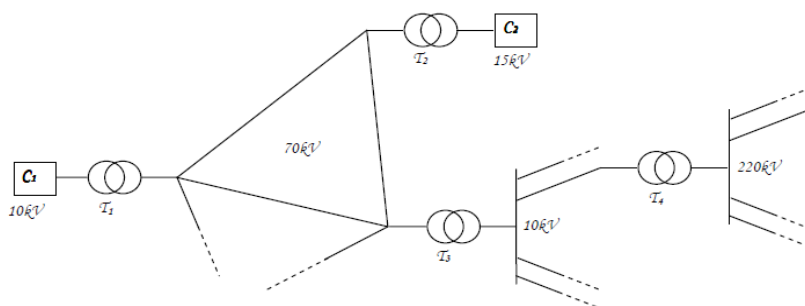


Figure IV-I : Schéma général du transport et de la distribution d'électricité

II.3 Types de centrales

Il existe plusieurs types de centrales, Les centrales génératrices diffèrent entre elles par l'origine de la force et la nature de la machine motrice d'où la classification suivante :

- Les centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) dites centrales thermique classiques
- Les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifié de thermiques
- Les centrales solaires ou photovoltaïques
- Les centrales éoliennes
- Les centrales hydroélectriques
- Les centrales géothermiques, [30]

II. Centrales hydro-électriques [3]

Les petites centrales hydroélectriques sont une source d'énergie propre, renouvelable et prévisible, elles produisent de l'électricité en transformant l'énergie mécanique de l'eau en énergie électrique. Les petites centrales hydroélectriques constituent une des meilleures solutions de rechange à la production onéreuse et très polluante du diesel qui répond aux besoins des communautés situées dans des zones éloignées. [6]

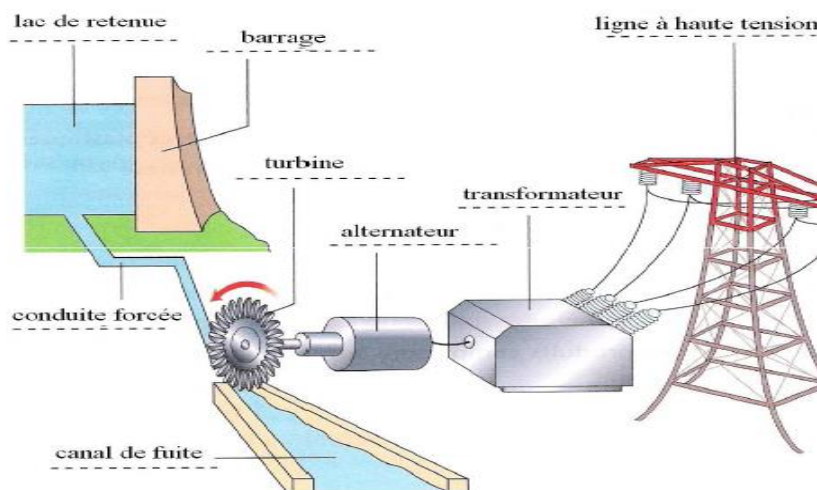


Figure I-I : principes de fonctionnement d'une centrale hydraulique

Une centrale hydro-électrique comporte essentiellement :

- **Barrage :** les barrages de retenue d'eau sont établis en travers du lit de rivière.
- **Conduite d'amenée :** la conduite d'amenée conduit l'eau du barrage jusqu'au Turbines.
- **Conduite d'échappement :** après être passée dans les turbines, l'eau retourne dans la rivière par la conduite d'échappement.
- **Salle de commande :** les appareils de commande et de contrôle sont groupés ensemble dans une salle d'où le personnel peut surveiller la marche des groupes générateurs.[23]

II.3.I.1 Types de centrales hydrauliques

Suivant la hauteur de chute on distingue :[21]

- **Les centrales de haute chute :** les centrales de haute chute ont des hauteurs de chute supérieures à 300 m ; elles utilisent les turbines Pelton. Ces centrales se trouvent dans les régions très montagneuses. La capacité du réservoir est relativement faible.
- **Les centrales de moyenne chute :** les centrales de moyenne chute ont des hauteurs comprises entre 30 et 300 m ; elles utilisent des turbines Francis. Ces centrales sont alimentées par l'eau retenue derrière un barrage construit dans le lit d'une rivière de région montagneuse. Elles comportent un réservoir de grande capacité.
- **Les centrales de basse chute :** les centrales de basse chute, ont des hauteurs de chute inférieure à 30 m, elles utilisent les turbines Kaplan ou Francis. Ces centrales sont établies sur les fleuves ou les rivières à fort débit.[21]

III. Centrales éoliennes :

II.3.II.1 Définition

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable non dégradée, géographiquement diffusée et surtout en corrélation saisonnière.[21]

De plus c'est une énergie qui ne produit aucun rejet atmosphérique ni déchet radioactif. L'éolienne se compose d'une nacelle, d'un mât, de pâles et d'un multiplicateur de vitesse. La fabrication de ces différents éléments est d'une technologie avancée, ce qui les rend par conséquent onéreux.

II.3.II.2 Principe de fonctionnement

L'énergie éolienne dépend de l'énergie solaire, en effet les masses d'air proches de la terre sont le mieux chauffées par le soleil, cette air chaude a tendance à se déplacer, ce qui provoque le vent, ces centrales éoliennes sont positionnés idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées.[]m.pdf

Une masse du vent animée d'un mouvement rectiligne renferme une énergie sous forme cinétique. On l'exprime par la relation bien connue :

$$E_c = \frac{1}{2} M V^2$$

où M est la masse du vent et V sa vitesse.

Or la masse instantanée du vent qui traverse la surface balayée par les pâles d'une éolienne vaut :

$M = A \rho V$ où A est la surface balayée par les pâles, ρ la densité de l'air et V sa vitesse.

La puissance théorique qu'une éolienne pourrait retirer de l'action du vent est donc :

$$P_{max} = \frac{1}{2} A \rho V^3$$

On parle de parc éolien ou de ferme éolienne pour décrire les unités de productions groupées (Installées à terre ou en mer).

II.3.II.3 Types d'éoliennes

On peut distinguer deux types d'éoliennes : éoliennes à axes verticales et éoliennes à axes horizontales (les plus répandus)



Figure II-I: Principaux types d'éoliennes

III. Centrales photovoltaïques (solaire)

II.3.III.1 Définition

Les centrales solaires photovoltaïques utilisent le rayonnement solaire pour produire de l'électricité.

Une centrale solaire photovoltaïque est composée de plusieurs champs de panneaux solaires comportant un grand nombre de cellules photovoltaïques convertissant directement l'énergie lumineuse en électricité.

Un système photovoltaïque est un ensemble complet d'équipement permettant de transformer la lumière du soleil en électricité. [29]

II.3.III.2 Principe de fonctionnement

Dans un semi-conducteur exposé à la lumière, un photon d'énergie suffisante arrache un électron, créant au passage un "trou". Normalement, l'électron trouve rapidement un trou pour se replacer, et l'énergie apportée par le photon est ainsi dissipée.

Le principe d'une cellule photovoltaïque est de forcer les électrons et les trous à se diriger chacun vers une face opposée du matériau au lieu de se recombiner simplement en son sein : ainsi, il apparaitra une différence de potentiel et donc une tension entre les deux faces, comme une pile. Pour cela, on s'arrange pour créer un champ électrique permanent au moyen d'une jonction PN, entre deux couches dopées respectivement P et N. Les cellules sont souvent réunies dans des modules solaires photovoltaïques (ou "panneaux solaires"), en fonction de la puissance recherchée.[28]

En somme, une cellule photovoltaïque est l'équivalent d'un générateur de courant auquel on a adjoint une diode.

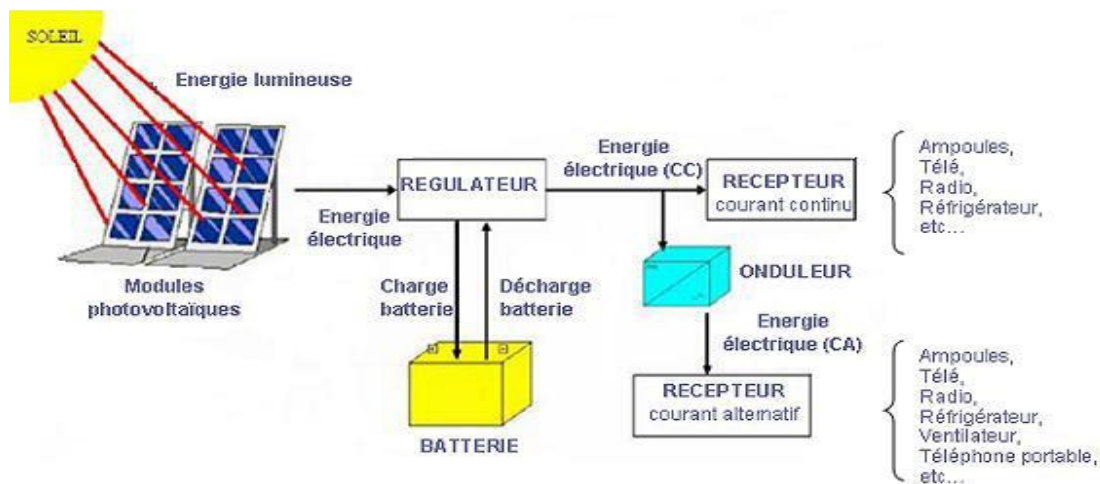


Figure III-I: Schéma d'un système photovoltaïque connecté au réseau de distribution électrique

IV. Centrales nucléaires

II.3.IV.1 Définition

Les centrales nucléaires produisent l'électricité à partir de la chaleur libérée par une réaction nucléaire. Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique, sauf que la chaudière brûlant le combustible fossile est remplacée par un réacteur contenant le combustible nucléaire en fission

Une centrale nucléaire est un site industriel utilisant la fission de noyaux atomiques (uranium, plutonium) pour produire de la chaleur, dont une partie est transformée en électricité (entre 30 % et 40 %) en fonction de la différence de températures entre la source froide et chaude.

II.3.IV.2 Princes de fonctionnement

La fission nucléaire, se produire quand on fait exploser un noyau d'atome d'uranium 235 pour produire une grande quantité d'énergie. Cette énergie est récupérée pour produire de l'électricité

Pour produire cette fission nucléaire il faut utiliser des crayons, les crayons ce sont les barres qui contiennent l'uranium et que l'on plonge dans des cuves d'eau.

On fait exploser un noyau d'uranium (235) qui est l'uranium le plus instable c'est à dire qu'il contient énormément d'énergie que l'on exploite en lui rajoutant un neutron qui le rend encore plus instable.

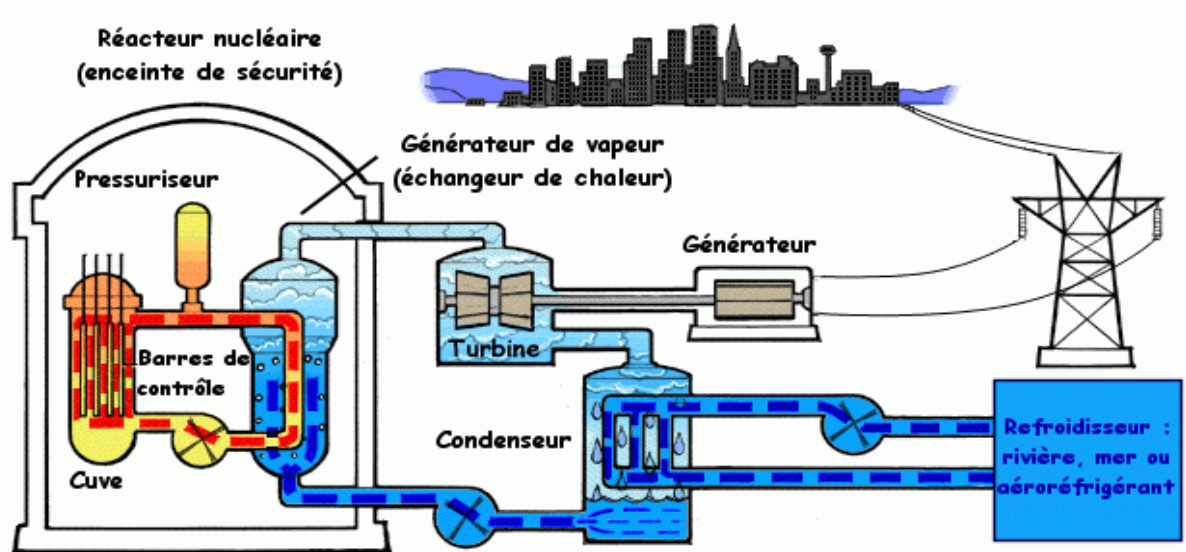
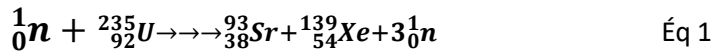


Figure IV-I : centrale nucléaire

II.3.IV.3 Exemple de fission nucléaire :

Un neutron lent peut s'introduire dans un noyau d'uranium -235 et y rester. Le noyau excité se scinde en deux fragments suivant une multitude de possibilités dont l'une est :



Les neutrons sortant de cette réaction sont des neutrons rapides et peuvent donner lieu à une fission nucléaire si on les ralentit (neutrons thermiques).

L'énergie libérée est :

$$\Delta E = E_{\text{réactifs}} - E_{\text{produits}} = [(m_U + m_n) - (m_{Xe} + m_{Sr} + 3m_n)]c^2 \quad \text{Éq 2}$$

Lorsqu'on est en présence d'un nombre de noyaux ${}^{235}\text{U}$ assez important, les 2 ou 3 neutrons libérés dans la réaction précédente peuvent donner lieu à 2 ou 3 nouvelles fissions d' ${}^{235}\text{U}$ et ainsi de suite. Il s'ensuit une réaction en chaîne où le nombre de fissions augmente rapidement en fonction du temps.[23]

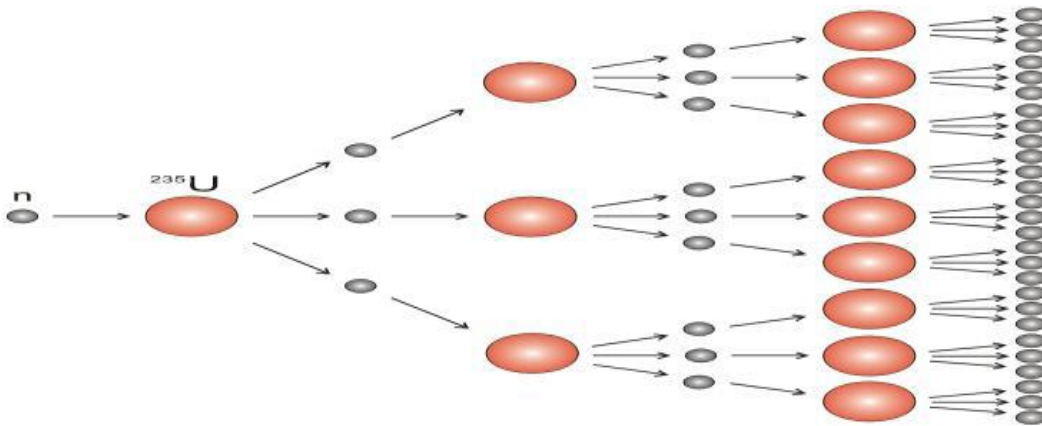


Figure IV-II : réaction en chaîne

IV. Centrale géothermique (préexistante)

II.3.V.1 Définition

L'énergie géothermique représente l'énergie des eaux chaudes infiltrées tout au fond de la terre, de véritables réservoirs d'eau se forment ainsi, d'autant plus chauds qu'il se trouve plus profondément, ces nappes atteignent 70 à 80 °C.

Les régions où les volcans sont toujours actifs, ou bien les tremblements de terre fréquents, représentent des geysers (sources chaudes), c'est ce genre de gisements qui transforment l'eau en jets brûlants (gisement de haute énergie), ils peuvent produire de l'électricité en utilisant une turbine à vapeur même si dans l'avenir, se réaliseront des progrès techniques dans son exploitation, l'énergie géothermique ne pourra pas satisfaire les besoins mondiaux.[30]

II.3.V.2 Principes de fonctionnement

Le fluide géothermique chaud passe à travers un côté d'un échangeur de chaleur pour chauffer une pipe. Habituellement le fluide de fonctionnement est un hydrocarbure, tel que l'isopentane ou réfrigérant tel que R12, pour des raisons environnementales, le fluide de fonctionnement approprié est le dioxyde de carbone CO₂ (aucun danger d'explosion, ininflammable, non toxique). Le fluide de fonctionnement est vaporisé au contact de la chaleur d'origine géothermique, ensuite il est passé à travers une turbine pour générer de l'électricité. (bulletin_010_19)[30]

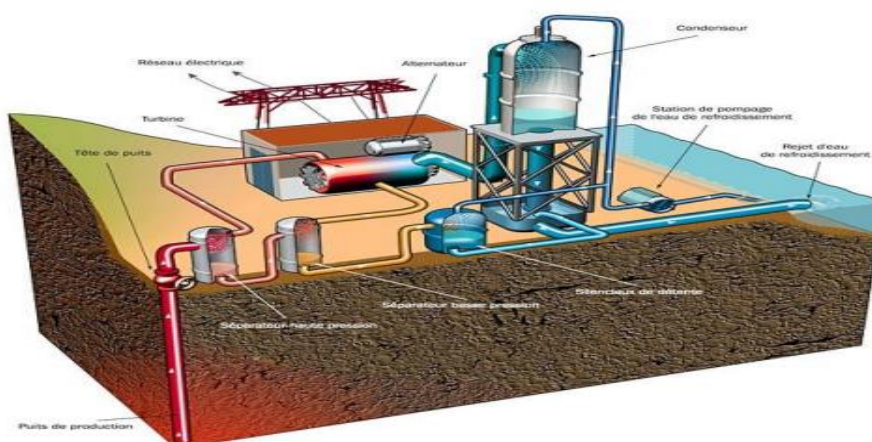


Figure V-I : La géothermie à haut énergie (centrale géothermique)

IVI. Centrales thermiques à flammes**II.3.VI.1 Définition**

Les centrales thermiques à flammes utilisent des combustibles chimiques pour produire de la chaleur transformée en énergie mécanique par un cycle moteur thermodynamique, lui-même alimentant un alternateur, les combustibles sont généralement fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel). [28]

II.3.VI.2 Principes de fonctionnement d'une centrale thermique

Une centrale thermique a pour rôle de produire de l'électricité à partir d'une énergie primaire qui se présente sous forme d'un combustible. Le processus de transformation s'effectue selon les étapes suivantes :

- 1ère étape : Transformation de l'énergie chimique du combustible en énergie thermique au cours d'une réaction de combustion.
- 2ème étape : Transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique, par l'intermédiaire d'une turbine.
- 3ème étape : Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique dans un alternateur[26]

II.3.VI.3 Types de centrales thermiques à flammes

Soulant le type du combustible on peut distinguer trois types

- Centrale à fuel et à gaz
- Centrale à vapeur
- Centrale thermique à cycle combine [27]

II.3.VI.3.1 Centrale à fuel et à gaz

Les centrales à gaz sont basées sur la combustion du gaz naturel ou fioul dans de l'air sous pression et sur la détente des gaz chauds brûlés dans une turbine couplée à un alternateur.

La turbine est l'élément de base d'une centrale électrique. C'est un moteur rotatif qui convertit l'énergie de vapeur ou de gaz en énergie mécanique. Plus généralement, c'est un organe permettant la détente d'un fluide en recueillant son énergie sous formes mécaniques. On distingue les turbines hydrauliques, les turbines à vapeur et les turbines à gaz[27]

➤ Cycle de Brayton :

Le cycle de Brayton est utilisé pour les turbines à gaz. Les turbines à gaz fonctionnent généralement en cycle ouvert, de l'air à température ambiante et à pression atmosphérique pénètre à l'intérieur du compresseur, où sa température et sa pression vont augmenter. L'air à haute pression se dirige ensuite vers la chambre de combustion où le carburant sera brûlé à une pression constante. Les gaz brûlés qui s'échappent de la chambre de combustion à très haute température entrent dans la turbine où ils vont se détendre jusqu'à atteindre la pression atmosphérique où ils vont la faire tourner. Produisant donc du travail, les gaz brûlés sortant de la turbine seront rejetés dans l'atmosphère raison pour laquelle le cycle est considéré comme étant un cycle ouvert.[37]

II.3.VI.3.2 Centrale à vapeur

Dans une centrale thermique, une chaudière chauffe de l'eau et la transforme en vapeur. L'énergie calorifique est obtenue en brûlant le plus souvent du charbon, du pétrole ou du gaz.

La chaleur dégagée par la combustion vaporise l'eau qui atteint alors une très haute température ou jusqu'à saturation.

Cette vapeur se détend progressivement dans les corps haut, moyenne et basse pression de la turbine avant de se liquéfier dans le condenseur et d'être renvoyée dans le générateur de vapeur

➤ Cycle de Rankine

Le cycle de Rankine est un cycle à vapeur dans lequel le fluide utilisé est alternativement vaporisé et condensé, il consiste en 4 phases :

- compression isentropique dans une pompe
- Apporte de chaleur a pression constante dans une chaudière
- Détente isentropique dans une turbine
- Rejet de chaleur a pression constante dans un condenseur [29]

II.3.VI.3.3 Centrale thermique à cycle combine

La recherche continue pour améliorer le rendement thermique qui a donné lieu à des modifications plutôt innovantes aux centrales électriques conventionnelles. La modification la plus populaire implique le cycle à gaz qui surmonte un cycle de vapeur, qui est appelé le cycle combiné gaz-vapeur, ou simplement le cycle combiné.

Les centrales à cycle combiné (CCC) sont de grandes centrales thermiques utilisant le gaz naturel comme combustible pour produire de l'électricité sur deux cycles successifs. Le premier cycle est semblable à celui d'une TAC : le gaz brûlé en présence d'air comprimé actionne la rotation de la turbine reliée à l'alternateur. Dans le second cycle, la chaleur récupérée en sortie de la TAC alimente un circuit vapeur qui produit également de l'électricité avec une turbine dédiée [28]

II.3.VI.3.4 Différents systèmes utilisés dans les centrales à cycle combinée**II.3.VI.3.5 Système à un niveau de pression :**

L'installation la plus simple pour une centrale à cycle combiné est le système a pression simple sans équipement additionnel. Il y a une turbine ou plusieurs turbines à gaz. Généralement le même nombre de récupérateur de chaleur(HRSG). Une turbine à vapeur, un condenseur et un ballon de vapeur. La vapeur pour le ballon de vapeur est puisée au niveau de la turbine à vapeur[33]

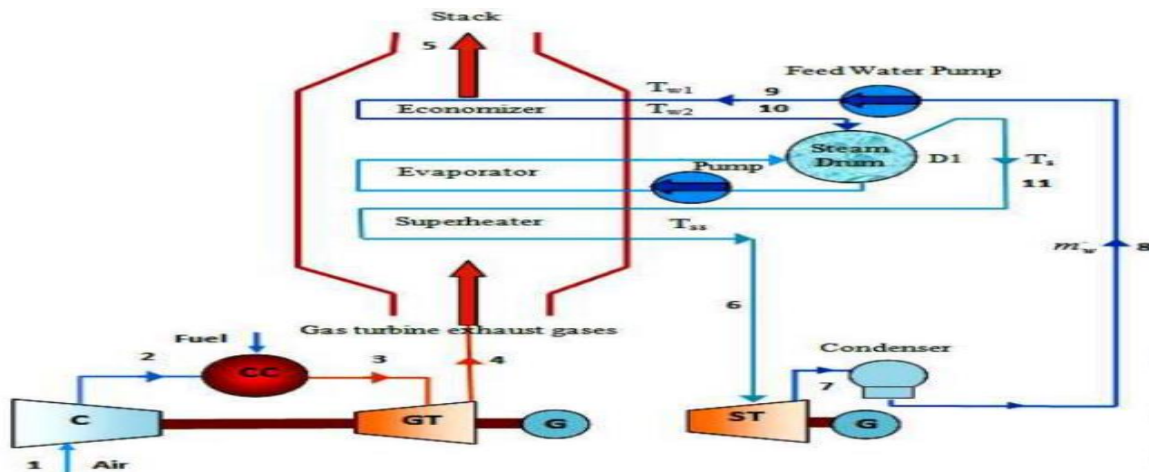


Figure VI-I : Système à un niveau de pression

II.3.VI.3.6 Système à deux niveaux de pression :

Le système à pression simple n’offre pas une utilisation optimale de la chaleur de la turbine à gaz. Il se peut que l’évaporateur à basse pression produise plus de vapeur que nécessaire au ballon de vapeur. Cet excès de vapeur pourrait être utilisé pour produire de travail si il entrait à l’intérieure d’une turbine à un moment donné. Pour cela, la turbine à vapeur doit avoir deux admission de vapeur, l’une pour la vapeur à haute pression et l’autre pour la vapeur a basse pression.[35]

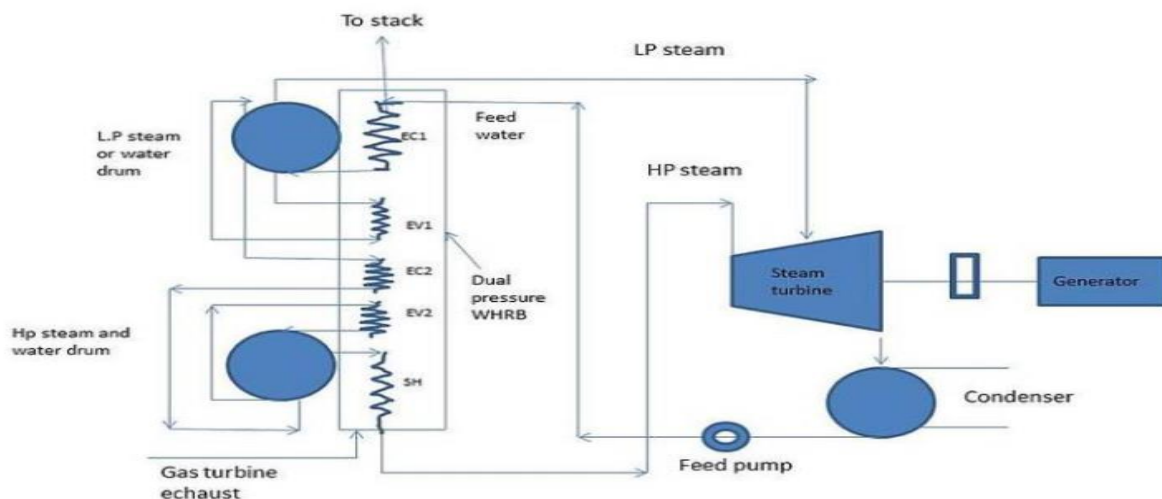


Figure VI-II : système à deux niveaux de pression

II.3.VI.3.7 Système a triplé niveaux pression

Il part du même principe que celui de système a double pression sauf qu'au lieu de deux admissions de vapeur au niveau de la turbine nous avons trois. Une pour une vapeur à haute pression, une pour une vapeur à moyenne pression, et une pour la vapeur a basse pression.[36]

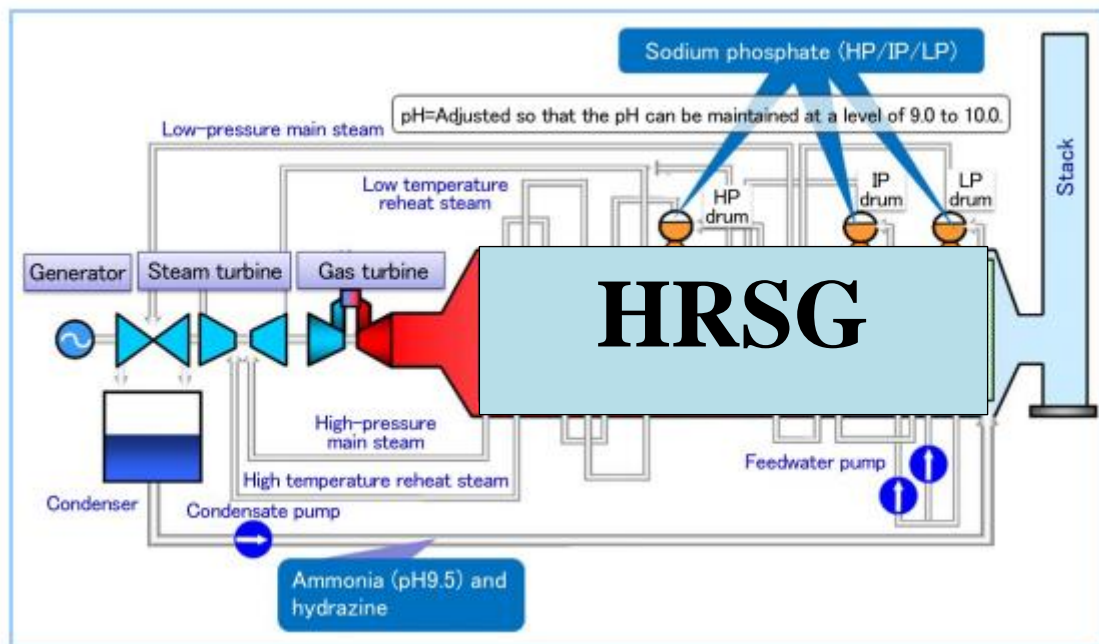


Figure VI-III : système a triplé niveaux de pression

II.4 Conclusion

Cette étude nous a permis de découvrir l'environnement industriel et d'enrichir notre connaissance théorique, pratique et surtout nous initier au processus de production de l'énergie électrique dans les centrales thermiques et électriques en générales.

Dans ce chapitre, nous avons présenté Les différentes centrales et leurs différents composants qui rentrent dans le cycle de production de l'énergie électrique.

Nous avons remarqué pour injecter au réseau national l'énergie produite par la centrale électrique, qu'il faudra la contribution de plusieurs éléments, assurant chacun un rôle bien déterminé, ce sont les différents éléments constituant une tranche de production.

Dans le chapitre suivant, on s'intéressera à l'étude la centrale électrique (CCC) de RAS DJINET se compose principalement de trois (3) modules à cycle combiné à arbre-simple (CCPP).

**III. Chapitre 03 : Description et
fonctionnement de la centrale de
RAS-DJINET**

III.1 Introduction

Ce chapitre couvre la « Description générale, les principaux composants et leurs dispositions, les paramètres de fonctionnement de la centrale à cycle combiné RAS-DJINET DE de 1131,1 MW ».

La centrale de RAS DJINET se compose principalement de trois (3) modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple (CCPP) ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale (BOP). Chaque module de la CCPP a une (1) turbine à gaz (modèle : SIEMENS SGT5-4000F), d'un (1) Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) associé, d'une (1) turbine à vapeur (Modèle : SIEMENS SST5-3000 H-IL) et d'un générateur commun refroidi par hydrogène (Modèle : SIEMENS SGEN 5-2000 H) situé sur le même arbre entre la turbine à gaz (GT) et la turbine à vapeur (ST).

III.2 Présentation de la centrale de RAS-DJINET

La centrale a été réalisée sur un site de 18 hectares et est dotée d'installations et équipements de sécurité de pointe ayant nécessité de lourds investissements.

La réception définitive de cette centrale était en juin 2019, mais son exploitation à 100% intervient le mois de janvier 2021.

La Centrale de Cap Djinet est formée de trois turbines fonctionnant en cycle combiné (30% vapeur et 70 % gaz), dotée chacune d'une capacité de production de 400 mwt d'électricité/Heure, soit un total de 1113mwt pour les trois.

II. Choix de site :

La centrale de RAS-DJINET est située à proximité de la ville de Cap-Djinet à l'est d'Alger (environ 80 km) dans la wilaya de Boumerdès

Le choix de site s'est fait sur la base des critères suivants :

- A proximité des consommateurs importants situés notamment dans la zone industrielle de Rouiba-Réghaia.

- Proximité de la mer.
- Possibilité d'extension.
- Conditions du sous-sol favorables, ne nécessitant pas de fondations profondes.



Figure I-I : Vue Satellite

III. Organisation de la centrale



Figure II-I : Schéma conventionnel de la centrale à cycle combinée de RAS-DJINET

III.3 Principaux composants

II. Turbine à Gaz

La centrale à cycle combiné RAS-DJINET se compose de trois (3) turbines à gaz SGT5-4000F de Siemens.

Les turbines à gaz à chambre de combustion annulaire de Siemens sont des machines à arbre unique d'un modèle à un boîtier.

Un rotor commun est partagé par le compresseur et la turbine. Le rotor est supporté dans deux paliers qui se trouvent à l'extérieur de la zone sous pression. Une enveloppe extérieure commune retenant la pression est également partagée par le compresseur et la turbine. Il comprend différentes sections. Les sections de cuvelage sont boulonnées ensemble et forment

une unité cylindrique rigide qui transmet toutes les forces qui se produisent pendant le transport et le fonctionnement aux supports.

Le boîtier repose sur des supports sur le socle de roulement avant et sur le boîtier externe arrière comme suit sur la figure

Le compresseur est un compresseur axial à haut rendement à 15 étages avec répartition de débit optimisée. Chaque étage comprend une rangée de pales de rotor et une rangée d'aubes.

La turbine à gaz est conçue pour le double allumage. Le gaz naturel doit être utilisé comme combustible primaire et le mazout distillé doit être utilisé comme combustible de secours. La turbine à gaz est conçue pour fonctionner à 100% de charge en tirant du gaz naturel et du mazout.

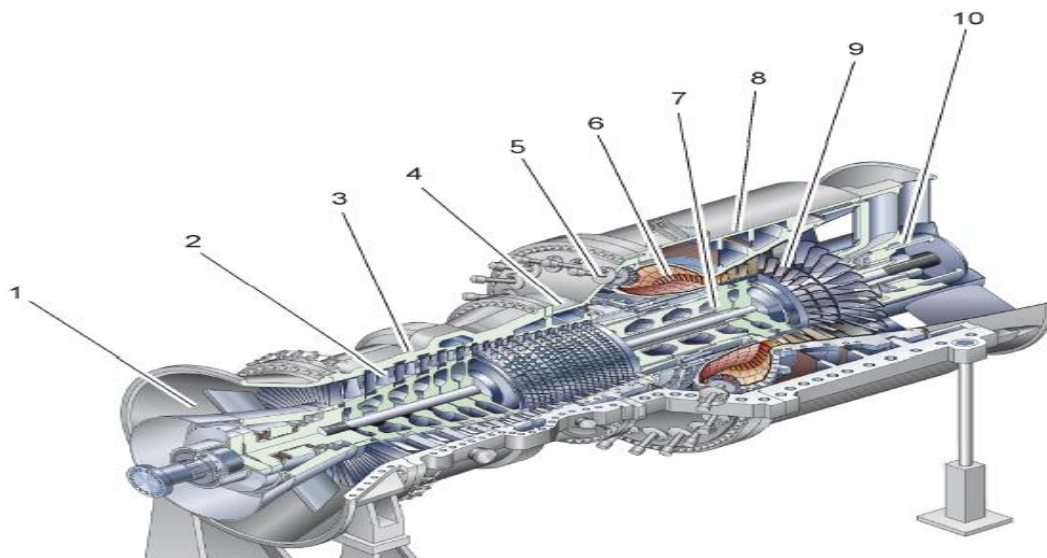


Figure I-I : Turbine a Gaz SGT5 4000F

1. Boîtier du palier de compresseur
2. Compresseur
3. Montage des directrices du compresseur
4. Boîtier externe de la chambre de combustion
5. Bruleur
6. Chambre de combustion
7. Rotor
8. Boîtier de turbine

9. Boitier du palier de turbine

III. Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)

La centrale à cycle combiné RAS-DJINET se compose de trois (3) HRSG (Figure II-1) fournis par M / s Nooter Eriksen.

Le générateur de vapeur est un flux horizontal, trois niveaux de pression, la circulation naturelle avec la banque de réchauffeur, le type suspendu, complet avec pile en acier et tous les accessoires connexes.

Le gaz d'échappement GT est utilisé pour produire de la vapeur dans le HRSG. Les gaz d'échappement seront rejetés dans l'atmosphère par une cheminée principale.

Le condensat est fourni à l'économiseur basse pression (LP) par les pompes d'extraction du condensat. Le dégazeur est intégré au ballon de vapeur à basse pression (LP).

Les pompes d'alimentation du HRSG doivent aspirer depuis le ballon de vapeur LP et fournir l'eau d'alimentation au circuit haute pression (HP) et, par une purge intermédiaire, au circuit de pression intermédiaire (IP). La vapeur du tambour à vapeur HP circule à travers le surchauffeur et va vers la turbine à vapeur HP ST. La vapeur prélevée de la décharge HP ST retourne au HRSG, où elle est mélangée avec la vapeur surchauffée IP; puis, en passant par le réchauffeur (RH), retournera à l'IP ST. La vapeur prélevée de l'échappement IP ST va directement à LP ST. La vapeur de sortie du surchauffeur LP provenant du HRSG est mélangée avec l'échappement IP ST. L'échappement LP ST est connecté au condenseur.

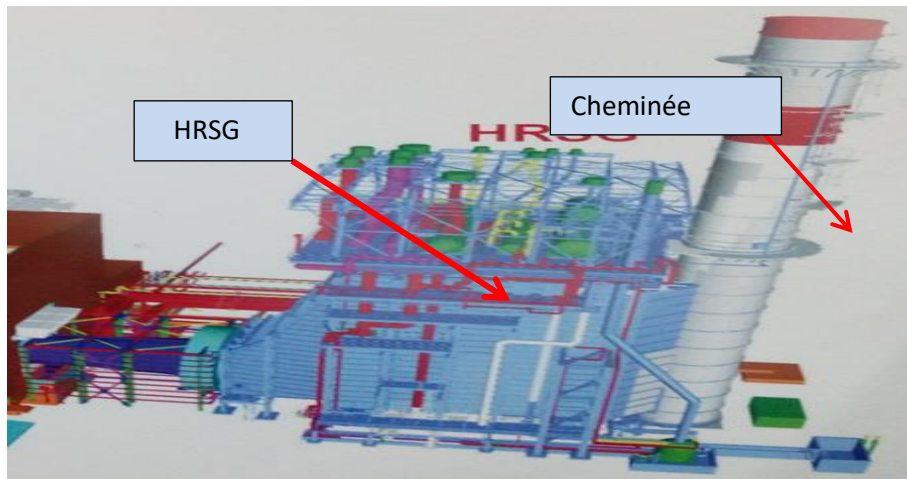


Figure II-II : Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)

I.1.1 Turbine à vapeur

La centrale à cycle combiné RAS-DJINET DE se compose de trois (3) Turbine à vapeur (ST) fournies par M / s Siemens

Le modèle de turbine à vapeur, ST SST5-3000, se compose d'un cylindre HP (1) de type cylindrique et d'un cylindre PI(2)/BP(3) à débit direct s'écoulant axialement dans le condenseur refroidi par eau comme suit sur la Figure I.1.1-I

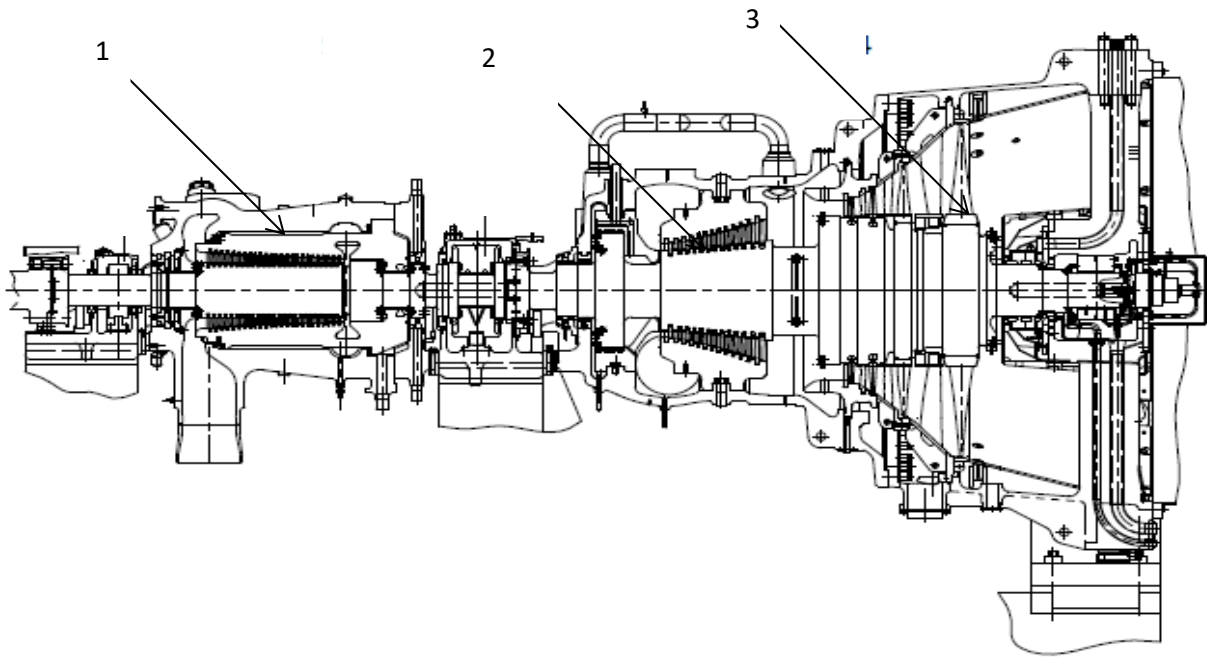


Figure I.1.1-II Les niveaux de pression de la SST5-3000

La turbine HP est de construction à simple et à double paroi avec un porte-lame stationnaire et un carter externe. Il est muni d'une vanne d'arrêt et de contrôle de vapeur principale, soudée, soutenue par des supports supplémentaires. Le carter extérieure est de type baril. Les étages de tambour montés dans le carter intérieur ou le support de lame stationnaire et dans l'arbre sont des étages de réaction avec une réaction d'environ 50 %. La turbine à vapeur comporte une vanne d'arrêt et de contrôle de vapeur principale ainsi qu'une vanne d'arrêt et de contrôle de vapeur de secours. La vapeur principale est admise à travers les conduites de vapeur, en passant d'abord par la vanne d'arrêt puis par la vanne de régulation. La vanne d'arrêt principale permet d'isoler la turbine de la conduite de vapeur principale et peut rapidement interrompre l'alimentation en vapeur de la turbine.

Le carter extérieur PI et BP est divisé en deux sections, la section du carter d'entrée moulé et la section du carter d'échappement soudé. Les deux sections sont divisées horizontalement.

Le flux de vapeur passe à travers la vanne d'arrêt de réchauffage et la vanne de régulation, le carter intérieur avec un aubage pression intermédiaire, puis par le trajet de pale du porte-lame stationnaire basse pression (BP) et des anneaux de pale BP. Avant que la vapeur pénètre dans l'aubage BP, il y a une entrée de vapeur BP supplémentaire, avec une vanne d'arrêt et de

contrôle. L'extrémité du diffuseur et de l'échappement du carter sont disposées axialement et reliées au condenseur.

I.1.2 Système de dérivation de vapeur :

Le système de dérivation de la vapeur sert généralement au cours des modes de fonctionnement suivants : opérations de démarrage et d'arrêt, déclenchement de la turbine à vapeur, fonctionnement de la turbine à vide ou à faible charge et fonctionnement en cycle simple. Le système de dérivation libère également l'excès de pression survenant au cours du déclenchement de la turbine à vapeur et du fonctionnement normal de la centrale.

Le système de dérivation de la vapeur se compose des éléments suivants :

- le système de dérivation de la vapeur à haute pression
- le système de dérivation de la vapeur de réchauffage chaud
- le système de dérivation de la vapeur à basse pression

Au démarrage, l'isolation du GTG (générateur de turbine à gaz)/HRSG (système de récupération de chaleur à vapeur) de la turbine à vapeur permet au GTG d'être mis sous charge sans délai et bien avant le préchauffage et la rotation de la turbine à vapeur. De plus, un démarrage plus rapide de la turbine à vapeur est possible puisque le système de dérivation offre la possibilité d'une correspondance des températures proche entre la température d'entrée de la vapeur et la température du métal de la turbine à vapeur.

Cela est possible par une décharge continue de la vapeur dans le condenseur jusqu'à ce que les conditions optimales de température, de pression et de débit soient atteintes pour le démarrage et le chargement de la turbine à vapeur.

La fonction de la soupape de dérivation à haute pression est de dériver la vapeur à haute pression de la conduite haute pression vers la conduite de réchauffage du froid (CRH) et de maintenir le HRSG en fonctionnement pendant le démarrage de la turbine à vapeur, son arrêt et les autres états temporaires. La station de dérivation HP se compose d'une soupape d'arrêt de vapeur, d'une soupape de conditionnement de vapeur et d'une soupape de régulation de température.

La fonction de la soupape de dérivation de réchauffage du chaud (HRH) (IP) est de dériver la vapeur de réchauffage de la chaleur (HRH) de la conduite HRH vers le condensateur refroidi par l'eau et de maintenir le HRSG en fonctionnement pendant le démarrage de la turbine à vapeur, son arrêt et les autres états temporaires La station de dérivation HP se compose d'une soupape d'arrêt de vapeur, d'une soupape de conditionnement de vapeur et d'une soupape de régulation de température

fonction de la soupape de dérivation à basse pression est de dériver la vapeur à basse pression de la conduite basse pression vers le condenseur refroidi par l'eau et de maintenir le HRSG en fonctionnement pendant le démarrage de la turbine à vapeur, son arrêt et les autres états temporaires La station de dérivation LP se compose d'une soupape d'arrêt de vapeur, d'une soupape de conditionnement de vapeur et d'une soupape de régulation de température

I.1.3 Pompes d'alimentation du HRSG (LAB10AP001 & LAB20AP001):

La fonction de la pompe d'alimentation HRSG est de fournir l'eau d'alimentation du tambour/désaérateur de LP à la section économiseur HP et à travers un purgeur intermédiaire, au circuit de pression intermédiaire (IP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG). Ces pompes fournissent également de l'eau au désurchauffeur à haute pression (HP), au désurchauffeur de réchauffage, au réchauffeur de performance de gaz combustible et à la station de dérivation HP.

Deux pompes d'alimentation HRSG horizontales à deux positions (2x100%) sont fournies pour chaque bloc de la centrale à cycle combiné.

La pompe est une pompe centrifuge horizontale à plusieurs étages à fendage radial et à barillet. Elle adopte la structure du disque d'équilibrage et de la multi-volute pour équilibrer les poussées axiales et radiales.

I.1.4 Condenseur à vapeur du presse-étoupe (GSC)

Le condensateur de vapeur de presse-étoupe a pour fonction de condenser la vapeur évacuée par les joints d'étanchéité de l'arbre et de récupérer le condensat. Le condenseur de vapeur du presse-étoupe est refroidi avec du condensat provenant de la décharge de la pompe

d'extraction du condensat. Le condenseur de vapeur de presse-étoupe est équipé de 2 x 100% ventilateurs d'extracteur de vapeur. L'un des deux extracteurs de condenseurs de vapeur de presse-étoupe sera en fonctionnement constant pour évacuer les gaz du condenseur de vapeur du presse-étoupe. Les purges automatiques sont utilisées pour envoyer les drains de vapeur du presse-étoupe au condenseur. Lors de la période d'entretien, la vapeur du presse-étoupe est évacuée dans l'atmosphère. L'un des deux extracteurs de condenseurs de vapeur du presse-étoupe sera en fonctionnement constant pour évacuer les gaz du condenseur de vapeur du presse-étoupe.

I.1.5 Pompes d'extraction de condensat (CEP)

La fonction principale de la pompe d'extraction de condensat est de pomper le condensat en aspirant depuis la cheminée du condenseur pour le décharger dans le ballon LP passant par le condenseur de vapeur de presse-étoupe et le préchauffeur de condensat (économiseur LP).

Il y a deux (2) pompes d'extraction de condensat verticales, à plusieurs étages et à volute, pour chaque train.

I.1.6 Condenseur (MAG10AC001)

Le condenseur refroidi à l'eau axial exécute la fonction de condenser la vapeur d'échappement de la turbine à vapeur et/ou du système de dérivation de la vapeur de l'IP, HP et LP. Le condenseur reçoit la vapeur d'échappement de la turbine dans le sens horizontal.

La vapeur provenant du système d'étanchéité du presse-étoupe, le ventilateur et le drain de la boîte de décharge de la turbine, les tuyaux d'évacuation du condensateur de vapeur, la conduite CRH et les purgeurs de purge sont également introduits dans le condenseur.

Le condenseur est conçu pour garantir des conditions de fonctionnement à 100% de la charge pour une température d'eau de refroidissement de conception de 24 ° C et une augmentation de température de 6 ° C.

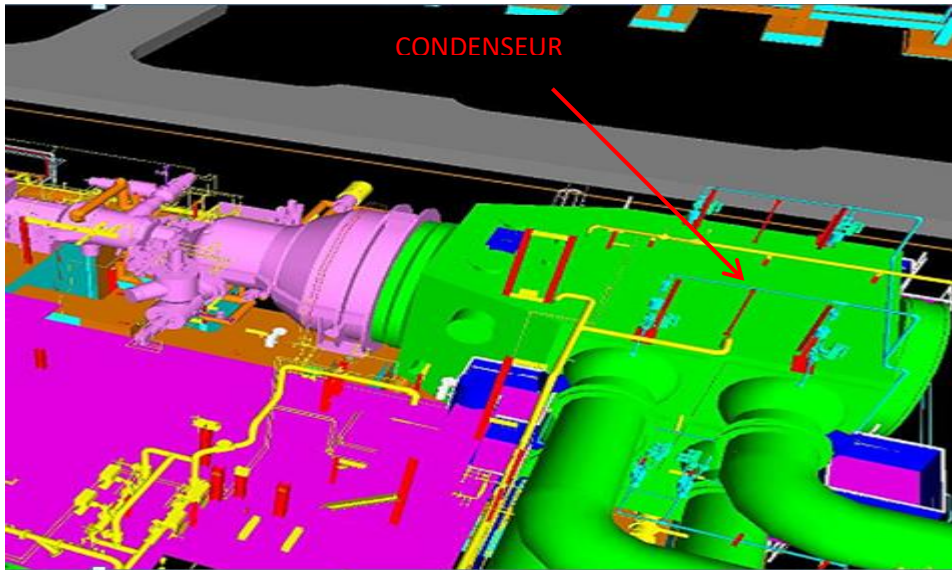


Figure I.1.6-I : Condenseur

I.1.7 Système d'évacuation d'air du condenseur

L'objectif du système d'évacuation du condenseur est d'évacuer l'air et les autres gaz dans le condenseur lors du démarrage et du fonctionnement normal. Le système d'évacuation de l'air du condenseur se compose d'un éjecteur d'air à jet de vapeur monophasé à 100% et d'un éjecteur d'air à jet de vapeur à deux étages (100%).

I.1.8 Système de gaz combustible

Le système de gaz combustible a deux fonctions :

- Contrôle le débit massique du gaz combustible dans les chambres de combustion GT.
- Éteint le flux de gaz combustible à la turbine à gaz dans certaines conditions.

L'écoulement du gaz combustible vers la turbine à gaz est coupé par des éléments de fermeture à fermeture rapide et ferme lors des arrêts, des pannes et des défaillances postulées.

Un système d'alimentation en gaz combustible est prévu en amont du système de gaz combustible, comme expliqué dans les diapositives précédentes, pour garantir que le gaz combustible est disponible dans la quantité requise pour répondre aux exigences opérationnelles.

Du gaz combustible sec et propre doit être fourni au système de gaz combustible pour prévenir la corrosion, l'érosion et la formation de dépôts sur les composants du système.

De plus, la pression du gaz combustible à l'entrée du système doit être relativement constante quelle que soit la vitesse à laquelle elle est fournie.

Les principaux composants du système d'alimentation en gaz combustible sont :

- Soupape d'arrêt d'urgence (00EKG10AA061)
- Tambour d'élimination (00EKB20A001)
- Patin de mesure de gaz combustible (00EKG40CF501)
- Filtres d'entrée de gaz combustible (00EKG21 / 22AT001)
- Compresseurs de gaz combustible (00EKH11 / 12 / 13AN001)
- Chauffe-gaz au point de rosée (00EKC11 / 12AC001)
- Station de réduction de pression (00EKD11/12/13/14AA001)
- Chauffe-eau à gaz combustible (50EKC10AC001 / 002)
- Filtre de dernière chance (50EKE21à001)
- Réservoir des condensats (50EKR10BB001)

I.1.8.1 Soupape d'arrêt d'urgence (ESDV)

1x100% Soupape d'arrêt d'urgence (ESDV) (00EKG10AA061) dans le système d'alimentation en gaz combustible pour couper le gaz d'alimentation au GT lorsque la pression d'alimentation du gaz d'alimentation atteint une pression élevée supérieure à la pression de fonctionnement maximale du gaz d'alimentation. L'ESDV est déclenché automatiquement avec des transmetteurs de pression (00EKG20CP101 / 102/103) installés en aval d'ESDV.

I.1.8.2 Tambour d'élimination (KO)

Le tambour d'élimination 1x100% (00EKB20AT001) est fourni en aval de la station ESDV. Le tambour d'éjection sert à éliminer les gouttelettes de condensat ou les bouchons de liquide qui peuvent être formés dans la canalisation et à éliminer les particules solides (telles que les produits de corrosion des canalisations).

Le tambour d'élimination va supprimer 99 % de particules solides de plus de 5 microns.

I.1.8.3 Mesure du gaz combustible

Le système de mesure est équipé d'un débitmètre (00EKG40CF501).

Le flux de mesure a des mesures de pression indépendantes (00EKG40CP101) et de température (00EKG40CT101). Le débit de gaz mesuré est corrigé aux conditions de température et de pression standard par un calculateur de débit.

I.1.8.4 Compresseurs de gaz combustible

Des compresseurs de gaz combustible (00EKH11 / 12 / 13AN001) sont prévus pour augmenter la pression du gaz combustible sortant des filtres d'admission conformément aux exigences GT.

I.1.8.5 Filtres d'entrée de gaz combustible

Des filtres d'entrée de gaz combustible 2X100% (00EKG21 / 22AT001) sont fournis en aval du patin du tambour d'élimination. Le tambour d'éjection sert à fusionner les gouttelettes de condensat ou les bouchons de liquide qui peuvent être formés dans la canalisation et à éliminer les particules solides (telles que les produits de corrosion des canalisations).

Le séparateur de filtre est un filtre de fusion à un étage qui est conçu avec l'entrée dans la partie inférieure du récipient et la sortie dans la partie supérieure. Cela permet au gaz de se déplacer vers le haut à travers l'élément de l'intérieur vers l'extérieur. Le gaz propre sort par la sortie et le liquide fusionné s'écoule à travers la couche de sortie des éléments. Des éléments filtrants à haute efficacité sont fournis pour éliminer les particules solides et les gouttelettes de liquide de 2 microns ou plus des courants gazeux.

I.1.8.6 La station de réduction de pression

La station de réduction de pression réglera la pression d'alimentation en gaz combustible à la turbine à gaz, selon les besoins.

Des réducteurs de pression 4X33,3% (00EKD11 / 12/13 / 14AA001) sont prévus pour cette régulation de pression.

La station comprend des lignes d'abaissement de pression, chaque ligne étant constituée d'une soupape d'arrêt suivie d'un régulateur actif et de soupapes de régulation de surveillance.

I.1.8.7 Réchauffeur de gaz de point de rosée

L'effet Joule-Thomson se produira dans le système de réduction de pression situé en aval du réchauffeur. La diminution de la pression du gaz dans le système de réduction de pression diminue la température du gaz et, dans le cas où la température diminue, le gaz se rapproche de la température du point de rosée. Pour obtenir cet effet JT, des réchauffeurs de gaz de point de rosée 2X100% (00EKC11 / 12AC001) sont fournis pour augmenter la température du gaz à la valeur spécifique avant de passer au système de réduction de pression, donc la température du gaz après réduction peut être maintenue.

I.1.8.8 Chauffage de performance

Le réchauffeur de rendement (50EKC10AC001) est l'échangeur de chaleur de type de coquille et de tube construit pour le transfert efficace de la chaleur d'un milieu à l'autre. Dans le chauffe-eau performant, l'eau d'alimentation IP du système HRSG traverse les tubes et le gaz combustible s'écoule sur le tube (côté coque) pour transférer la chaleur entre l'eau d'alimentation IP et le gaz combustible

I.1.8.9 Filtre de dernière chance

Le filtre de dernière chance (50EKG21à001) est fourni après le réchauffeur de performance pour la protection finale du GT contre les condensats. Le filtre de dernière chance sert à fusionner les gouttelettes de condensat ou les bouchons de liquide qui peuvent être formés dans la canalisation et à éliminer les particules solides (telles que les produits de corrosion des canalisations).

I.1.9 Système de mazout

Le système de mazout alimente en combustible les brûleurs FO et contrôle la quantité injectée dans la chambre de combustion. Lors de l'arrêt, il assure l'arrêt rapide et fiable du flux de mazout.

Les 24 ensembles de brûleurs de la GT comprennent chacun plusieurs brûleurs individuels. Outre les deux brûleurs de mazout (brûleur DM et brûleur PM), les brûleurs sont également équipés pour fonctionner au gaz combustible. Tous les ensembles de brûleurs sont complètement identiques. Ils sont uniformément espacés autour de la circonférence pour obtenir le champ de température le plus uniforme possible dans la chambre de combustion annulaire.

Le système de mazout assure que le mazout est injecté dans la chambre de combustion à la pression optimale, au degré d'atomisation et au débit massique. Il se branche en aval de la pompe d'injection de mazout dans deux sous-systèmes : le système de brûleur à diffusion d'huile combustible (système FO-DM) et le système de brûleur à pré mélange de carburant (système FO-PM). Le brûleur FO-DM est commandé sur la base de la pression de la ligne de retour, c'est-à-dire que le système FO-DM comprend une ligne d'alimentation et une ligne de retour à flux contrôlé (ligne de retour FO-DM).

Le mazout alimenté par la ligne d'alimentation du brûleur FO-DM pénètre dans la chambre de turbulence des buses du brûleur où il est divisé en deux flux partiels, l'un injecté dans la chambre de combustion et l'autre dans la ligne de retour FO-DM

Une soupape de commande de ligne de retour FO-DM presque fermée entraîne une pression de ligne de retour élevée. Seul un petit volume de mazout s'écoule dans la ligne de retour FO-DM et une grande quantité correspondante de mazout est injectée. Avec une soupape de contrôle de ligne de retour FO-DM largement ouverte, la pression de la ligne de retour FO-DM est faible; par conséquent, une grande quantité de fioul s'écoule dans la ligne de retour FO-DM et seulement un petit volume est injecté.

Une grande partie des composants du système FO, y compris les filtres à mazout, la pompe d'injection, ainsi que les soupapes d'arrêt d'urgence et de commande, sont disposées de manière compacte sur une unité connue sous le nom d'ensemble de mazout.

I.1.10 Système d'admission d'eau de mer

L'eau de mer est amenée à l'intérieur de l'usine à travers quatre (4) tuyaux d'admission de diamètre 2 300mm. Le tuyau d'admission est relié à un puisard d'admission d'eau de mer commun. L'eau est passée à travers quatre (4) dégrilleurs (00PBB01/02/03/ 04AT001) et quatre (4) filtres de tamis de tambour (00PBB01 / 02/03 / 04AT002) avant d'entrer dans la baie commune.

I.1.10.1 Pompes à eau de refroidissement

L'eau de refroidissement sera pompée par les pompes à circulation d'eau installées dans la chambre de pompage de la station de pompage d'eau de mer. Il y a six (6) pompes non escamotables de type vertical, à flux mélangé, fournies pour les trois (3) unités (2 pompes à 100% pour chaque module CCPP).

I.1.10.2 Système d'évacuation de l'eau de mer

Après avoir passé le condenseur, les deux lignes sont connectées pour former un collecteur. Trois collecteurs indépendants sont amenés du condenseur de chaque unité et connectés à un bassin de siphon unitaire. Depuis le bassin du siphon, l'eau est envoyée à la mer par un canal unitaire.

I.1.10.3 Système d'électro-chloration

Le système d'électro-chloration produit de l'hypochlorite de sodium par électrolyse de l'eau de mer. Le système se compose de deux (2) générateurs d'hypochlorite à 100%) et de l'équipement connexe, chacun dimensionné pour une capacité de production de 70 kg / h d'équivalent de chlore sous forme d'hypochlorite de sodium. Pour empêcher la croissance des algues dans le canal d'entrée d'eau de mer, le chlore est dosé dans les tuyaux d'admission d'eau de mer et à l'entrée du dégrilleur.

I.1.10.4 Système auxiliaire d'eau de refroidissement

Le système auxiliaire d'eau de refroidissement est prévu pour évacuer la chaleur du côté primaire des échangeurs de chaleur à plaques en fournissant de l'eau de mer froide prélevée du système de circulation d'eau aux échangeurs de chaleur du type à plaques. Un autre système auxiliaire d'eau de refroidissement fournit également de l'eau de mer pour le HRSG et la trempe de la chaudière auxiliaire (IBD). Le robinet est prélevé en aval du filtre à débris individuel pour fournir PHE avec de l'eau sans débris. La sortie de PHE est connectée à la tuyauterie de décharge du condenseur. Deux (2) (2x100 %) échangeurs de chaleur à plaques (2x100%) sont fournis pour chaque module CCPP.

I.1.10.5 Système fermé d'eau de refroidissement

Le système d'eau de refroidissement fermé fournit de l'eau DM froide, passivée (inhibée) à divers refroidisseurs d'équipement. L'eau froide DM circule à travers les refroidisseurs auxiliaires et l'eau chaude de retour est pompée à travers un échangeur de chaleur à eau de refroidissement fermé à plaques. L'eau de mer froide extraite du système de circulation d'eau est utilisée pour refroidir l'eau chaude DM dans l'échangeur de chaleur. Dans le circuit primaire, la pompe DXW 2X100% (pour chaque module CCPP) doit fournir de l'eau de refroidissement à travers des échangeurs de chaleur à plaques.

I.1.11 Chaudière auxiliaire

La fonction de la chaudière auxiliaire est de fournir le besoin en vapeur auxiliaire pendant la mise en marche de l'installation. En outre les chaudières doivent également fournir de la vapeur à l'usine de dessalement. Il y a deux (2) type 2 tambours, à circulation naturelle, à fond de tube à eau supporté et à chaudière auxiliaire au fioul / gaz naturel sont envisagés.

La capacité de vapeur de chaque chaudière est de 8 tonnes / heure à 20,5 bar (g).

La chaudière comporte trois (3) ensembles (3 x 50%) de pompes d'alimentation de chaudière communes aux deux chaudières. Un ventilateur d'air forcé (1X100%) par chaudière auxiliaire est prévue.

I.1.12 Système d'air comprimé

Le système d'air comprimé est fourni dans l'usine pour fournir de l'air d'instrument pour commander des instruments pneumatiques, des valves pneumatiques etc. et pour fournir l'air de service à tous les consommateurs de l'usine.

Il y a deux (2) compresseurs 2x100% d'air à vis sans huile, à vis sans huile et à refroidissement par air qui sont fournis pour répondre aux exigences de l'air et de l'air de l'installation.

Deux récepteurs d'air d'instrument principal sont prévus pour stocker une quantité suffisante d'air comprimé nécessaire pendant les pics de consommation d'air à court terme, pour réduire la fréquence du cycle du compresseur, pour réduire les pulsations et pour alimenter l'air comprimé ou les déplacements. En outre trois (3) récepteurs d'air de l'unité (un pour chaque module CCP) sont également fournis.

Deux (2 x 100%) sécheurs d'air de type régénération sans chaleur desséchants sont fournis pour éliminer l'humidité de l'air comprimé pour répondre aux exigences de l'air de l'instrument.

I.1.13 Usine de traitement de l'eau

L'usine de traitement des eaux comprend trois usines.

- Usine de dessalement de l'eau de mer
- Usine de déminéralisation
- Usine de reminéralisations

I.1.13.1 Usine de dessalement de l'eau de mer

Les unités sont disposées selon le "type à effet multiple avec compression thermique de vapeur (MED-TVC)"; chaque unité d'évaporateur a 3 effets ou cellules disposés dans un récipient.

Les unités de dessalement RIN DJINET sont conçues pour une production nette de distillat de 1100 m³ / jour, sans le débit de retour des condensats de vapeur, contenant 10 ppm de TDS, avec une température de l'eau de mer allant de 16 ° C à 24 ° C. Chaque unité est adaptée pour fonctionner à la température max de l'eau de mer de 28 ° C, mais avec une capacité distillée réduite (880 m³ / jour). Le rapport de rendement de gain à la capacité nominale de 1100 m³ / jour, avec une eau de mer de 24 ° C, est égal à 6 kg de distillat pour 1 kg de vapeur d'entrée (à 20 barg, 225 ° C), système de ventilation et retour de condensat exclus.

Le principe de dessalement de base adopté dans l'usine de dessalement de RAS DJINET est la « distillation sous vide », c'est-à-dire à basse température. Comme on le sait, si on réduit la pression au-dessus d'une eau bouillante, la température d'ébullition diminuera en conséquence: au niveau de la mer, le point d'ébullition est de 100 ° C, mais à 6 200 mètres au-dessus du niveau de la mer. la surface de l'eau est tout à fait moins, l'eau bout à 84 ° C. Donc, si nous réduisons encore la pression en créant un vide, l'eau peut bouillir à des températures plus basses.

I.1.13.2 Usine de déminéralisation

Le système de déminéralisation déminéralise l'eau à partir de l'eau dessalée, produite à l'usine de dessalement. Le système se compose principalement du système d'échangeur à lit mixte (MBE) et le système de stockage et d'injection de produits chimiques. L'eau dessalée contenant la petite quantité de minéraux dissous entre dans le MBE dans lequel les impuretés (comme les minéraux dissous) réagissent continuellement après la réaction de soufflage des résines cationique et anionique du MBE, l'eau minérale produite est de très haute qualité.

Afin de décrire correctement le système, ce dernier est subdivisé en sous-systèmes suivants :

- Système d'échangeur à lits mélangés
- Système de stockage et d'injection de produits chimiques et Périphériques divers

I.1.13.3 Usine de reminéralisation

Le système de reminéralisation du système de traitement de l'eau est automatiquement contrôlé par LSI (indice de saturation de Langelier) et CCPP (potentiel de précipitation du

carbonate de calcium) et injecté chaque produit chimique dans la ligne de service et d'eau potable.

Afin de décrire correctement le système, ce dernier est sub-divisé en sous-systèmes suivants :

- Système d'injection de produits chimiques pour l'eau de service
- Système d'injection de produits chimiques pour l'eau potable
- Périphériques divers

Ce système a pour but de répondre aux besoins en eau de service de la centrale. L'eau fournie par la pompe à eau de service doit subir un traitement supplémentaire pour produire de l'eau de service. L'eau, traitée conformément à la norme pertinente, doit être acheminée vers le réservoir d'eau de service pneumatique, et de là, l'eau doit être desservie pour l'exploitation de la centrale.

I.1.14 Générateur

Le générateur sera capable d'évacuer la puissance de la sortie turbine (turbine à gaz + turbine à vapeur) à laquelle il est raccordé sans dépasser la limite de température admissible.. Un (1) modèle SGen5-2000H de Siemens est fourni pour chaque module CCPP.

Les caractéristiques générales des turbines à gaz sont les suivantes.

- Cote MVA - 431 MVA
- Tension nominale en kV - 22 kV
- Fréquence en Hz - 50 Hz
- Facteur de puissance - 0.9
- Type de refroidissement - Refroidi à l'hydrogène
- Vitesse en tr / min - 3000 tr / min

I.1.14.1 Transformateurs éleveurs de générateurs

Chaque module CCPP sera équipé d'un transformateur éleveur de générateur afin d'exporter l'énergie générée dans le générateur respectif et sera également utilisé pour fournir les charges auxiliaires de l'installation à partir des barres omnibus 400 kV pendant le démarrage par le transformateur de démarrage. Évaluation du transformateur éleveur générateur est la suivante:

- Sortie triphasée : 306/408/510 MVA (20 °C ambiant)
- Tension nominale (HV / LV) : 400/22 kV
- Type de refroidissement : ONAN/ONAF/OFAF
- Vitesse en tr / min - 3000 tr / min
- Système d'excitation - Excitation statique

I.1.15 Transformateurs abaisseurs (axillaires)

Chaque module CCPP est équipé d'un transformateur abaisseur d'unité afin de fournir de l'énergie aux auxiliaires de l'unité pendant le démarrage et en fonctionnement normal. La valeur nominale du transformateur abaisseur de l'unité est la suivante :

- Three Phase output : 40 MVA @ 20 °C ambiant
- Tension évaluée (HV / LV) : 22/6,3 kV
- Type de refroidissement : ONAN

I.1.16 Ensembles de générateurs diesel de démarrage noir et d'urgence

Un générateur diesel à démarrage noir est fourni pour répondre aux exigences d'urgence (charges d'urgence GT & ST) et aux exigences de démarrage de l'unité (auxiliaires 400 V, SFC, charges d'excitation, pompes CW, pompes à condensat, pompes d'alimentation HP et compresseur).

Le carburant diesel doit être utilisé comme carburant pour le moteur diesel. Le moteur est un turbocompresseur à circuit unique refroidi à l'eau, à quatre temps, à injection directe..

Deux groupes électrogènes diesel à 50% seront considérés pour trois (3) unités électrogènes

Le générateur diesel démarre automatiquement lorsqu'aucune tension n'est détectée et que le générateur de la turbine est en marche.

- Cote MVA : 14 MVA au total (2 ensembles de 7 MVA chacun par ensemble de BSDG)
- Tension nominale : 6 kV
- Facteur de puissance nominale : 0,8

I.1.17 Appareillage isolé par gaz 400KV

L'usine est équipée d'une sous-station isolée au gaz de 400 kV qui consiste en un système à double barre omnibus avec les baies suivantes :

- Ligne entrante : 3 pour les baies de générateurs
- Coupleur de bus 1
- Ligne sortante : 3 pour les lignes de transmission, 1 pour les lignes de câble 400kV

IV. Principe de fonctionnement

Le compresseur des turbines(1) Figure I.1.17-I à gaz aspire l'air ambiant à travers un filtre à air d'admission, le comprime et l'alimente au système de combustion. Le gaz combustible est introduit dans le système de combustion (2) Figure I.1.17-II et est brûlé avec de l'air comprimé. Le gaz de combustion comprimé chaud qui en résulte s'écoule dans la turbine . Le gaz se dilate et entraîne la turbine à gaz (3) Figure I.1.17-III. La puissance mécanique générée dans la turbine entraîne l'alternateur et le compresseur. La sortie du générateur (4) Figure I.1.17-IV est connectée par un transformateur élévateur de générateur et des barres omnibus au réseau.

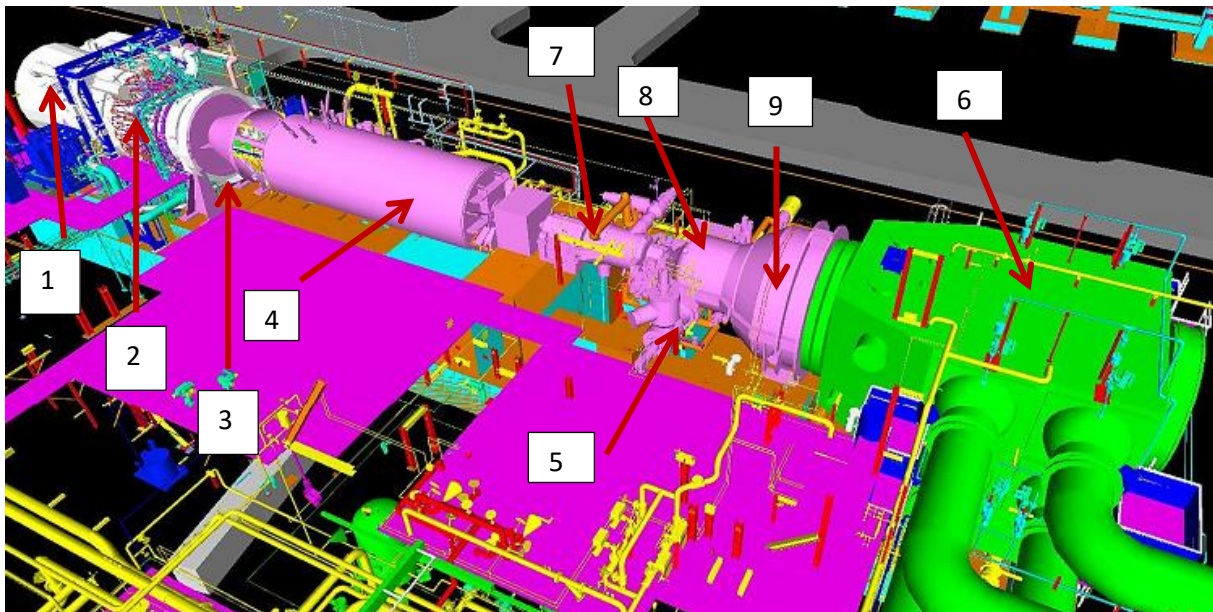


Figure I.1.17-V : Vue d'ensemble de la CCPP

Le gaz combustible est chauffé dans un réchauffeur de bain-marie au moyen d'un contrôleur de température local pour maintenir au-dessus de la température du point de rosée. Le gaz combustible est finalement préchauffé par le réchauffeur d'efficacité GT par l'alimentation en eau fournie par l'économiseur HRSG IP. L'eau d'alimentation quittant le préchauffeur de gaz combustible est mélangée avec le flux de condensat avant d'entrer dans le préchauffeur de condensat.

Le gaz de combustion qui sort de la turbine à gaz est à haute température et transporte beaucoup d'énergie thermique. Cette énergie thermique d'échappement GT est utilisée pour produire de la vapeur dans un HRSG horizontal à triple pression.

La vapeur générée est alimentée à différentes étapes de la turbine à vapeur (HP / IP / LP) voire (5) Figure I.1.17-VI

La vapeur d'échappement de turbine LP (9) Figure I.1.17-VII, la vapeur d'étanchéité, les drains de turbine et / ou la vapeur de dérivation HP/LP sont condensés dans un condenseur (6) Figure I.1.17-VIII à surface de vapeur. L'eau d'appoint DM est également apportée dans la cheminée du condenseur. Le condensat de la cheminée est évacué par des pompes d'extraction de condensat vers le système de préchauffage des condensats (économiseur LP) et vers plusieurs consommables STG via les échangeurs et refroidisseurs de l'éjecteur d'air à vapeur

(SJAE) et du condensateur de vapeur du presse-étoupes (GSC). Le dégazeur est intégré au ballon de vapeur à basse pression (LP).

Les pompes d'alimentation HRSG doivent aspirer depuis le ballon de vapeur LP et fournir l'eau d'alimentation au circuit haute pression (HP) et, par une purge intermédiaire, au circuit de pression intermédiaire (IP).

La vapeur du tambour à vapeur HP (7) Figure I.1.17-IX circule à travers la surchauffeur et va vers la turbine à vapeur HP (ST). La vapeur prélevée de la décharge HP ST retourne au HRSG, où elle est mélangée avec la vapeur surchauffée IP; puis, en passant par le réchauffeur (RH), retournera à l'IP ST.

Enfin, la vapeur prélevée de la décharge IP ST va directement à LP ST ; La vapeur de LP SH provenant du HRSG est admise dans la décharge IP ST ou dans la transition. La vapeur déchargée de LP ST est envoyée au condenseur de surface de vapeur.

L'eau de mer est amenée à l'intérieur de l'usine à travers quatre (4) tuyaux d'admission de diamètre 2 300mm. Le tuyau d'admission est relié à un puisard d'admission d'eau de mer commun.

Il y a sept (7) numéros de chambres de pompe. Six (6) nos. des chambres de pompe sont utilisées pour six (6) nos. des pompes à eau en circulation et la septième chambre est utilisée pour installer deux (2) nos. des pompes d'alimentation de l'usine de dessalement.

La pompe à eau de circulation permettrait de pomper l'eau de mer vers le condenseur. Après avoir extrait la chaleur du condenseur, trois (3) collecteurs indépendants sont amenés du condenseur de chaque unité et connectés à un bassin de siphon unitaire. Depuis le bassin du siphon, l'eau est envoyée à la mer par un canal unitaire.

Les pompes d'alimentation de l'usine de dessalement transfèrent l'eau brute à l'usine de dessalement. L'eau dessalée doit être stockée dans des réservoirs de stockage d'eau dessalée et doit être transférée vers divers consommateurs (eau potable, eau de service, alimentation d'usine DM, etc.) par l'intermédiaire de systèmes de pompage respectifs.

L'usine de déminéralisation produit l'eau déminéralisée à partir de l'eau dessalée en utilisant des échangeurs d'ions à lit mélangé qui seront ensuite stockés dans des réservoirs de stockage d'eau DM et transférés vers divers consommateurs par des pompes de transfert DM.

Le système d'alimentation et de conditionnement de gaz combustible (gaz naturel) fournit du gaz naturel à un certain niveau de propreté, de pression et de température pour répondre aux critères de fonctionnement et de conception du principal utilisateur de gaz naturel (Turbine à gaz / GT). Ce processus est nécessaire pour s'assurer que les aérosols, la condensation d'eau libre et les particules solides ne seront pas présents dans les systèmes de transmission ou de distribution de gaz aux principaux utilisateurs.

Le combustible est reçu du camion-citerne par des pompes de déchargement de combustible et stocké dans le réservoir puis livré à chaque turbine à gaz au moyen de pompes d'acheminement de combustible.

IV.1 Conclusion

Dans ces chapitre nous avons peut voire les centrale à cycle combinée qui montrent un certains aspect de supériorité par rapport aux centrales thermiques classiques soit les centrales thermiques à vapeur ou bien les centrales thermiques à gaz.

Ce type de centrale permet de récupérer au maximum l'énergie dissipé sous forme de chaleur

En algérie sept autres stations similaires sont concrétisé, respectivement à Sétif, Belara (Jijel), Kaid (Khenchla), Oumache (Biskra), Ain Ouessara (Djelfa), Nâama et Mostaganem», bitawazi avec la centrale de cap djinet

Ce type de centrale permet d'économiser 30% dans le gaz consommé en Algérie, avec une hausse de 30% dans l'électricité produite.

**IV. Chapitre 04 : Modélisation et simulation
par TRNSYS Simulateur Studio**

I .Introduction

La simulation de la centrale hybride de CAP-DJINAT nécessite la connaissance des paramètres de fonctionnement de toutes les composantes constituantes de la centrale.

Dans ce chapitre nous allons simuler le fonctionnement de la centrale à l'aide de logiciel TRNSYS, ensuite interpréter les résultats obtenus a base des données qu'on a collectées par des visites sur le site.

II .Description de logiciel TRNSYS

TRNSYS est un programme de simulation des systèmes transitoire avec une structure modulaire. Il reconnaît un langage de description de système dans lequel l'utilisateur spécifie les composants qui constituent le système et la manière dont ils sont connectés. La bibliothèque de TRNSYS comprend un grand nombre de composants couramment utilisés dans les systèmes d'énergie thermique et électrique, ainsi que des routines de composants pour gérer l'entrée de données météorologique ou d'autre option de forçage dépendantes du temps et la sortie de résultats de simulation. La nature modulaire de TRNSYS donne au programme une flexibilité énorme, et facilite l'ajout au programme de modèle mathématique non inclus dans la bibliothèque standard de TRNSYS. TRNSYS convient bien aux analyses détaillées de tout système dont le comportement dépend du passage du temps. TRNSYS est devenu un logiciel de référence pour les chercheurs et les ingénieurs du monde entiers. Les bâtiments a faible consommation d'énergie et les systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air, les systèmes d'énergie renouvelable, la cogénération, les piles a combustible.



III.Paramètres de fonctionnement de la centrale RAS DJENNAT

1. Conditions de référence

Description	unités	Gaz
Température ambiante	C°	35
Humidité relative	%	76
Pression barométrique	bar	1.01
La fréquence	Hz	50
Gaz Carburant – LHV	KJ/Kg	45001.3
Facteur de puissance du générateur: retard de		0.9
Compenser de Cycle	%	0
Eau de chaudière périodiquement purgée	%	0

2. Différents paramètres de fonctionnement aux conditions de référence à 100% de charge de la turbine à gaz

Description	unités	Gaz
Puissance de sortie - GT	MW	249.2
Pouvoir calorifique inférieur (PCI)	kJ/kg	43100
Rendement nominal sur les bornes du générateur	MW	210.5
Efficacité	%	36.9
Débit du gaz d'échappement	Kg/s	616.2
Température du gaz d'échappement	C°	607.6
Vitesse	tr/min	30000
Température ambiante	C°	35
Pression barométrique	bar	1.013

Humidité relative	%	76
Perte de pression à l'entrée du compresseur (ISO)	mbar	08
Perte de pression à l'entrée de la turbine (ISO)	mbar	36.3
Pertes de puissance d'excitation nominale	MW	0.8
Consommation de carburant	kg/s	14.3
Température des gaz d'échappement	⁰ C	607.6

3. Différents paramètres de fonctionnement aux conditions de référence à 100% de charge de la turbine à vapeur

La description	Units	Gaz naturel
Taux de chaleur net	KJ/Kwh	6165
Puissance de sortie - ST	MW	127.8
Pression de sortie du super-chauffage HP	Bar (a)	120.81
Température de sortie du surchauffeur HP	C°	566.50
Pression d'entrée de turbine à vapeur HP	Bar (a)	117.92
Température d'entrée de la turbine à vapeur HP	C°	565.02
débit de vapeur HP	kg/s	71.99
Pression de sortie du réchauffeur	Bar (a)	29.91
Température de sortie du réchauffeur	C°	565.70
Pression d'entrée de turbine à vapeur IP	Bar (a)	29.10
Température d'entrée de vapeur de la turbine IP	C°	564.94
IP débit de vapeur	kg/s	71.99
Pression de sortie du surchauffeur IP	Bar (a)	31.31

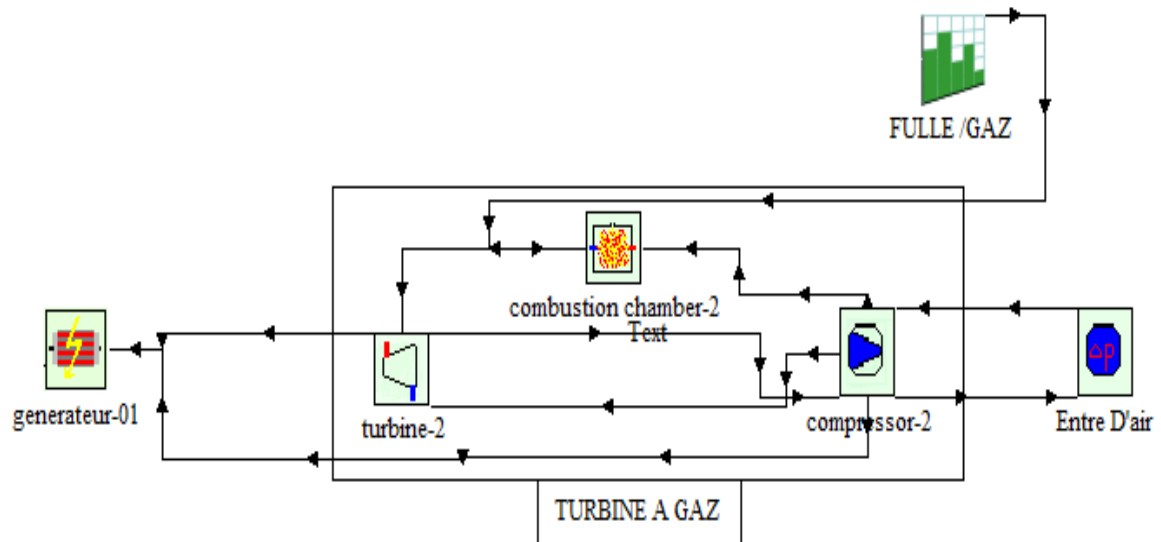
Chapitre 04 : Modélisation et simulation par TRNSYS Simulateur Studio

Température de sortie du surchauffeur IP	C°	337.50
Pression de sortie du surchauffeur LP	Bar (a)	4.51
Température de sortie du surchauffeur LP	C°	232.60
Débit de vapeur du surchauffeur LP	kg/s	10.14
Débit d'échappement de la turbine LP	kg/s	98.25
Débit d'échappement de la turbine LP	C°	33.35
Débit d'entrée de l'économiseur HP	Kg/s	71.99
Débit d'entrée de l'économiseur IP	Kg/s	23.57
Pression du condenseur	Bar (a)	0.0514
Température d'entrée d'eau de refroidissement du condenseur	C°	24
Température de sortie de l'eau de refroidissement du condenseur	C°	30

IV Simulation

Dans le but d'étudier le fonctionnement d'un bloque dans la centrale à cycle combinée qui se compose de trois bloque similaire, nous avons réalisé une simulation sur un bloque et on a fait étude sur les principaux composants dans ces deux parties.

I. Bloque turbine à gaz



II. Éléments constitutif

1. La chambre de combustion

Ce modèle décrit une combustion adiabatique pour le gaz.

On a défini le combustible par la valeur de chauffage inférieure et le rapport de masse des éléments de combustible : C, H₂, S, O₂, N₂, H₂O, cendres et azote atmosphérique donnés dans l'analyse organique.

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		operating mode (mode 1 or 2)	2	-	-	More...
2		lower calorific value	45001.3	-	-	kJ/kg More...
3		C mass ratio	0.7518	-	-	More...
4		H2 mass ratio	0.2341	-	-	More...
5		S mass ratio	0	-	-	More...
6		N2 mass ratio	0.0159	-	-	More...
7		O2 mass ratio	0.0182	-	-	More...
8		H2O mass ratio_in	0	-	-	More...
9		ashes mass ratio	0	-	-	More...

Ensuite on a mis les valeurs des intrants à la chambre de combustion respectant les paramètres de fonctionnement de la centrale.

9		ashes mass ratio	0	-	-	More...
10		relative pressure drop_design	0.02	-	-	More...
11		design or off-design (mode 3 or 4)	3	-	-	More...
12		inlet temperature_off-design if mode 4	0	-	-	C More...
13		inlet pressure_off-design if mode 4	0	-	-	BAR More...
14		inlet mass flow_off-design if mode 4	0	-	-	kg/hr More...

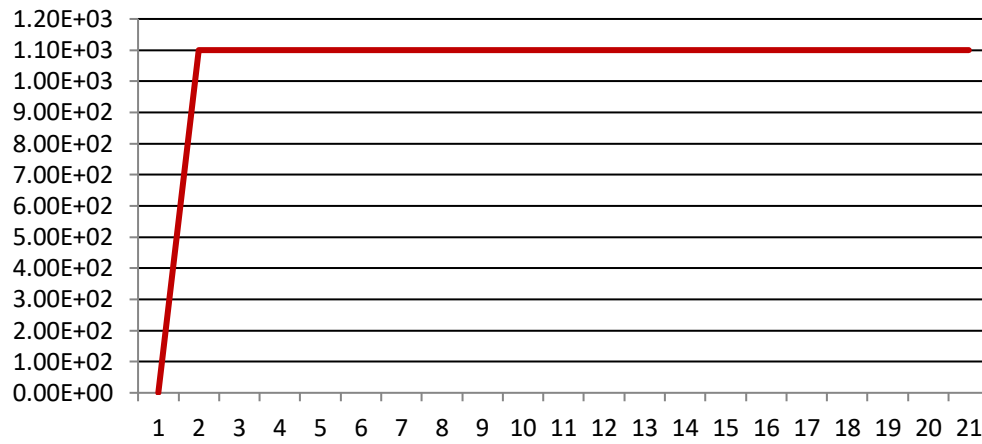
Puis nous avons choisis d'étudier certains extraits comme il est montré sur l'illustration suivante :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		outlet temperature	C	-	-	More... <input checked="" type="checkbox"/>
2		fuel mass flow	kg/hr	-	-	More... <input type="checkbox"/>
3		outlet mass flow combustion air	kg/hr	-	-	More... <input checked="" type="checkbox"/>
4		outlet pressure	BAR	-	-	More... <input checked="" type="checkbox"/>
5		air ratio	dimensionless	-	-	More... <input type="checkbox"/>
6		CO2 mass ratio	dimensionless	-	-	More... <input type="checkbox"/>
7		H2O mass ratio	dimensionless	-	-	More... <input type="checkbox"/>
8		SO2 mass ratio	dimensionless	-	-	More... <input type="checkbox"/>
9		air mass ratio	dimensionless	-	-	More... <input type="checkbox"/>

Les résultats sont montrés respectivement sur les graphes ci-dessous:

➤ Graphe de température

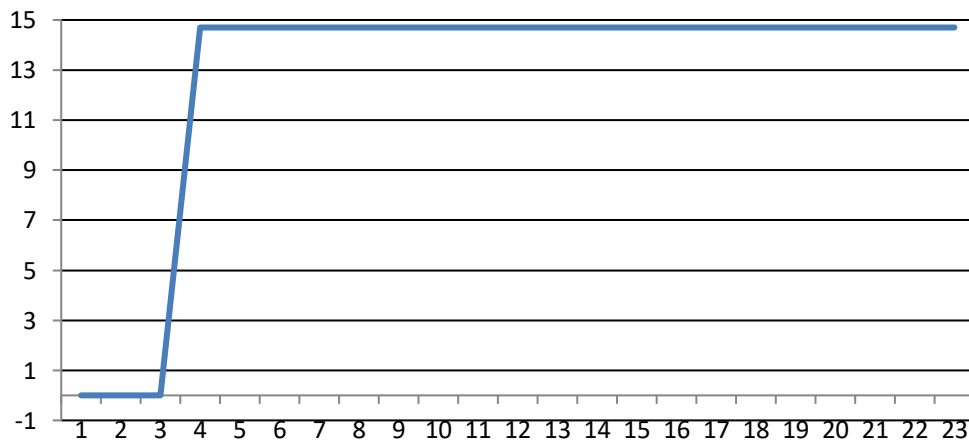
Température en C°



Graph I : Température de la chambre de combustion en fonction du temps

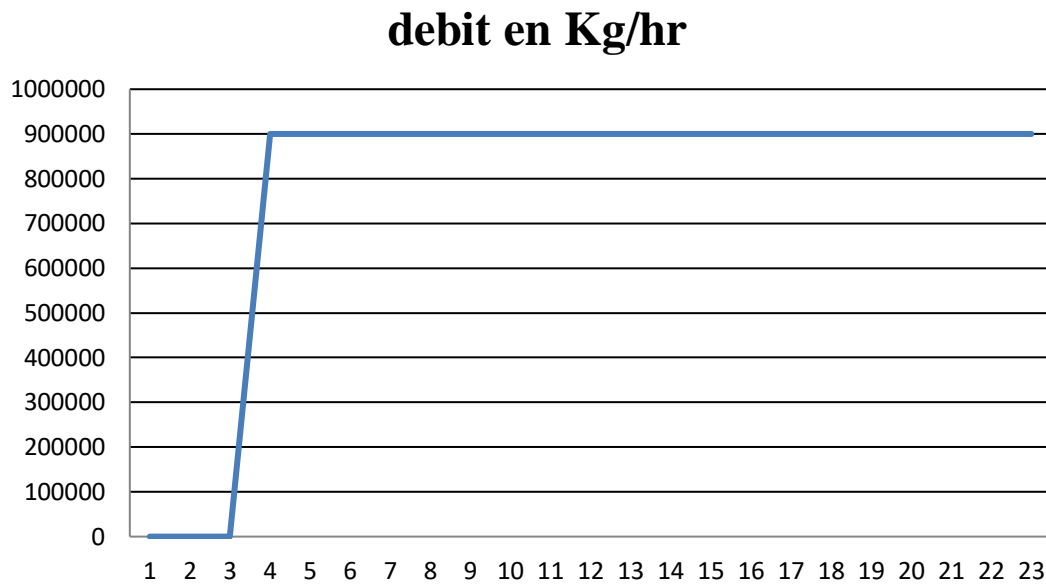
➤ Graphe de pression

Pression en (bar)



Graph II : Pression de la chambre de combustion en fonction du temps

- Graphe de débit



Graphe III : Débit de la chambre de combustion en fonction du temps

2. Compresseur

Ce modèle calcule les conditions de sortie à partir de l'état d'entrée on utilisant une efficacité isentropique qui peut être spécifié comme une fonction de débit.

On a introduit les paramètres s'agit de taux de compression, efficacité mécanique, ISO débit d'entrée design kg/hr, charge partielle par réduction du débit massique en mode 2 le débit massique est limité lorsqu'il s'agit d'une entrée.

Mode de fonctionnement :

- Mode 1 : débit massique d'entrée en fonction des conditions d'entrée
- Mode 2 : débit massique d'entrée comme entrée

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	compression ratio	14.6	-			More...
2	mechanical efficiency	0.95	-			More...
3	ISO inlet mass flow_design	255600	kg/hr			More...
4	partial load by mass flow reduction if mode2	0	-			More...
5	operating mode	1	-			More...

Nous avons introduit les valeurs des entrants s'agit de la température C de l'air d'entrée, pression d'entrée BAR, débit massique d'entrée en mode 2 kg/h, efficacité isentropique design, rapport de masse d'air de refroidissement évalué par le modèle de turbine (pour refroidir les aubes), on respectant les paramètres de fonctionnements de la centrale.

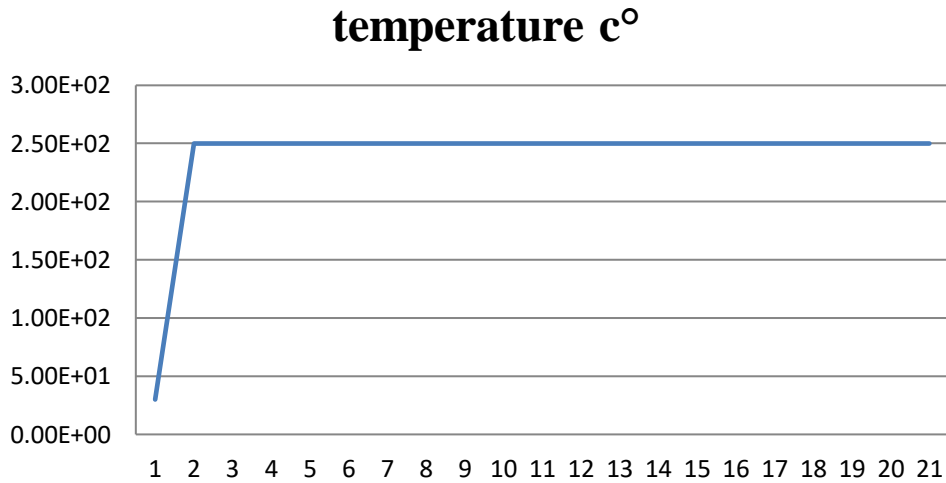
Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	inlet air temperature	25	C			More...
2	inlet pressure	1	BAR			More...
3	inlet mass flow if mode2	1	kg/hr			More...
4	isentropic efficiency	0.89	dimensionless			More...
5	cooling air mass ratio	1	dimensionless			More...

Puis nous avons choisis d'étudier certains extraits comme il est montré sur l'illustration suivante :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	outlet temperature	C				More... <input checked="" type="checkbox"/>
2	outlet pressure	BAR				More... <input checked="" type="checkbox"/>
3	outlet mass flow working air	kg/hr				More... <input checked="" type="checkbox"/>
4	outlet mass flow cooling air	kg/hr				More... <input type="checkbox"/>
5	actual compressor power	kJ/hr				More... <input type="checkbox"/>
6	relative compressor power_mode2	kJ/kg				More... <input type="checkbox"/>
7	outlet enthalpy	kJ/kg				More... <input type="checkbox"/>
8	total outlet mass flow	kg/hr				More... <input type="checkbox"/>

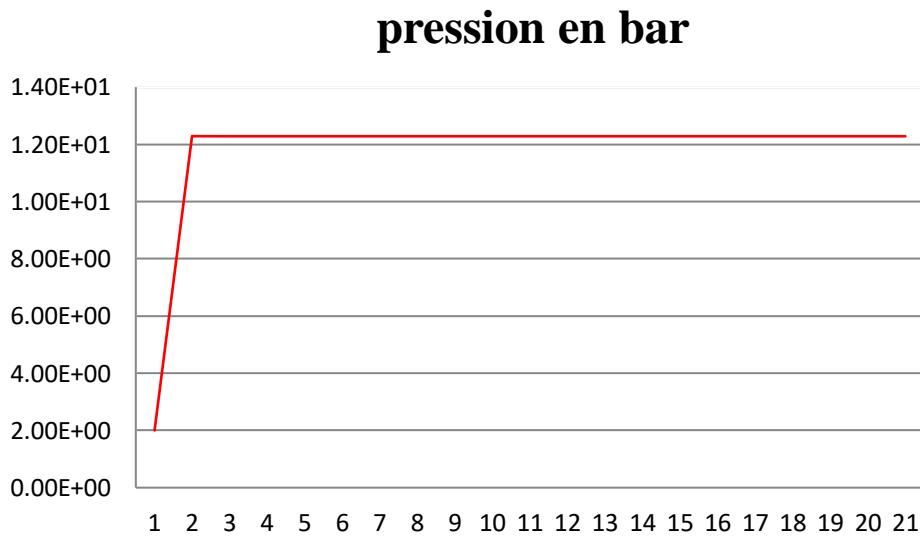
Les résultats sont montrés respectivement sur les graphes ci-dessous:

- Graphe de température



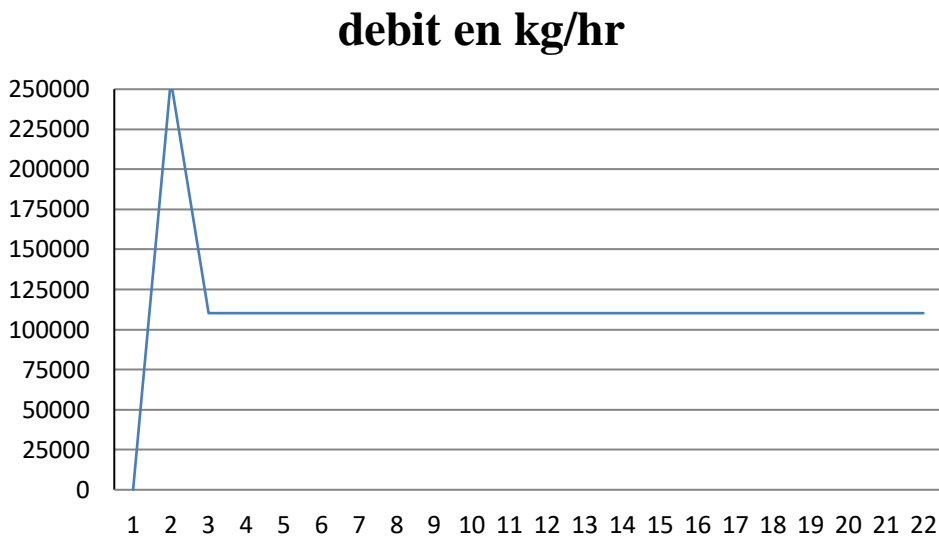
Graphe IV : Température du compresseur en fonction du temps

- Graphe de pression



Graphe V : Pression du compresseur en fonction du temps

➤ Graphe de débit



Graph VI : Pression du compresseur en fonction du temps

3. Turbine

Ce modèle de turbine à gaz calcule les conditions de sortie à partir de l'état d'entrée en utilisant une efficacité isentropique.

Nous avons configuré les paramètres efficacité mécanique, température maximale d'entrée sans refroidissement C°, pression ambiante BAR, température maximale d'entrée avec refroidissement C°.

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		mechanical efficiency	0.99	-	More...	
2		maximum inlet temperature w/o cooling	1200	C	More...	
3		ambient pressure	1.032	BAR	More...	
4		maximum inlet temperature with cooling	900	C	More...	

Puis nous avons configuré les intrants de la turbine s'agit de :

la température de combustion de l'air C, température C air de refroidissement Pression d'entrée BAR, débit massique air de combustion kg/h, Débit massique d'air de

refroidissement kg/h, efficacité isentropique, Rapport masse CO2, Rapport de masse H2O, Rapport de masse du SO2, rapport de masse d'air, rapport de la masse d'azote dans l'air, chute de pression relative _silencieux d'échappement_, chute de pression relative _échangeur de chaleur_ coté chaud, entrée d'enthalpie d'air de travail kJ/kg, entrée d'enthalpie d'air de refroidissement kJ/kg

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	temperature combustion air	1100	C	More...		
2	temperature cooling air	250	C	More...		
3	inlet pressure	15	BAR	More...		
4	mass flow combustion air	255600	kg/hr	More...		
5	mass flow cooling air	0	kg/hr	More...		
6	isentropic efficiency	0.9	-	More...		
7	CO2 mass ratio	0	-	More...		
8	H2O mass ratio	0	-	More...		
9	SO2 mass ratio	0	-	More...		

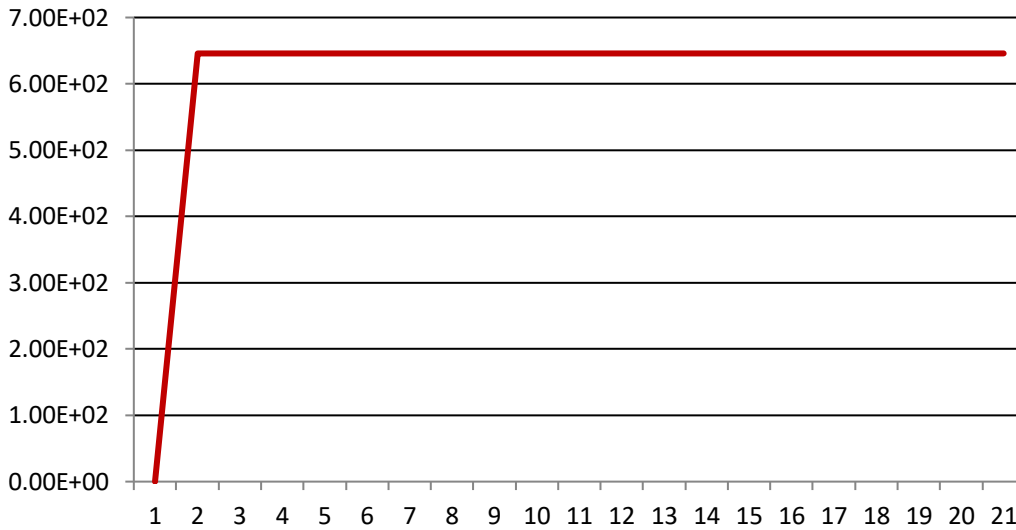
3	inlet pressure	15	BAR	More...		
4	mass flow combustion air	75000	kg/hr	More...		
5	mass flow cooling air	0	kg/hr	More...		
6	isentropic efficiency	0.9	-	More...		
7	CO2 mass ratio	0	-	More...		
8	H2O mass ratio	0	-	More...		
9	SO2 mass ratio	0	-	More...		

Puis nous avons choisis d'étudier certains extraits comme il est montré sur l'illustration suivante :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	outlet temperature	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	outlet mass flow	kg/hr	More...	<input type="checkbox"/>		
3	actual turbine power	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	relative turbine power	kJ/kg	More...	<input type="checkbox"/>		
5	cooling air mass ratio	-	More...	<input type="checkbox"/>		
6	outlet enthalpy	kJ/kg	More...	<input type="checkbox"/>		
7	outlet pressure	BAR	More...	<input checked="" type="checkbox"/>		

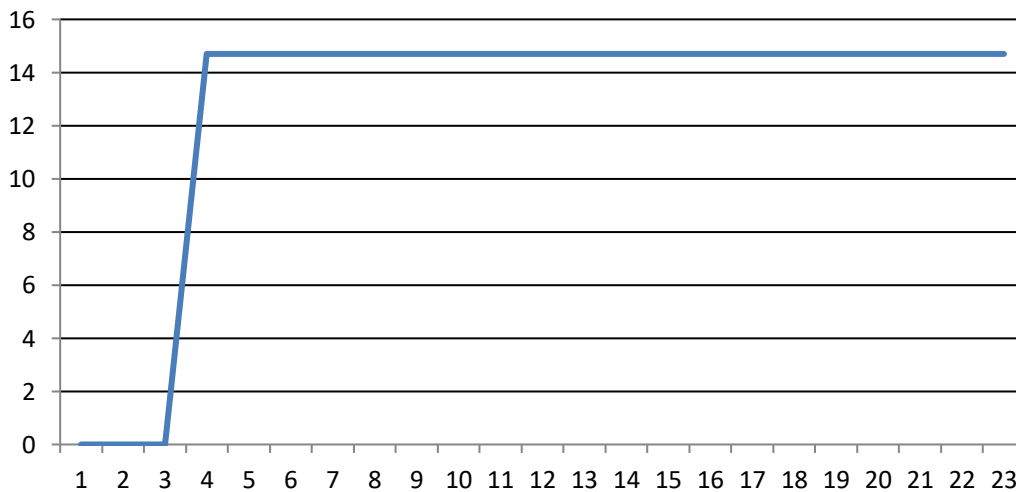
Les résultats sont illustré respectivement sur les graphes ci-dessous

Temperature C°



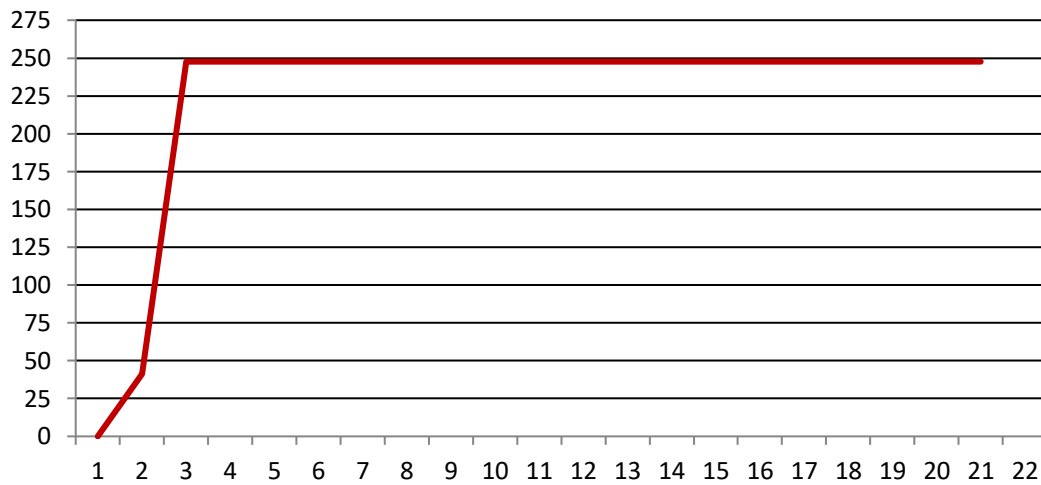
Grphe VII : Température de la turbine en fonction du tempe

Pressuion en (bar)



Grphe VIII : Pression de la turbine en fonction du tempe

Puissance en (MW)

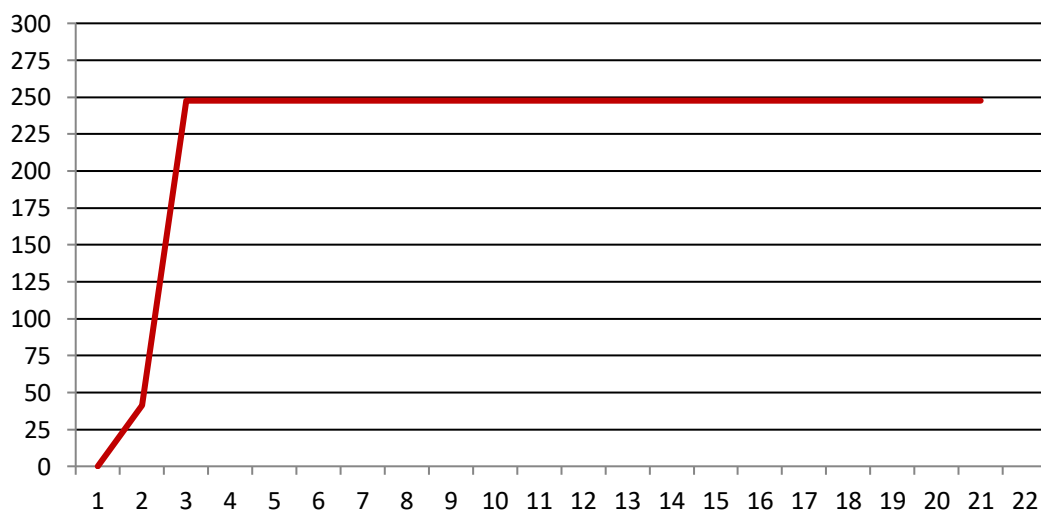


Grphe IX : Puissance de la turbine en fonction du tempe

4. Générateur

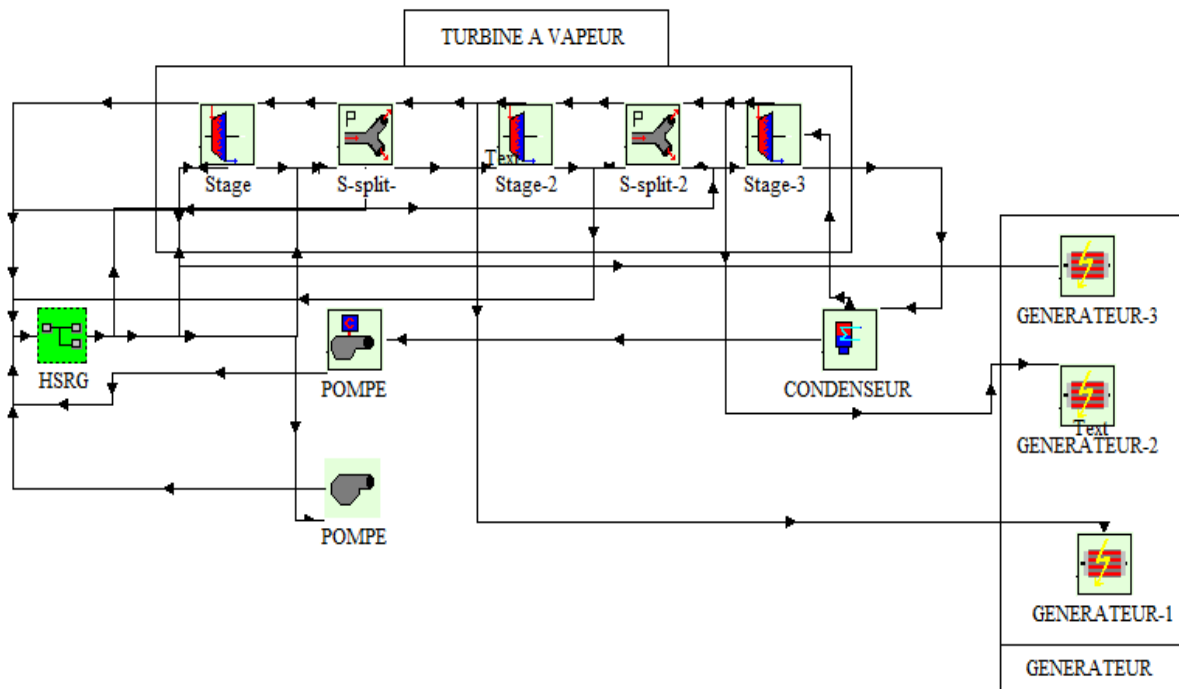
A l'aide des valeurs introduites dans les éléments précédant nous avons calculé la puissance électrique nette totale produite par la turbine qui égale à 247 MW.

Puissance en (MW)



Grphe X : Puissance du générateur en fonction du tempe

III. Bloque turbine à vapeur



IV. Éléments constitutifs du système

1. Économiseur / Surchauffeur

Un échangeur de chaleur sensible à capacité zéro est modélisé en mode contre-flux. L'entrée côté froid est supposée être de l'eau/vapeur en fonction de qualité. La chaleur spécifique respective du fluide latéral froid est calculée à partir de données sur les propriétés de l'eau et de la vapeur. L'efficacité est calculée à l'aide du transfert de chaleur global

2. Évaporateur

Ce modèle simule un évaporateur d'eau, ce qui donne les températures de sortie et les débits des courants chauds et froids comme suit :

d'entrée d'eau pour obtenir une évaporation totale. Le côté froid est supposé être eau/vapeur en fonction de qualité. Les conditions eau/vapeur sont données par la température, la pression et qualité.

3. Convertisseur X2H

Routine de conversion pour convertir la propriété de la vapeur utilisée dans les composants économiseur, évaporateur utilisés

4. Turbine à vapeur à 3 étages

Ce modèle d'étage de turbine calcule la pression d'entrée de l'étage de turbine à partir de la pression de sortie, le débit massique de la vapeur et les valeurs de référence de la pression d'entrée et de sortie et du débit massique. L'étage de turbine peut être combiné avec un répartiteur afin d'assembler une extraction de la turbine.

Dans la nôtre cas, notre turbine est dérivé de 3 étages pour une exploitation maximale de la pression venu de la HRSG.

1. 1^{er} étage (haute pression)

Nous avons configuré les paramètres de premier étage en introduisant leurs valeurs des comme il est montré sur l'illustration ci-dessous :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		design inlet pressure	223	BAR	More...	
2		design outlet pressure	29	BAR	More...	
3		design flow rate	255600	kg/hr	More...	
4		design inner efficiency	0.8	-	More...	
5		generator efficiency	1	-	More...	
6		coef. for inner eff eq	0.0	-	More...	
7		b coeff for inner eff	0.0	-	More...	
8		c coeff for inner eff	0.0	-	More...	

Ensuite on a mis les valeurs des intrants dans l'étage de la turbine à vapeur

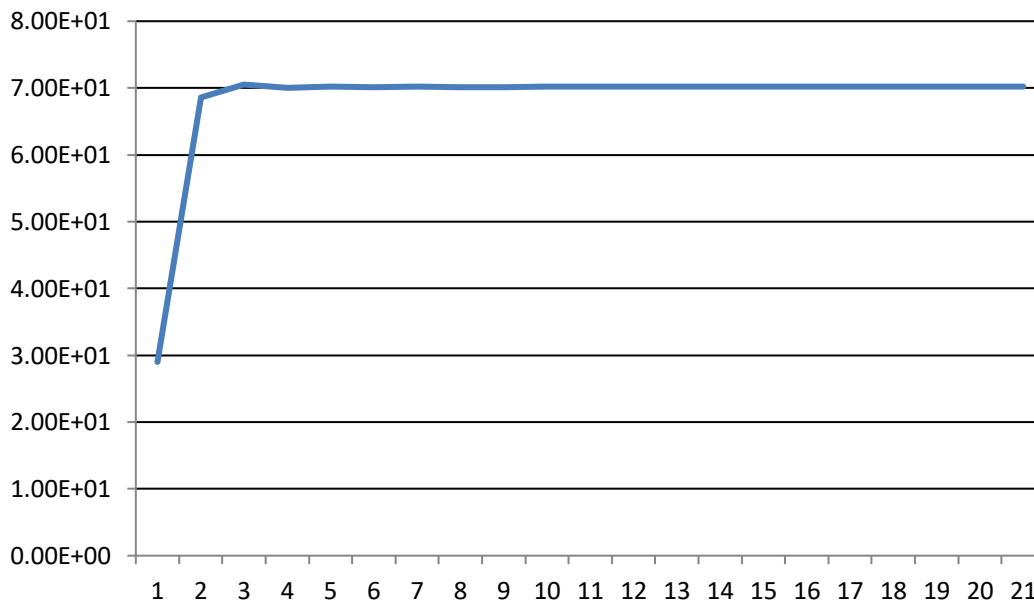
Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		Turbine outlet pressure	29	BAR	More...	
2		Turbine inlet flow rate	255600	kg/hr	More...	
3		Turbine inlet enthalpy	12000	kJ/kg	More...	
4		Bypass indicator	1	-	More...	

Puis on a sélectionné les extrants qu'on veut étudier

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		turbine inlet pressure	BAR	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
2		turbine outlet flowrate	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
3		turbine outlet enthalpy	kJ/kg	More...	<input type="checkbox"/>	
4		turbine power	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
5		outlet bypass indicator	-	More...	<input type="checkbox"/>	
6		turbine inner efficiency	-	More...	<input type="checkbox"/>	

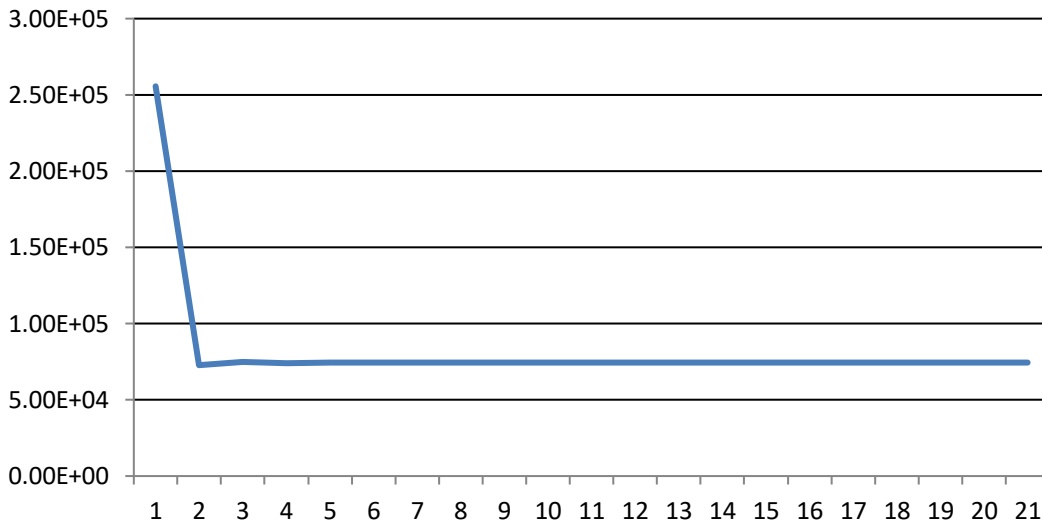
Les résultats sont montres respectivement sur les graphes ci-dessous :

Pression en (bar)



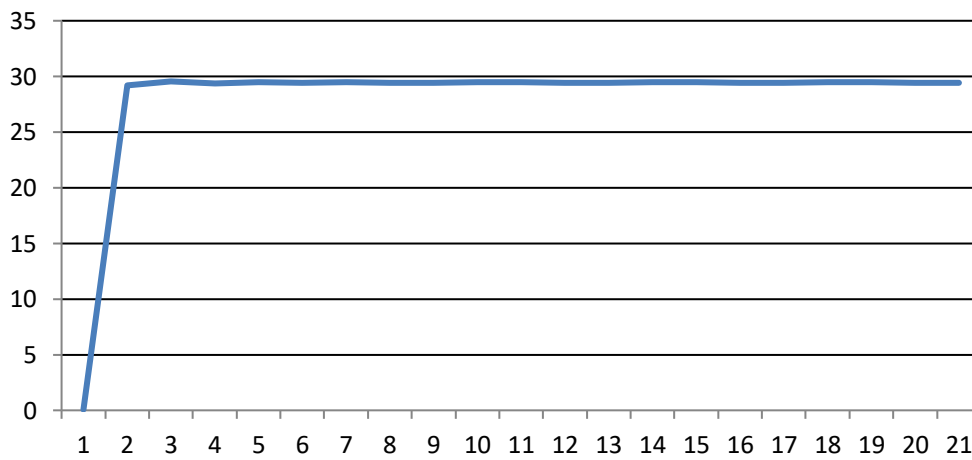
Graph XI : Pression de la turbine (HP) en fonction du temps

débit en kg/hr



Graphe XII : Débit de la turbine (HP) en fonction du temps

Puissance en (MW)



Graphe XIII : Puissance de la turbine (HP) en fonction du temps

2. 2eme étage (moyenne pression)

Nous avons configuré les paramètres de premier étage en introduisant les valeurs des paramètres comme il est montré sur l'illustration ci-dessous :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		design inlet pressure	29	BAR	More...	
2		design outlet pressure	4.45	BAR	More...	
3		design flow rate	255600	kg/hr	More...	
4		design inner efficiency	0.8	-	More...	
5		generator efficiency	1	-	More...	
6		coef. for inner eff eq	0.0	-	More...	
7		b coeff for inner eff	0.0	-	More...	
8		c coeff for inner eff	0.0	-	More...	

Ensuite on a mis les valeurs des intrants dans l'étage de la turbine à vapeur

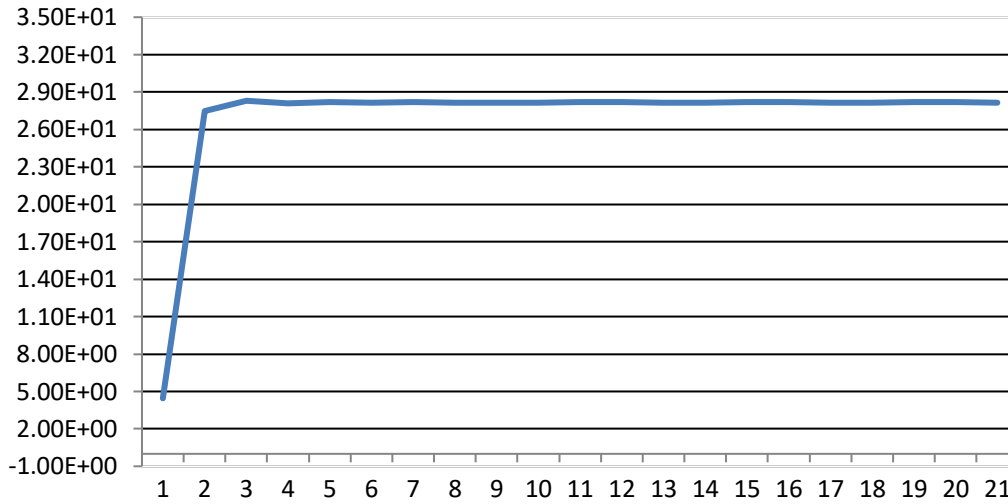
Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		Turbine outlet pressure	4.45	BAR	More...	
2		Turbine inlet flow rate	255600	kg/hr	More...	
3		Turbine inlet enthalpy	12000	kJ/kg	More...	
4		Bypass indicator	1	-	More...	

Puis on a sélectionné les extrants qu'on veut étudier

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		turbine inlet pressure	BAR	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
2		turbine outlet flowrate	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
3		turbine outlet enthalpy	kJ/kg	More...	<input type="checkbox"/>	
4		turbine power	kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
5		outlet bypass indicator	-	More...	<input type="checkbox"/>	
6		turbine inner efficiency	-	More...	<input type="checkbox"/>	

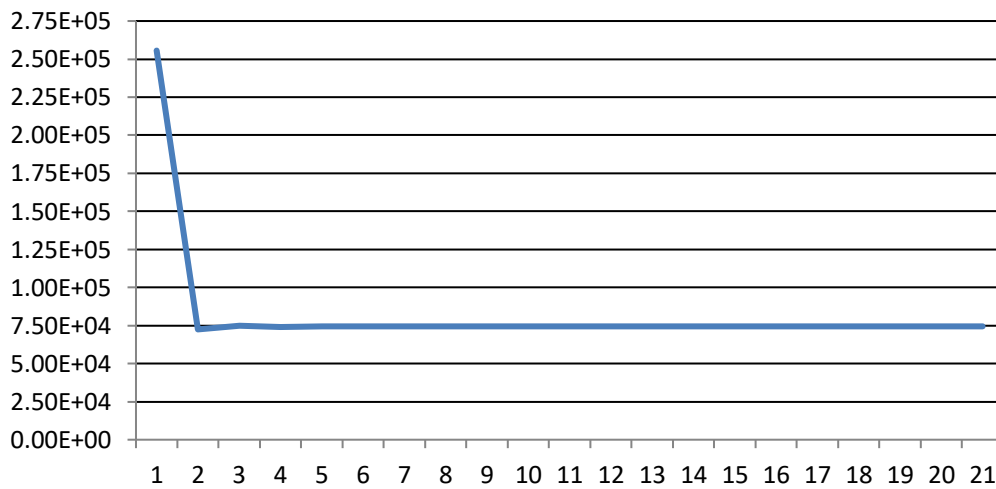
On résulte on a dessiné des graphes qu'ils expliquent le développement des extrants sélectionné.

Pression en (bar)



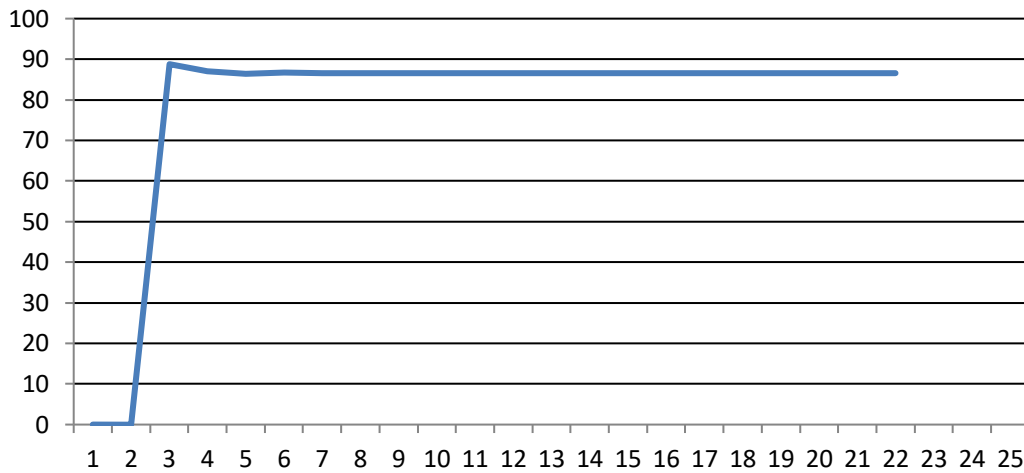
Graphe XIV : Pression de la turbine (IP) en fonction du temps

Débit en (kg/hr)



Graphe XV : Débit de la turbine (IP) en fonction du temps

Puissance en (MW)



Graph XVI : Puissance de la turbine (IP) en fonction du temps

3. 3eme étage (basse pression)

Nous avons configuré les paramètres de premier étage en introduisant leurs valeurs des comme il est montré sur l'illustration ci-dessous :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	design inlet pressure	4.45	BAR	More...		
2	design outlet pressure	0.051	BAR	More...		
3	design flow rate	255600	kg/hr	More...		
4	design inner efficiency	0.8	-	More...		
5	generator efficiency	0.98	-	More...		
6	coef. for inner eff eq	0.0	-	More...		
7	b coeff for inner eff	0.0	-	More...		
8	c coeff for inner eff	0.0	-	More...		

Ensuite on a introduit les valeurs des intrants dans l'étage de la turbine à vapeur

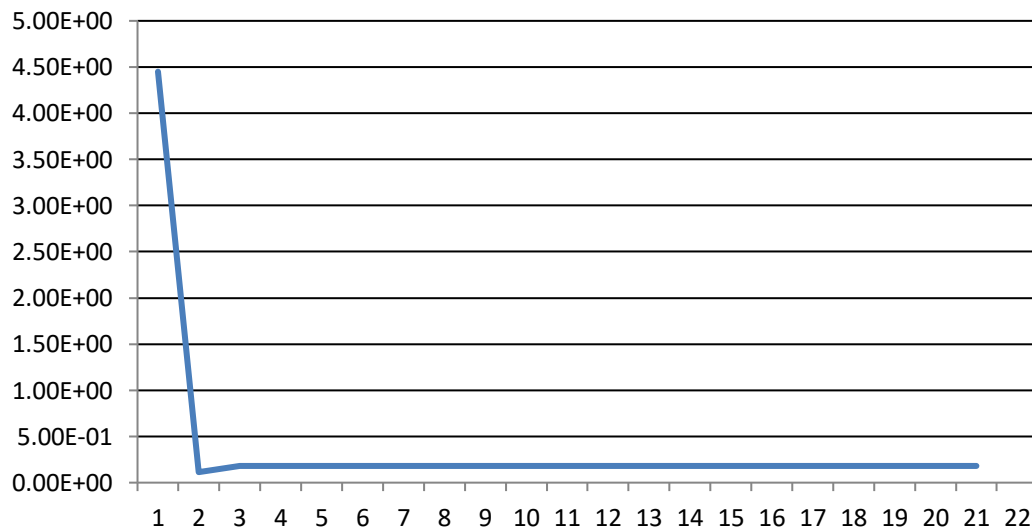
Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	Turbine outlet pressure	4.45	BAR	More...		
2	Turbine inlet flow rate	255600	kg/hr	More...		
3	Turbine inlet enthalpy	3010	kJ/kg	More...		
4	Bypass indicator	1	-	More...		

Puis on a sélectionné les extrants qu'on veut étudier

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1	<input checked="" type="checkbox"/>	turbine inlet pressure		BAR	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	turbine outlet flowrate		kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/>	turbine outlet enthalpy		kJ/kg	More...	<input type="checkbox"/>
4	<input checked="" type="checkbox"/>	turbine power		kJ/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5	<input checked="" type="checkbox"/>	outlet bypass indicator		-	More...	<input type="checkbox"/>
6	<input checked="" type="checkbox"/>	turbine inner efficiency		-	More...	<input type="checkbox"/>

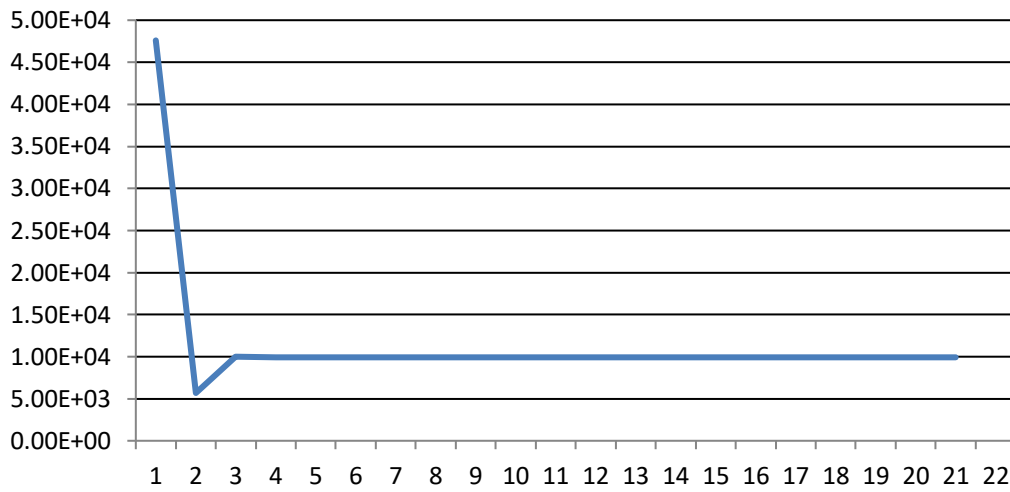
Les résultats sont montrés respectivement sur les graphes ci-dessous :

Pression en (ber)



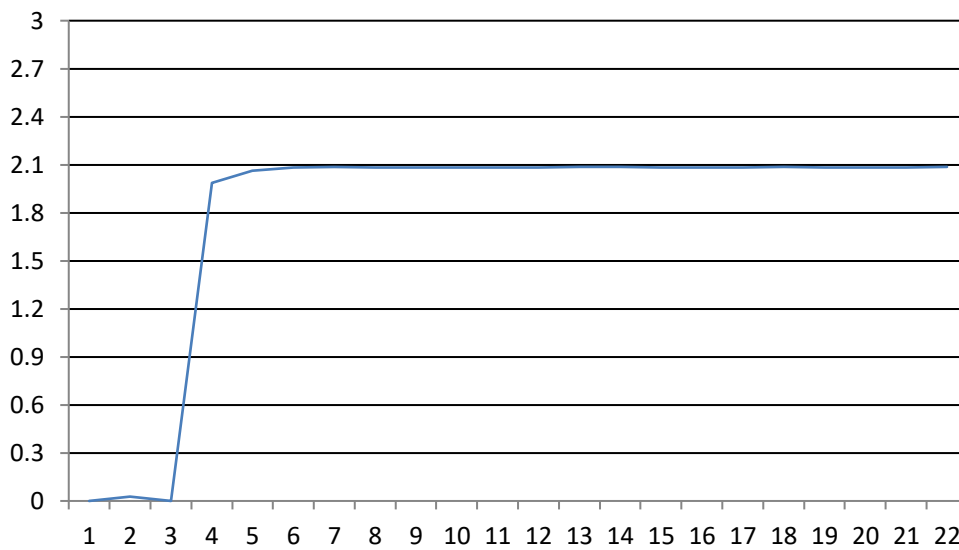
Graphe XVII : Pression de la turbine (BP) en fonction du temps

Debit en (kg/hr)



Graphe XVIII : débit de la turbine (BP) en fonction du temps

Puissance en (MW)



Graphe XIX : Puissance de la turbine (BP) en fonction du temps

5. Condenseur

Ce type modèle un condenseur refroidi à l'eau. La pression de condensation dépend de la température d'entrée de l'eau d'alimentation.

Nous avons configuré les paramètres sur la base des données de la centrale comme il est montré sur l'illustration ci-dessous :

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		dT Cool water out+condensing temp	5.0	deltaC	More...	
2		temp increase in cool. water	10.0	deltaC	More...	

Ensuite on a introduit les valeurs des intrants du condenseur

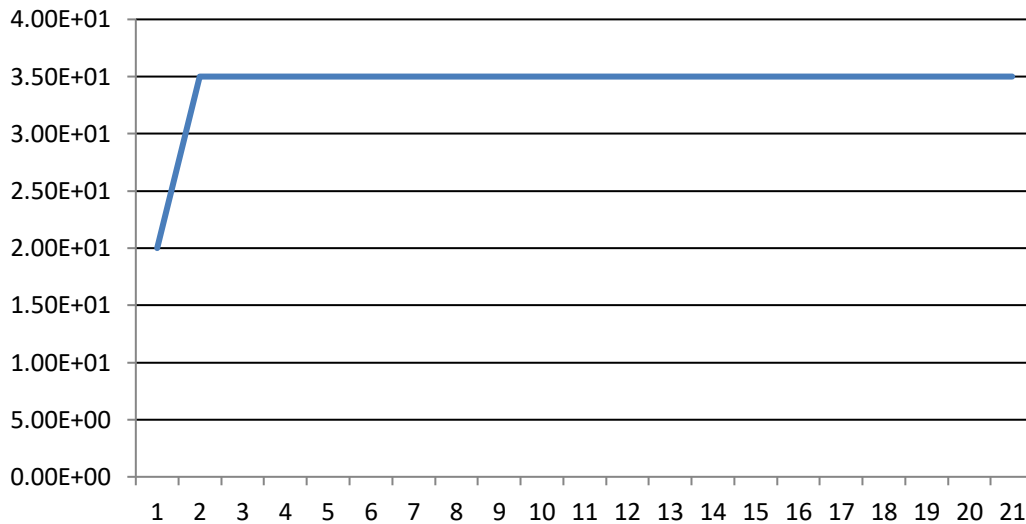
Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		Cooling water inlet temp	20	C	More...	
2		steam enthalpy inlet	3010	kJ/kg	More...	
3		steam mass flow rate	255600	kg/hr	More...	
4		Condensate inlet flow rate	24469800	kg/hr	More...	
5		Condensate inlet temperture	24	C	More...	
6		Condensate inlet quality	1	-	More...	

Puis on a sélectionné les extrants qu'on veut étudier

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
1		Condensing Temperature	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
2		Condensing pressure	BAR	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	
3		transferred power	kJ/hr	More...	<input type="checkbox"/>	
4		Cooling water outlet temp	C	More...	<input type="checkbox"/>	
5		Cooling water flow rate	kg/hr	More...	<input type="checkbox"/>	
6		Condensate flow rate	kg/hr	More...	<input checked="" type="checkbox"/>	

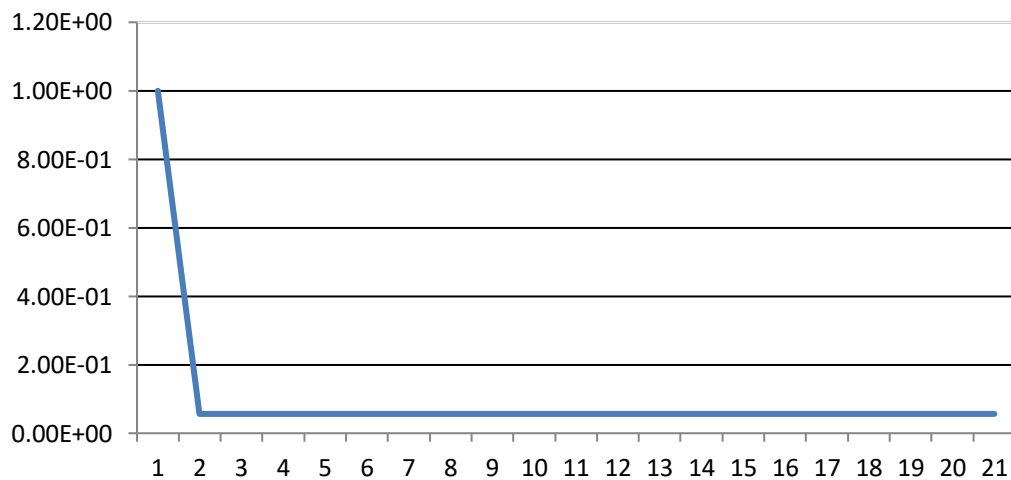
Les résultats sont montrés respectivement sur les graphes ci-dessous :

Temperature en C°



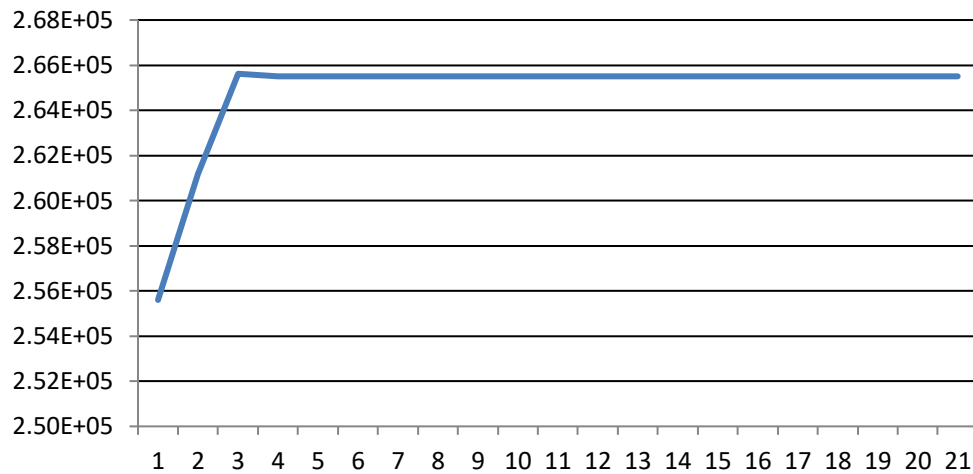
Grphe XX : Température du condenseur en fonction du tempe

Pression en (bar)



Grphe XXI : Pression du condenseur en fonction du tempe

Debit en (kg/hr)



Graphe XXII : Débit du condenseur en fonction du temps

6. Préchauffeur

Le modèle de préchauffage suppose de l'eau avec une capacité thermique constante du côté froid. Et la vapeur de condensation sur le côté chaud. Il calcule le débit massique de vapeur qui maintiendrait le niveau d'eau dans cet échangeur de chaleur constant.

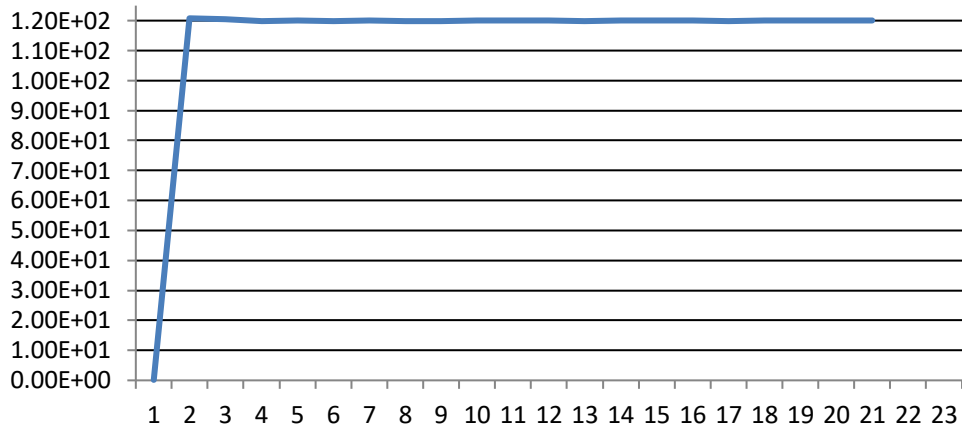
7. Désaérateur

Ce modèle décrit un préchauffeur de mélange d'eau dans des conditions stationnaires. Il a 3 entrées et une sortie. L'entrée est le flux d'eau d'alimentation, débit d'eau condensé qui peut provenir d'un préchauffeur à un niveau de pression plus élevé, et le débit de vapeur. La sortie est le débit d'eau dans des conditions saturées.

8. Générateur de turbine à vapeur

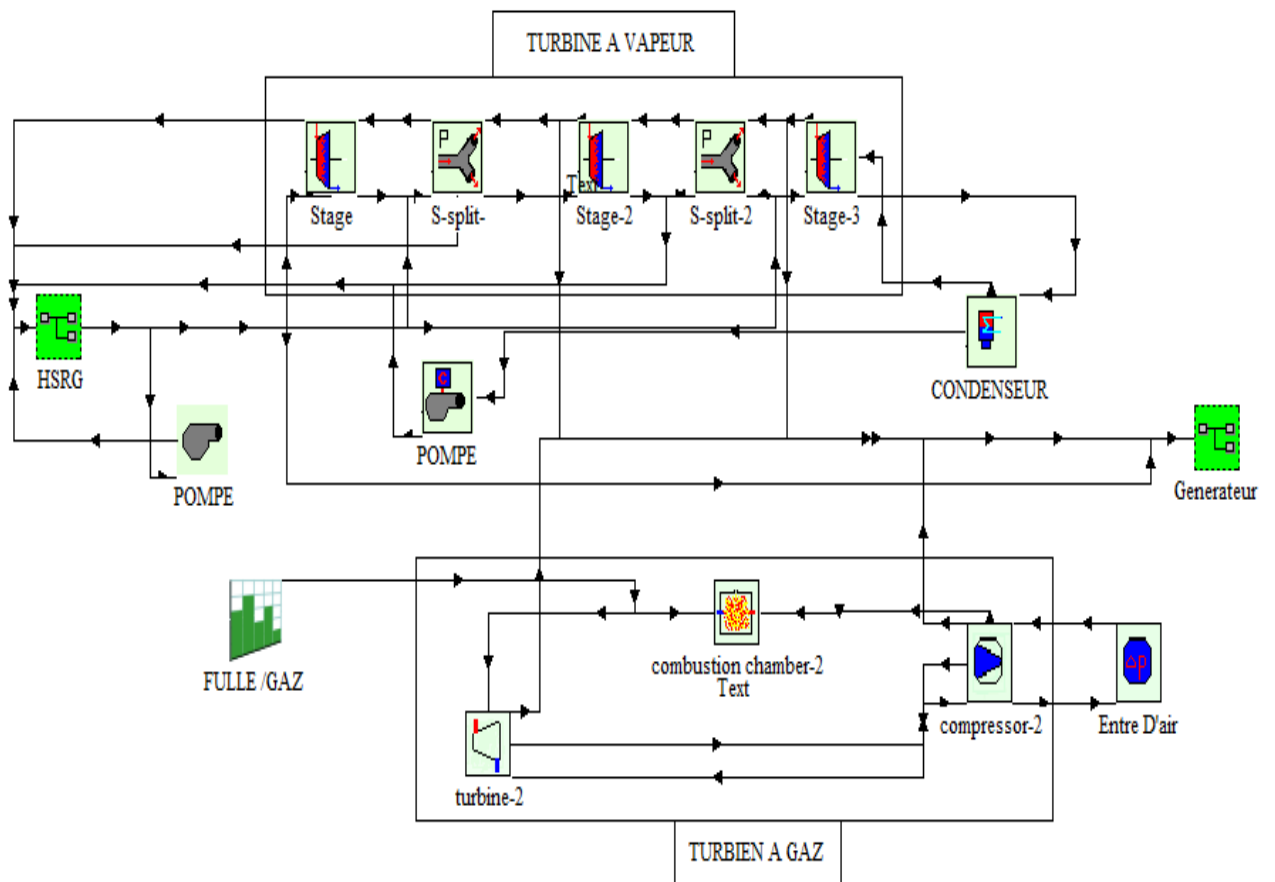
A l'aide des valeurs introduites dans les éléments précédant nous avons calculé la puissance électrique nette totale produite par les trois étages de la turbine qui égale à 119 MW.

Puissance en (MW)



Graphes XXIII : Puissance du générateur (TV) en fonction du temps

III. Centrale à cycle combiné

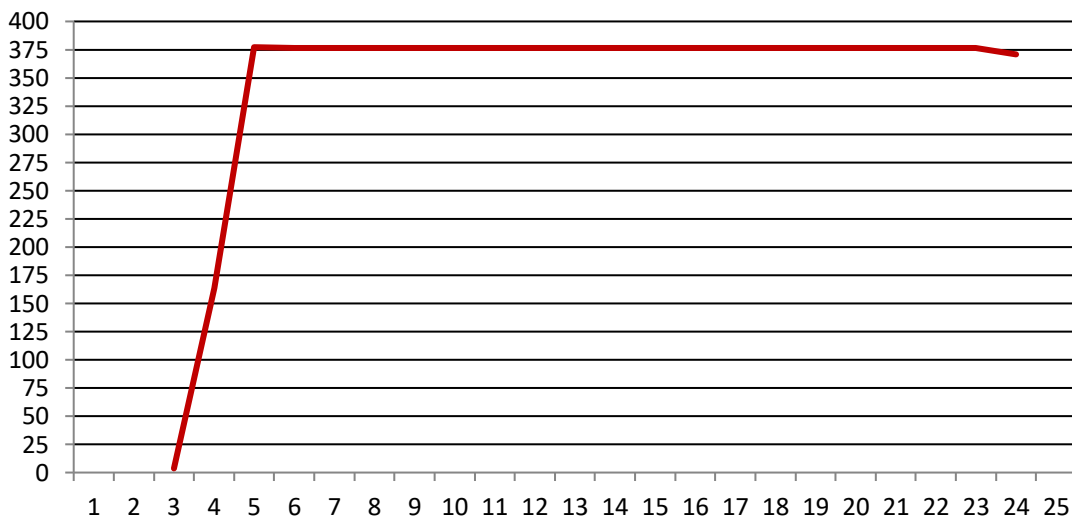


On a combiné les deux blocs turbine à gaz et turbine à vapeur, puis nous avons dessiné deux graphes qui montrent qu'il y a une hausse dans la puissance et le rendement global de sortie du bloc cycle combiné à arbre simple (CCPP).

Graphe puissance produite et le rendement global du bloc :

- Graphe de puissance du bloc

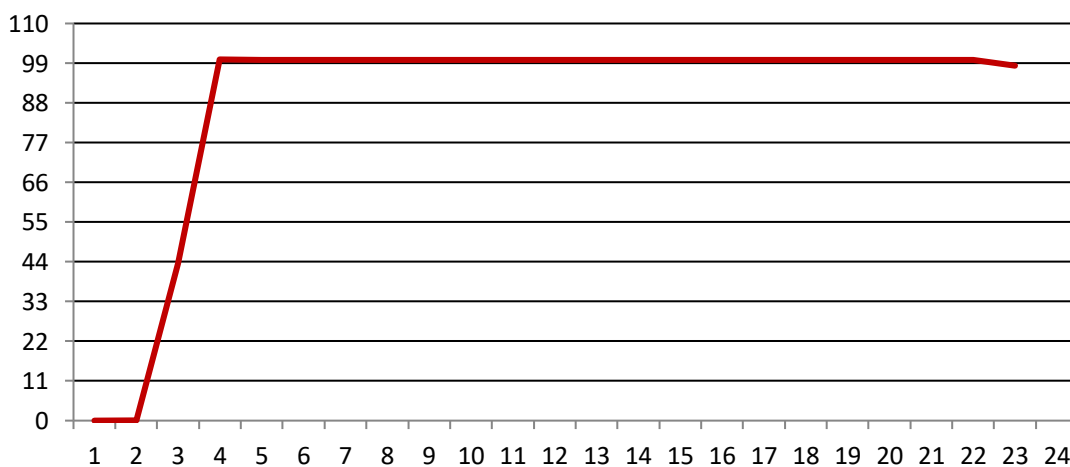
Puissance du bloc en (MW)



Graphe XXIV : Puissance du bloc combiné

- Graphe de rendement du bloc

Rendement en (%)



Graphe XXV : Rendement du bloc combiné

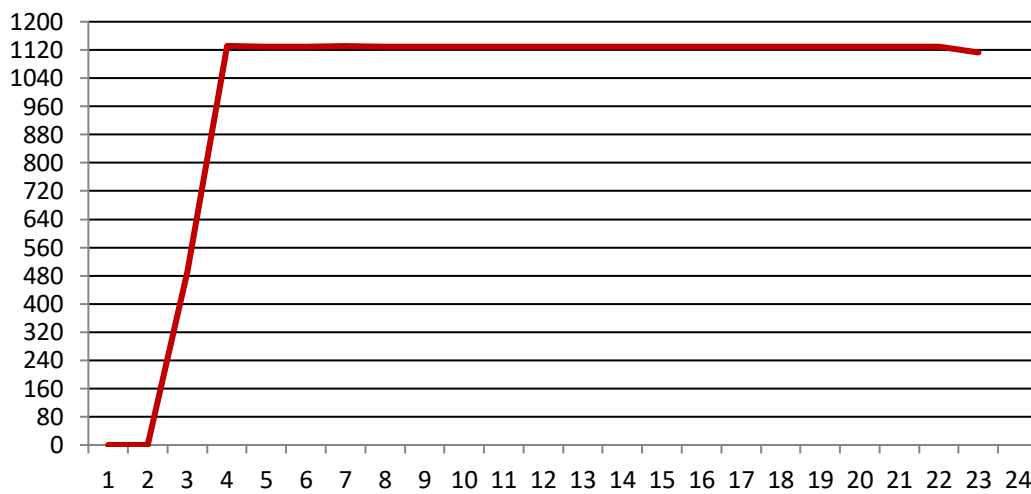
➤ Lecture et remarque

On remarque qu'on a atteint la puissance de 376.6 MW comme le montre le graphe de puissance du bloque donc un rendement de 99% sur le bloque, ces en prend la puissance nécessaire de 377 MW comme une refinancé équivalent à 100%.

• Graphe de puissance pour les trois bloque confondus

➤ Graphe de puissance globale de la centrale

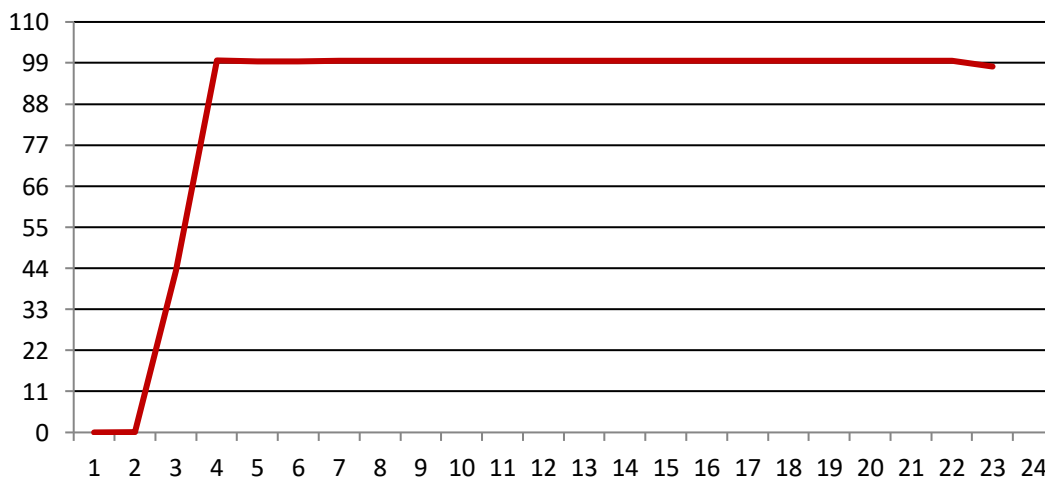
Puissance globale (MW)



Graphe XXVI : Puissance globale de la centrale

➤ Graphe de rendement de la centrale

Rendement (%)



Graphe XXVII : Rendement globale de la centrale**V Résultats et interprétation**

La centrale à cycle combiné RAS-DJINET DE produit 1131,1 MW. Elle se compose principalement de trois bloques de centrale électrique à cycle combiné, la puissance nette de chaque bloque est 377 MW, la puissance de sortie à 100% de charge pour la turbine à gaz est de 249,2 MW et pour la turbine à vapeur est de 127,8 MW.

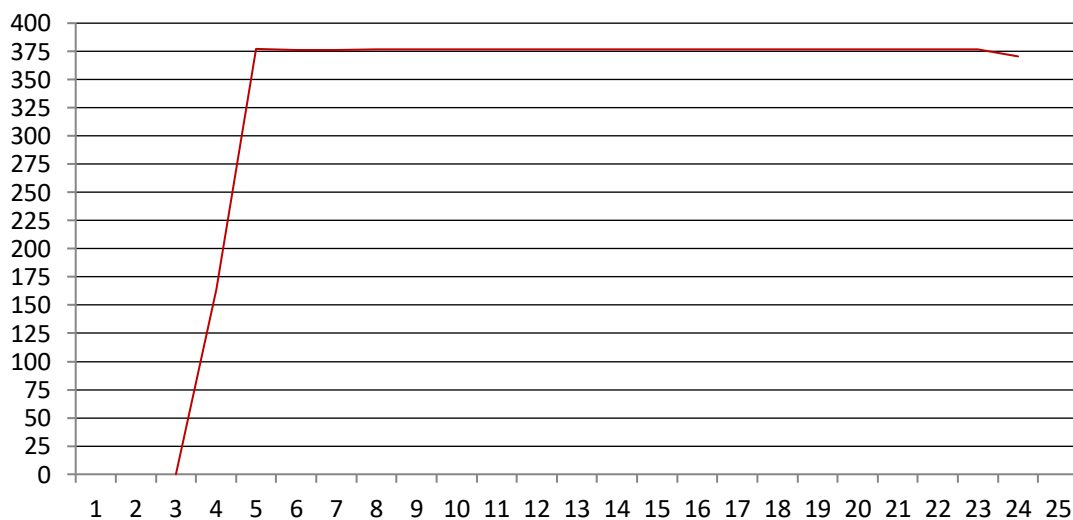
Dans notre simulation nous avons obtenu une puissance de sortie de la turbine à gaz égale à 257 MW

Et une puissance de sortie de la turbine à vapeur égale à 119,4 MW

La puissance totale d'un bloque dans la centrale à cycle combinée égale à 376.6 MW

Alors à puissance totale de toute la centrale égale à 1129,3 MW

- Graphe de puissance du bloque

Puissance du bloque en (MW)

Nous avons constaté une différence de la puissance de sortie égale à 1 MW entre la puissance de sortie obtenu par notre simulation et celle enregistré au niveau de la centrale.

Ces différences est dues au fait que les données que nous avons introduises dans le programme sont celles qui sont en place, et la centrale n'atteint ce niveau de production que

dans des cas exceptionnel et pour des durées très courtes, pour éviter que les composants de la centrale soient endommagé.

Conclusion générale

Conclusion générale

Il est clair que la centrale de Cap-Djinet présente une configuration très complexe, qui fait que l'utilisation d'un logiciel de simulation tel que TRNSYS devient primordial. Il permet d'avoir une vision détaillé de plusieurs donnés techniques au quel l'accès aurait était difficile à l'ingénieur s'il devait pour cela ne s'en remettre qu'à ses propres calculs.

On est arrivé à la conclusion que le fait de combiner les cycles gaz/vapeur est la meilleur solution pour minimiser les pertes de chaleur et améliorer le rendement thermique, cependant cela n'est pas suffisant, car même en combinant ces deux on peut avoir des pertes major de chaleur. Alors la meilleure solution pour un cycle combiné est d'optimiser le HRSG en vue d'avoir la meilleure récupération possible de chaleur cédée par les gaz brulés.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] A. ZOUGHLAMI, S. DAGHBOUDJ, Etude numérique du vrillage des aubes d'une turbine à vapeur axiale, Mémoire master, Université de Tébessa, (2011).
- [2] Bulot, Nicolas. 2010. "Analyse expérimentale et modélisation numérique des mécanismes d'interactions instationnaires à proximité du pompage d'un étage de compresseur centrifuge à fort taux de compression". PhD Thesis, Ecole Centrale de Lyon.
- [2] Cabral, Brian, and Leith Casey Leedom. 1993. "Imaging Vector Fields Using Line Integral Convolution." In *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 263–270. SIGGRAPH '93. New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/166117.166151. <http://doi.acm.org/10.1145/166117.166151>.
- [3] De-Crecy, F. 2013. "Modélisation de La Réponse Forcée Vibratoire D'un Compresseur Pendant Un Cycle de Pompage". PhD Thesis. Ecole Centrale de Lyon, LMFA.
- [4] Delery, Jean. 2009. "Decollement en écoulement tridimensionnel : points singuliers, lignes séparatrices et tourbillons". ONERA, the French Aerospace Lab. <http://www.onera.fr/conferences/decollement3d/>.
- [4] Aurélien Marsan. Analyse et contrôle des écoulements en compresseur centrifuge avec diffuseur aspiré. NROCHUON COMPRESSEUR Autre. Ecole Centrale de Lyon, 2013. Français. NNT : 2013ECDL0018. tel-00965080
- [5] See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/349427427>
- [5] Chapitre I : Définitions et théorie générale des turbomachines Chapitre I : DEFINITIONS ET THEORIE GENERALE DES TURBOMACHINES Chapter · February 2021 CITATIONS 0 READS 72 1 author: Some of the authors of this publication are also working on these related projects: Amélioration des performances des équipements du processus de liquéfaction du gaz naturel View project Formation pédagogique des nouveaux enseignants View project Abdallah HAOUAM Badji Mokhtar - Annaba University
- [6] Fagan, J R; Fleeter, S. Impeller flow field measurements and analysis. *Journal of Turbomachinery*, no 113, pp 670-679, 1991.
- [7] Favelier, T. Couplage de la vélocimétrie par images de particules en deux temps avec la décomposition en modes propres pour la caractérisation d'un écoulement. Ecole Centrale de Lyon, Thèse de doctorat, 2006.

- [8] Fillipenco, V; Deniz, S; Johnston, J; Greitzer, E; Cumpsty, N. Effects of Inlet Flow Field Conditions on the Performance of Centrifugal Compressor Diffusers: Part 1 - Discrete Passage Diffuser. ASME Journal of Turbomachinery, no 122, pp 1-10, 2000.
- [9] J.KRYSINSKY, Turbomachines théories générales, Ed OPU, (1994).
- [10] A. ZOUGHLAMI, S. DAGHBOUDJ, Etude numérique du vrillage des aubes d'une turbine à vapeur axiale, Mémoire master, Université de Tébessa, (2011).
- [11] M. DAAS , S. DAGHBOUDJ , Etude Et Simulation Numérique Des Vibrations Des Poutres Homogènes Application Aux Cas Des Aubes Longues D'une Turbine à Vapeur , Mémoire master, Université de Tébessa, (2013).
- [12] S. DAGHBOUDJ, A. GAHMOSSE, Contribution à l'étude des aubes des turbines à vapeur. Vrillage, Structure & vibration, Thèse de Magister, Université d'Annaba, (1997).
- [13] L. VIVIER, Turbine à vapeur et à gaz, Edition Albin Michel, (1965).
- [14] SITE WEB, <http://www.leander-project.homecall.co.uk/turbines.html>
- [15] N. MEKNASSI, S. DAGHBOUDJ, Contribution à l'étude d'une aube de turbine à vapeur et élaboration d'un logiciel de calcul, Mémoire de fin d'étude Ingénieur, Université de Tébessa, (2001).
- [16] S. DAGHBOUDJ, A. GAHMOSSE, F. FARHI, Simulation numérique de la rigidité à la flexion des aubes vrillées longues et extra longues des turbines à vapeur, ISORAP 2013 (08-10 Mai 2013 Marrakesh, Morocco), (2013).
- [17] S. DAGHBOUDJ, A. GAHMOSSE, Approche numérique pour l'étude de la rigidité à la flexion des aubes vrillées longues et extra longues des turbines à vapeur, 5th Journées d'Etudes Nationales de Mécanique Khenchela (JNEM'2012 30-31 Octobre 2012), (2012).
- [18] S. DAGHBOUDJ, A. GAHMOSSE, F. FARHI, Contribution à la quantification du vrillage des aubes longues et extra-longues de turbines à vapeur, 3th JENM'11 Journées d'Etudes Nationales de Mécanique (Batna 29-30 Novembre 2011), (2011).

- [19]M. Crappe, "Commande et régulation des réseaux électriques," in *Lavoisier*, ed. Paris, 2003.
- [20]A. Davigny, "Participation aux services systèmes de fermes d'éoliennes à vitesse variables intégrant du Stockage Inertiel d'énergie," Formation doctorale en génie électrique, Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, 2007.
- [21]V. Courtecuisse, "Supervision d'une centrale multisources à base d'éoliennes et de stockage d'énergie connectée au réseau électrique," École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 2008.
- [22]L. Stoyanov, "Etude de différentes structures de systèmes hybrides à sources d'énergie renouvelable," Faculté de sciences et Techniques, Université Technique de Sofia, Sofia, 2011.
- [23]I. VECHHIU, "Modélisation et Analyse de L'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome," Laboratoire du Groupe de Recherche en Electrotechnique et Automatique du Havre, HAVRE, HAVRE, 2005.
- [24]T. Zhou, "Commande et supervision énergétique d'un générateur hybride actif éolien, incluant du stockage sous forme hydrogène et des super-condensateurs pour l'intégration dans le système électrique d'un micro réseau," Laboratoire L2EP, Ecole Centrale, Lille, 2009.
- [25]M. Nasser, "Supervision de sources de production d'électricité hybrides éolien/hydraulique dans les réseaux d'énergie interconnectés ou isolés," Ecole doctorale, Arts et Metiers ParisTech, Lille, 2011
- [26] «Panorama énergie-climat: Maîtriser la demande en énergie et promouvoir l'efficacité énergétique,» Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015.
- [27] INSEE, «Bilan énergétique de la France,» Institut national de la statistique et des études économiques, 2014.
- [28] «Panorama énergies-climat: Les importations et les exportations ; la facture énergétique,» Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2013.
- [29] «Production brute et consommation d'électricité,» Institut national de la statistique et des études économiques, 2014.
- [30] R. Bonnefille, «Les réalisations d'Electricité de France concernant l'énergie marémotrice,» *Lahouille blanche*, vol. 2, pp. 87-149, 1976.
- [31] G. Crabtree et N. Lewis, «Solar energy conversion,» *Physics today*, vol. 60, n° 13, pp. 37-42, 2007.

- [32] T. Chow, «A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology,» *Applied energy*, vol. 87,n° %12, pp. 365-379, 2010.
- [33] Bueno, C., Carta, J.A., (2005). Technical–economic analysis of wind-powered pumped hydrostorage systems. Part I: model development. *Solar Energy*, vol. 78, pp. 382-385, 2005.
- [34] Burger, B., Ruther, R., (2005). Site-Dependent System Performance and Optimal Inverter Sizing of
- [35] Grid-Connected PV Systems. 31st IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Orlando – EUA, pp.765-768, 2005.
- [36] Burger, B., Ruther, R., (2006). Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature. *Solar Energy*, vol. 80, pp. 32–45,2006.
- [37] Busquet, S., Leroux, P., Albuissou, M., Gatt, P., Ménard, L., Mayer, D., Metkemeijer, R., (2004). PV/fuel cell hybrid systems performance analysis and possible improvements. 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 7-11 June 2004, Paris, France, pp. 2426-2429, 2004.
- [38] Ressources officielles de la centrale

Annexes

Annexe A :



Annexe B :



Annexe C :



Annexe D :



Annexe E :

