

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables, et des sciences de la terre et de

L'univers

Département forage et mécanique des chantiers pétroliers



Mémoire

MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Science technologie

Spécialité : mécanique des chantiers pétroliers

Présenté par : BISKRI Zouhir

FEDALI Zakarya

HANIECHE Abd elfettah

Thème

Analyse comparative relative au choix entre turbine à gaz et une turbine à vapeur
utilisées dans les installations « GNL »

Soutenu publiquement Le :

20/06/2018

Devant le jury :

Dr mamanou abdelatif

Prés

Dr Chouicha Samira

Exam

Dr Rezaiguia Issam.

Encad

2017/2018

Année Universitaire : 2017 / 2018

Sommaire

<i>Introduction</i>	<i>01</i>
---------------------------	-----------

Chapitre I

Etude de la Partie technologique de TAG et TAV

<i>I.I- Technologie de la turbine à vapeur DSQ2.42:</i>	<i>02</i>
<i>I.I Description de la turbine</i>	<i>02</i>
<i>I.II Chaudière</i>	<i>12</i>
<i>I.III. Compresseur de réfrigération</i>	<i>14</i>
<i>I.IV. Condenseur</i>	<i>15</i>
<i>I.V. Motopompe d'extraction</i>	<i>15</i>
<i>I.VI. Degazeur</i>	<i>15</i>
<i>I.VII. Bache alimentaire</i>	<i>15.</i>
<i>II. Technologie de la turbine à gaz MS 9001E</i>	<i>17</i>
<i>II.1-Présentation de l'installation de turbine à gaz MS 9001E</i>	<i>17</i>
<i>II.2-Principe de fonctionnement:</i>	<i>19</i>
<i>II.4-Section principale d'une TAG:</i>	<i>20</i>
<i>II.4.1-Section compresseur:</i>	<i>20</i>
<i>II.4.2-Section combustion:</i>	<i>21</i>
<i>II.4.3-Section turbine</i>	<i>24</i>
<i>II.4.4. Systèmes auxiliaires principaux:</i>	<i>30</i>

Chapitre II

Etude de maintenance de TAG et TAV

I. Maintenance de la turbine a vapeur DSQ2.42 :	39
<i>I.1.Introduction à la maintenance:</i>	<i>39</i>
<i>I.2.Les fonctions d'un service maintenance:</i>	<i>42</i>
<i>I.3.Maintenance de l'installation turbine à vapeur:</i>	<i>43</i>
<i>I.3.1.La maintenance conditionnelle (inspection en fonctionnement):</i>	<i>43</i>
<i>I.3.2. La maintenance systématique (les inspections programmées):</i>	<i>44</i>
<i>I.3.3Révision d'une turbine à vapeur:</i>	<i>45</i>
<i>I.3.4.Maintenance de la chaudière :</i>	<i>45</i>
II. Maintenance de la turbine à gaz MS 9001E	47
<i>II.1 Caractéristiques des constructions des turbines à gaz et comment celle-ci se reflète sur la maintenance</i>	<i>47</i>
<i>II.2.Facteurs Influençant la maintenance</i>	<i>47</i>
<i>II.3. Types d'inspection</i>	<i>49</i>
<i>II.4.inspection de la machine démontée :</i>	<i>53</i>

Chapitre III

Etude thermodynamique de TAG et TAV

I. L'installation A Vapeur DSQ2.42:	57
<i>I.1 Généralité :.....</i>	<i>57</i>
<i>I.2 calcul Thermodynamique</i>	<i>58</i>

<i>1.2.1 Les paramètres dans les différents points du cycle :</i>	58
<i>1.2.2 schéma de notre installation</i>	59
<i>1.3 Calcul du rendement de l'installation :</i>	56
<i>1.3. Les améliorations apportées au cycle</i>	60
<i>II.1. L'installation à gaz MS9001E</i>	63
<i>II.2. Influence des facteurs extérieurs sur les performances de TAG:</i>	63
<i>II.3. Influence des facteurs intérieurs sur les performances de TAG:</i>	64
<i>II.3.1 calcul thermodynamique TAG MS9001E</i>	67

Chapitre IV

Comparaison enter le perfermanance des TAG MS9001 et TAV DsQ2.42

<i>1-comparaison de point de vue thermodynamique :</i>	71
<i>2-comparaison de point de vue technologique :</i>	72
<i>3. Comparaison du point de vue maintenance:</i>	74

Conclusion

INTRODUCTION GENERALE

Le monde actuel vit un progrès technologique considérable grâce à l'industrie énergétique selon différentes formes (hydraulique, nucléaire, solaire ; thermique, pétrolier). Parmi les machines ayant un rôle primordial dans les domaines d'activité pétrolier, on peut citer les turbomachines.

On dit turbomachine pour toute machine dans laquelle un fluide échange de l'énergie avec une ou plusieurs roues munies des aubes, les turbomachines peuvent avoir pour fonction de faire passer un fluide d'une pression inférieure à une pression supérieure ou encore de lui assurer un accroissement d'énergie cinétique dans ce cas sa rotation absorbe de la puissance et elle constitue une turbomachine réceptrice ; mais dans le cas contraire et si le fluide passe d'un milieu à haute pression vers un milieu à basse pression alors la machine est dite motrice .

Chaque mécanicien doit être en état de choisir des turbomachines selon les exigences technologiques, voilà pourquoi il faut bien connaître les constructions de ces machines, leur principe de fonctionnement, les paramètres principaux, les règles de l'entretien et la base théorique pour prévoir l'état de la machine dans les différentes conditions d'emploi.

Suite à l'incendie au niveau du complexe de GNL de Skikda qui a provoqué des dégâts matériels et humains. Nous nous sommes obligés de recommander un nouveau matériel pour rééquiper les unités détruites par l'incendie, c'est dans ce concept que notre travail s'est dirigé vers l'analyse comparative relative au choix entre turbine à gaz et une turbine à vapeur.

Le choix de la machine dépend de plusieurs paramètres. Le type de puissance disponible détermine les raisons technico-économiques du choix, dans d'autres cas, le coût relatif décide la solution, le bilan de chaleur, la récupération de puissance influencera aussi le choix.

C'est dans ce cadre que cette étude est effectuée pour le choix d'une solution dans la finalité d'optimiser la durée de vie, la disponibilité et le coût de maintenance dans lesquels les utilisateurs concernent la plus part de leur attention.

Pour ce but nous avons entamés les parties suivantes:

- ❖ Etude technologique de turbine vapeur et turbine à gaz
- ❖ Etude de la particularité de la maintenance d'une turbine à vapeur et turbine à gaz.
- ❖ Etude thermodynamique d'une turbine à vapeur et turbine à gaz.
- ❖ Comparaison entre la performance des TAG MS9001 et TAV DsQ2.42.
- ❖ Conclusion .

O'I-TECNOLOGOQUE DE TAV DSQ2.42:**I.I- Description de la turbineTAV DSQ2.42:**

La turbine DSQ2.42 de 73.5/78,2 Mw est un groupe monobloc. Elle est construite suivant le procédé Brown Boveri, Son ailettage est du type combiné à action et à réaction Elle se compose essentiellement des pièces suivantes:

1°) Enveloppe de la turbine:

En 2 parties démontables assemblées suivant un plan horizontal passant par l'axe de la machine. l'étanchéité entre les deux demis - cylindres étant assurée, sans garnitures par un contact métal sur métal des brides au moyen de goujons, en acier spécial. Chacune des deux parties supérieure et inférieure du cylindre est, elle-même constituée d'une partie HP en acier, coulé soudable et d'une partie BP en fonte, les parties HP et BP étant assemblées suivant un plan vertical par des brides boulonnées; cette liaison étant faite d'une manière définitive.

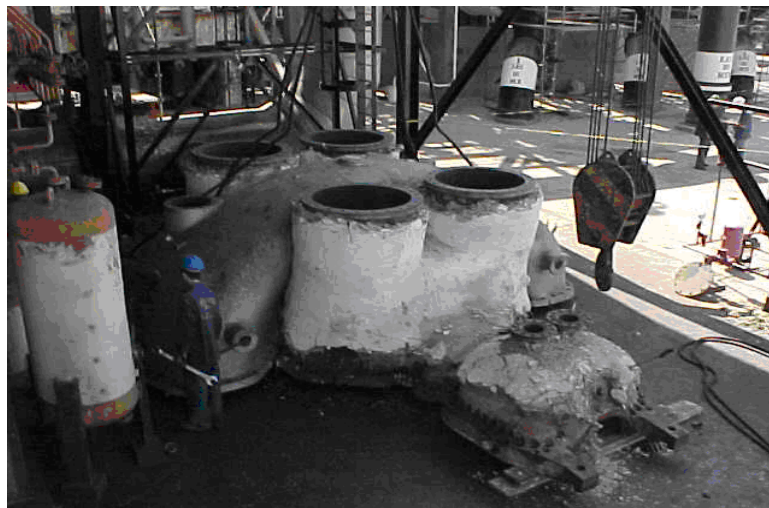


Figure 1 : vue réel d'enveloppe de la turbine.

2°) L'arbre de la turbine :

En acier forgé est constitué de 7 tronçons soudés à leur périphérie. Il comprend une roue double à action suivie de 19 rangées mobiles. La poussée résultant de l'ailettage à réaction est en grande partie, équilibrée au moyen d'un tambour d'équilibrage à segments effaçables portée par une chemise, à deux étages placé à l'arrière de la roue à action, la poussée résiduelle étant absorbée par le palier de butée. Un accouplement rigide relie l'arbre turbine à l'arbre du compresseur du côté opposé le bout d'arbre reçoit le mécanisme d'embrayage du vireur, le pignon d'entraînement de la distribution et le régulateur de sûreté.

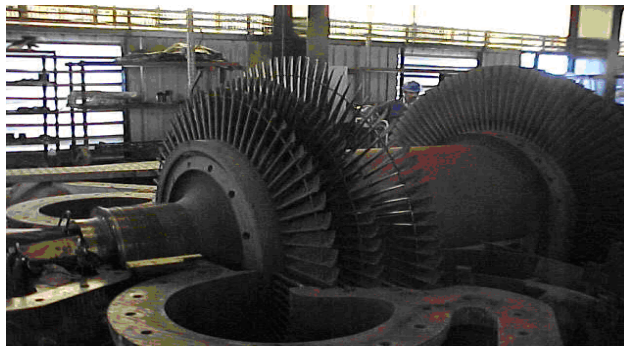


Figure 2 :vue réel d'un arbre de la turbine.

3°) l'ailettage:II se compose de :

- Tuyères HP;
- Ailettage action HP (constitué par 2 rangés d'ailettes mobiles et un rangé d'ailettes fixes)
- Ailettage réaction HP
- Ailettage réaction BP.

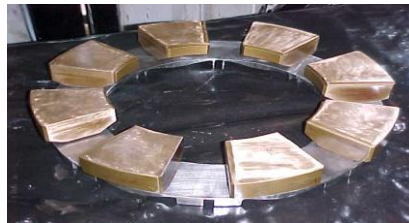
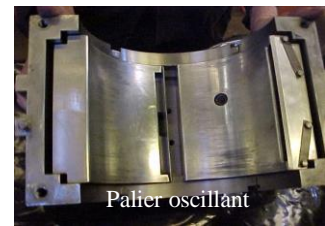
4°) Paliers et coussinets:

La turbine comporte 2 paliers:

- ❖ Un palier AV n°I côté échappement. II renferme le mécanisme du vireur et porte la distribution.
- ❖ palier de butée n°2. côté compresseur. II enferme la butée et porte l'appareil de mesure de déplacement de l'arbre.

L'arbre turbine repose sur 2 coussinets à poches à graissage par huile sous pression;

- Le coussinet I: est situé dans le palier I est simplement porteur du type à poches.
- Le coussinet II: est situé dans le palier II est du même type que le précédent.
- Le coussinet III: situé également dans le palier II, est un coussinet de butés.



Palier de buté

Figure3 : Vue réel des paliers de turbine.

5°) Vireur d'arbre:

Dans une turbine à l'arrêt dont les arbres et cylindres sont encore chauds, il se produit des courants de convection. La vapeur chaude monte, tandis que le froid descend. L'arbre et le cylindre prennent la température de la vapeur et se déforme en conséquence. Lors d'une remise en service dans les conditions de constructeur, l'arbre de la turbine vibre et peut, dans certains cas, frotter soit dans l'ailette soit aux boîtes étanches.

Pour parer aux inconvénients d'une répartition inégale de la température à l'arrêt de la turbine, et de ce fait à une déformation de l'arbre et du cylindre, il faut virer l'arbre d'une vitesse de 20 à 100 tours/min jusqu'à la prochaine mise en service, ou jusqu'à ce que la turbine soit froide (température inférieure à 150 °C) selon les conditions de constructeur.

L'emploi du vireur d'arbre lors de la mise en service présente un certain avantage, car pour éviter l'air du condenseur, il faut donner de la vapeur de barrage aux boîtes étanches. L'arbre en tournant permet d'éviter un échauffement irrégulier des parties situées aux boîtes étanches et de ce fait, élimine toute excentricité.

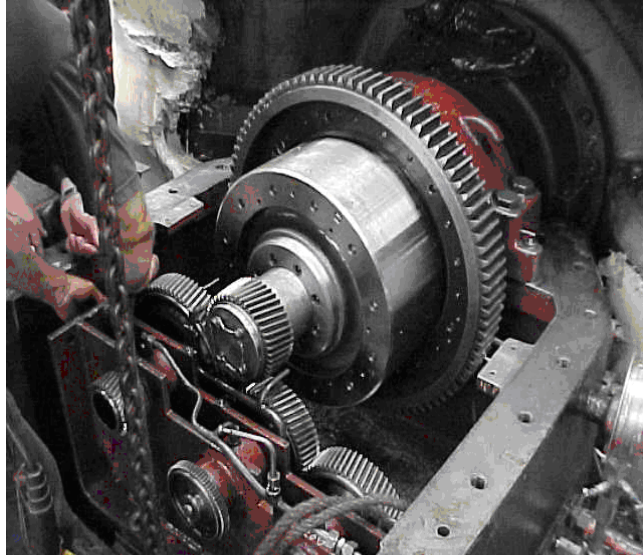


Figure 4: vue réel d'un Vireur d'arbre.

6°) Circuits d'huile:



Figure 5 : Vue réel de surcuits de huile de lubrification.

1. Système d'huile de réglage:**1.1. Pompes d'huile**

- Pompe principale: entraînée par l'arbre de la turbine par l'intermédiaire de l'engrenage, La pompe ne fournit de l'huile que lorsque la turbine est en marche.

- Pompe auxiliaire: entraînée par le moteur électrique à courant alternatif.

La pompe fournit l'huile lors des périodes de démarrage et de ralentissement du groupe.

1.2. Réglage de la pression d'huile:

La pression d'huile de réglage, refoulée par les pompes principales et auxiliaire est de 5 bars eff. La pression d'huile est maintenue constante à l'aide de la soupape régulatrice de pression. L'huile débordante s'écoule vers le réservoir d'huile.

1.3. Consommateurs d'huile:

- ✓ Régulateur de vitesse de la turbine;
- ✓ Dispositif de démarrage Dispositif de sécurité de survitesse et Vannes d'arrêt principales;
- ✓ Soupapes de réglage;
- ✓ Régulateur anti -pompage;
- ✓ Convertisseur pneumatique- hydraulique et positionneur d'angle d'ouverture des ailettes directrices;
- ✓ Electrovanes;
- ✓ Limiteur de puissance.

2. Système d'huile de lubrification:**2.1 Pompes:**

L'huile nécessaire à la lubrification des paliers est délivrée par les mêmes pompes que l'huile de réglage (pompe principale et une auxiliaire). De plus, la pompe de secours est prévue, sauvegardant la réfrigération des paliers en cas de défaillance de l'alimentation en courant électrique de la pompe auxiliaire d'huile.

2.2 Réglage de la pression d'huile:

La pression d'huile de lubrification exigée est de 1,5 bars eff. Le diaphragme réduit la pression de refoulement des pompes, qui est de 5 bars eff., à 1,5 bars. La pompe de secours ne refoule qu'une pression de 1,5 bars eff. Son débit de refoulement suffit juste à couvrir la

consommation d'huile des paliers lors de l'arrêt du groupe. Pour cette raison, aucun réglage de la pression n'est nécessaire.

2.3 Réfrigération et filtration:

L'huile de lubrification, refoulée par les pompes principale et auxiliaire est refroidie dans les réfrigérants.

Ceux-ci sont arrangés en parallèle et chacun dimensionné pour le plein débit d'huile. Ils peuvent être mis en service alternativement, celui hors service pouvant être démonté et nettoyé sans interruption de marche du compresseur,

La température de sortie d'huile est maintenue constante entre 40 - 45 ° C au moyen de la vanne régulatrice de température (Vanne de réglage AMONT). La température est réglée en ouvrant une conduite de by-pass autour du réfrigérant lorsque la température d'huile est trop basse et en fermant le by-pass lorsqu'elle est trop élevée.

Après le refroidissement, l'huile est filtré dans le filtre commutable. Chacun des deux inserts de filtrage est dimensionné pour le plein débit d'huile. Les filtres peuvent être démontés et nettoyés sans interruption de marche du compresseur.

2.4. Consommateurs d'huile:

Après filtration, l'huile est distribuée aux consommateurs suivants:

- ✓ ; Engrenages d'entraînement du régulateur de vitesse et du tachymètre;
- ✓ palier combiné porteur et buté HP de la turbine;
- ✓ palier porteur BP de la turbine et vireur;
- ✓ palier porteur à l'aspiration du compresseur;
- ✓ palier porteur au refoulement du compresseur

L'huile sortant des paliers s'écoule vers le réservoir d'huile.

De plus, les appareils suivants sont raccordés au système d'huile de lubrification:

- ✓ sécurité de survitesse;
- ✓ relais de déclenchement d'arrêt;
- ✓ électrovanne de déclenchement d'arrêt;

L'huile nécessitée par ces consommateurs est branchée en amont du réfrigérant d'huile et passe par le diaphragme.

L'huile utilisée pour le sou levage des rotors est également livrée à partir système de lubrification. Les pompes de sou levage et l'aspirent en aval du réfrigérant d'huile, à travers la vanne.

Le relais d'arrêt entre en action lorsqu'un des dispositifs de sécurité exige l'arrêt du groupe. Ce dernier peut être arrêté:

- hydrauliquement, par l'absence de pression d'huile de lubrification électriquement, en ouvrant l'électrovanne.
- manuellement, en détreissant le bouton du relais Les effets de mise à l'arrêt sont les suivants:
 - vannes d'arrêt principales et se ferment (hydrauliquement par l'intermédiaire des amplificateurs de décharge;
 - soupapes de réglage se ferment (hydrauliquement par l'intermédiaire du dispositif de démarrage);
 - aubage du compresseur se ferme (électriquement par l'intermédiaire de l'électrovanne).

3. Système d'huile de force:

3.1. But:

Alimentation en huile des appareils suivants:

- ✓ servomoteurs du réglage des ailettes directrices du compresseur (par l'intermédiaire d'un positionneur);
- ✓ servo- moteur de la vanne anti pompage (par l'intermédiaire du positionneur);
- ✓ servo- moteur de la vanne de by-pass chaud (par l'intermédiaire du positionneur).

3.2. Pompes:

- ❖ Pompe principale, entraînée par le moteur électrique à courant alternatif.
- ❖ Pompe de réserve, entraînée par le moteur électrique à courant alternatif.

Les pompes et les moteurs sont de construction identique. Dans les conditions usuelles de marche, seulement une des pompes est en service Les servo - moteurs travaillent avec une pression d'huile comme suit:

- ✓ Servomoteurs du réglage des ailettes 70 bar eff
- ✓ Servomoteur de la vanne anti pompage 25 bar eff.
- ✓ Servomoteur de la vanne de by-pass chaud 25 bar eff.

Afin d'avoir une réserve suffisante de pression, la capacité du système d'huile de force est dimensionnée selon les servomoteurs de commande des ailettes. Ceux-ci demandent le maximum de la pression d'huile et le système permet une pleine course des servomoteurs toutes les 30 secondes. La course totale de servomoteur peut être parcourue en 5 secondes. L'alimentation en huile, exigée pour maintenir les temps mentionnés, est sauvegardée au moyen des accumulateurs de pression.

4. Système d'huile de sou levage:

Avant de démarrer le groupe compresseur, c'est-à-dire avant la mise en marche du vireur, les rotors de la turbine à vapeur et du compresseur doivent être soulevés quelque peu. Ceci pour permettre à l'huile de lubrification de pénétrer entre le rotor et les surfaces portantes des paliers, prévenant ainsi le contact métallique de l'arbre et des paliers avant la mise en rotation des machines.

Le sou levage des rotors est effectué au moyen d'huile à haute pression, refoulée par les pompes à pistons et. Elles possèdent 4 pistons, lesquelles sont relié aux paliers. La pression d'huile déchargée par les pompes s'élève, après le démarrage, à 800 bars eff. environ, après le sou levage, elle s'abaisse à 100 - 200 bars.

Les pompes de sou levage aspirent l'huile du réseau d'huile de lubrification (à travers la vanne). Elle ne peut être mise en marche que lorsque le système d'huile de lubrification est sous pression.

7°) Système de réglage:**1. Généralités:**

Les gaz de refroidissement MCR comprimés par le compresseur, servent à la liquéfaction de gaz naturel. Le compresseur axial, muni d'ailettes directrices -orientables, est entraîné par la turbine à vapeur. Les gaz de refroidissement sont aspirés du récipient d'aspiration, ensuite, comprimés par le compresseur, et refoulés à travers le clapet anti-retour et réfrigérant final au récipient de réception. Le compresseur est équipé d'un dispositif de réglage de débit et d'une régulation anti pompage. La turbine à vapeur est munie d'un réglage de vitesse.

2. Système d'huile:

Un système d'huile commun pour la turbine et le compresseur fournit l'huile nécessaire au réglage et à la lubrification du groupe. Le fonctionnement du système d'huile est décrit en détail sur plan No 4-676 178. Néanmoins, un bref résumé des fournisseurs et des pressions d'huile est répété ci-après, vu le lien étroit entre les systèmes d'huile et de réglage.

2,1. Système d'huile de réglage

Pression:	- 5 bars eff.
Pompes d'huile:	- Pompe principale d'huile.
(Entraînée par l'arbre de la turbine à vapeur	

3. Réglage de vitesse de la turbine :

3.1. Régulateur de vitesse :

Le régulateur de vitesse maintient la vitesse, ajustée au dispositif de changement de vitesse, indépendamment de la charge de la turbine. Le régulateur mesure la vitesse et transmet les valeurs mesurées, sous forme de variations de pression d'huile, aux positionneurs de soupapes de réglage de vapeur. Ces dernières s'ouvrent suivant les impulsions transmises et envoient à la turbine la quantité nécessaire de vapeur pour maintenir constant la vitesse.

3.2 Dispositif de démarrage :

L'action du régulateur de vitesse ne couvre pas le domaine entier de 0 jusqu'à la vitesse maximale. Le régulateur n'entre en fonction que lorsqu'une vitesse minimale,

"la vitesse minimale réglée" est atteinte. Celle-ci est de 80% environ de la vitesse normale de marche. Au-

dessous de cette limite, le régulateur est hors action et l'ouverture de décharge "f" pratiquement fermée.

4. Dispositifs de sécurité de la turbine a vapeur:

Le but des dispositifs de sécurité est d'arrêter la machine en cas de défaut grave. Ils sont entièrement indépendants du système de réglage, stoppant la turbine en cas de nécessité en faisant chuter la pression d'huile dans les conduites, ce qui provoque la fermeture des vannes d'arrêt principales et des soupapes de réglage

La turbine est munie des dispositifs de sécurité suivants:

- ✓ Relais de déclenchement d'arrêt;
- ✓ Sécurité de survitesse;
- ✓ Vannes d'arrêt principales;

Normalement la turbine est contrôlée par le système de réglage. Les dispositifs de sécurité sont entièrement indépendants de réglage et agissent pour arrêter la machine en cas de défaut est toujours obtenu par baisse de pression d'huile

- ✓ Protection contre les survitesses
- ✓ Protection contre le manque d'huile de graissage
- ✓ Protection contre le manque de vide

- ✓ Protection contre les pousses anormales
- ✓ Protection contre les retours d'eau et de vapeur

5. Surveillance du procédé de démarrage :

Lors du démarrage du compresseur, la zone des vitesses critiques de 1100 tr / mn jusqu'à 2700 tr / mn doit être parcourue en un laps de temps prescrit. Ceci signifie que le machiniste, manœuvrant le dispositif de démarrage, doit augmenter la vitesse de manière qu'un gradient de vitesse prescrit (augmentation du nombre des tours relative au laps de temps) soit maintenu. Il est très difficile de maintenir ce gradient sans avoir une aide convenable. Pour faciliter le procédé, un appareil de guidage est prévu, qui doit être observé par le machiniste, il le guide sûrement à travers la zone dangereuse. Cet appareil de surveillance travaille comme suit:

Après avoir préchauffé la turbine à 900 tr / mn environ, on peut continuer à augmenter la vitesse.

Le machiniste manipulant la turbine du dispositif de démarrage doit maintenant observer attentivement l'appareil de guidage, dans lequel une aiguille guideuse commence à marcher dès qu'une vitesse de 1100 tr / mn est atteinte. L'aiguille guideuse reçoit l'impulsion de démarrage du transmetteur et son avancement est ajusté de manière que la moitié inférieure du sone critique, 1100 - 1900 tr/mn, soit parcourue en 60 secondes. Le machiniste doit manipuler

la turbine de façon à ce que l'aiguille guideuse de l'appareil de guidage soit à fleur avec l'aiguille guideuse. A 1900 tr /mn, un point intermédiaire de contrôle est atteint, au moyen duquel l'action du machiniste est contrôlée. Le groupe s'arrête si l'aiguille guideuse n'est pas rattrapée par l'aiguille guideuse.

Ce procédé continue à travers la moitié supérieure de la zone critique, de 1900 tr /mn à 2700 tr /mn, qui doit également être parcourue en 60 secondes. Le mouvement de l'aiguille guideuse est contrôlé une deuxième fois à 2700 tr /mn et le groupe s'arrête lorsque l'action du machiniste est retardée. Après avoir dépassé 2700 tr / mn. La surveillance est suspendue.

6. Procédés d'arrêt :

Lorsqu'il s'agit d'arrêter le groupe compresseur, l'aubage du compresseur se ferme en 5-8 secondes. Durant ce laps de temps, la vitesse peut s'abaisser en dessous de 2700 tr/mn, qui est la limite inférieure à laquelle le compresseur est admis à marcher, avec l'aubage ouvert de plus de 15 °. En conséquence, il existe un certain danger pour l'aubage de tomber dans le "rotating stall". Ceci ne peut pas être toléré, ou dans des cas exceptionnels seulement. Pour cette raison, le procédé d'arrêt est partagé en deux séquences différentes, suivant d'où provient

le signal d'arrêt;

a) Un signal d'arrêt provenant du processeur provoque un arrêt retardé (ajustable entre 0 et 10 secondes) de la turbine à vapeur, mais incite immédiatement:

- l'ouverture de la vanne anti pompage 88.000 (en agissant sur l'électrovanne.
- l'ouverture de la vanne de by-pass chaud.
- l'ouverture du clapet de by-pass intermédiaire (en agissant sur l'électrovanne.
- la fermeture de l'aubage 12.200 du compresseur à 15 ° (en agissant sur les électrovannes).

Vu ce qui précède, il ressort que premièrement, tous les dispositifs de sécurité, 7 inclus l'aubage, reprennent leurs positions destinées à la protection du compresseur, avant qu'on permette à la turbine à vapeur de baisser la vitesse. De cette manière, toute mise en danger de l'aubage du compresseur est exclue.

b) un signal d'arrêt provenant d'un dispositif de sécurité du compresseur ou de la turbine à vapeur (voir diagrammes cause- effet "Arrêts impératifs) provoque un arrêt urgent.

c'est-à-dire un arrêt immédiat de la turbine à vapeur et l'action simultanée des vannes et de l'aubage du compresseur comme indiqué sous a) .

Dans ce cas, il est impossible de graduer la séquence d'arrêt, du fait que le groupe compresseur doit être arrêté le plus vite possible. On doit: courir le risque que le compresseur tombe éventuellement dans la zone dangereuse, les vannes et l'aubage n'ayant pas encore atteint leur position de sécurité.

I.II. la chaudière:

La chaudière B-102 est une chaudière suspendue à une passe verticale destinée à produire jusqu'à 400 000 kg/h de vapeur dans les conditions de marche continue à 69 bars eff et 482 °C avec une pointe unitaire de 440 000 kg/h.

L'eau arrive à la chaudière, avec son débit mesuré par, sous le contrôle d'un système à trois éléments, en passant par une vanne de réglage.

L'eau d'alimentation circule à travers l'économiseur où elle est préchauffée puis circule dans un condenseur qui produit l'eau de désurchauffe à partir de vapeur saturée piquée au ballon. Elle est enfin envoyée au ballon de vapeur pour circuler à travers le faisceau de tube placé en sortie du foyer, vers le ballon inférieur.

Au cours de la génération de vapeur, les solides auront tendance à se rassembler dans le ballon inférieur. Ils en seront évacués par le ballon de purge.

La vapeur est produite dans les tubes de la chaudière et séparée de l'eau par des séparateurs à cyclone dans le ballon de vapeur. La vapeur passe dans des épurateurs pour être débarrassée de l'eau entraînée, puis passe aux surchauffeurs à travers des rangées de tubes le long de la partie supérieure du ballon.

Les tubes du surchauffeur sont disposés en deux sections dont la première, dans le sens des fumées, est appelée surchauffeur basse température (température vapeur plus basse) située en amont du surchauffeur haute température (température vapeur plus haute).

La température de la vapeur qui quitte le surchauffeur secondaire est réglée par un désurchauffeur qui se trouve dans la tuyauterie de vapeur entre les deux surchauffeurs.

Le désurchauffeur pulvérise l'eau condensée dans la vapeur sous le contrôle de qui mesure la température de la vapeur quittant le surchauffeur primaire. Le point de consigne de ce régulateur est asservi à qui mesure la température de la vapeur qui quitte le surchauffeur secondaire.

A la sortie de la surchauffeur secondaire se trouvent un évent de mise à l'atmosphère, une soupape commandée pour éviter l'ouverture des soupapes de sécurité, puis deux vannes automatiques qui s'ouvrent pour rejeter l'excès de vapeur quand se ferme l'arrivée de vapeur à la turbine du compresseur de réfrigération.

La chaudière est munie de douze brûleurs répartis en trois plans. Un plan est constitué de quatre brûleurs aux quatre coins de la chaudière, dont l'orientation est décalée de quelques degrés par rapport à la diagonale pour permettre une chauffe tangentielle.

L'air de combustion est fourni par un ventilateur entraîné par une turbine.

La chaudière est munie de deux systèmes de purge ; continue et intermittente.

La purge continue est prise au niveau du ballon de vapeur et envoyée dans le ballon de purge de la chaudière. Là, la vapeur détendue est envoyée à l'atmosphère tandis que le reste d'eau est envoyé à l'égout après refroidissement par de l'eau de mer sous contrôle. La purge intermittente prise du collecteur inférieur et du ballon inférieur, est également envoyée à par la ligne commune de drain.

Les tuyauteries de vidange des niveaux du ballon vapeur et du désurchauffeur, la ligne de vapeur surchauffée, l'économiseur et le condenseur d'eau de désurchauffe sont raccordées à la ligne de drain du ballon de purge.

Des échantillons sont prélevés sur la ligne d'eau alimentaire (mesure continue de la

conductivité, pH et O₂) sur le ballon supérieur côté eau (mesure continue de la conductivité et du pH) et côté vapeur ainsi que sur la vapeur surchauffée.

I.III. COMPRESSEUR DE REFRIGERATION :

Le compresseur de réfrigération est une machine à simple corps et treize étages, de type axial, entraîné directement par turbine à vapeur. Le compresseur et la turbine sont décrits en détail dans le manuel opératoire du fabricant.

Au point de calcul, le compresseur fait circuler 1 140 560 Nm³/h. de réfrigérant dans le circuit, avec une pression d'aspiration de 3,01 bars eff. et une pression de refoulement d'environ 21,1 bars eff. H fonctionne à une vitesse constante de 3 430 tr/mn. Quelle que soit la charge de réfrigération.

Une caractéristique de ce compresseur est clairement illustrée : le débit massique pour un angle particulier d'aubes de guidage demeure pratiquement constant quand le taux de compression s'élève. Ceci signifie que quel que soit le rapport entre la haute et la basse pression de la boucle.

Le débit massique du réfrigérant ne dépend que de la position de l'aubage de guidage. Le taux de circulation massique du réfrigérant peut donc être contrôlé uniquement par la variation de l'angle de l'aubage de guidage.

Le compresseur est protégé contre le pompage par le régulateur anti pompage, dispositif qui contrôle le taux de compression, le débit massique de réfrigérant et l'angle des aubes de guidages. Ce régulateur ouvre la vanne avant qu'il y ait risque de pompage. Cette vanne raccorde la ligne d'évacuation du réfrigérant gazeux en tête de au ballon d'aspiration de réfrigérant par l'intermédiaire d'une tuyauterie 36" et tend ainsi à égaliser les pressions entre les côtés haute et basse pressions du circuit, abaissant le taux de compression par rapport au point de pompage.

Le tuyau de raccordement 36" s'appelle le by-pass de débit minimum, ou "recyclage froid".

Un clapet anti-retour sur le refoulement du compresseur le protège contre les retours de flux de réfrigérant du côté haute pression du circuit vers le côté basse pression du circuit en cas de déclenchement de la turbine. De plus, un by-pass de 48" de diamètre est prévu entre la tuyauterie de refoulement du compresseur et le ballon d'aspiration de réfrigérant. On désigne ce by-pass par l'expression "By-pass d'égalisation de pression" ou "recyclage chaud". Une vanne sur la ligne est ouverte par le système de déclenchement de la turbine. Cela permet donc aux

pressions des deux côtés du circuit de s'équilibrer sans retour de flux de réfrigérant dans le compresseur.

I.IV. condenseur :

Cette appareil et de type CEM, par surface, à un seul parcours, il est fixé régiment au sol. Il comporte:

- ✓ Deux boites à eau;
- ✓ Deux plaques tubulaires;
- ✓ Un faisceau tubulaire;
- ✓ Un corps vapeur.

I.V. motopompe d'extraction:

Deux pompes entraînées par deux moteurs électriques elles sont réalisées avec corps en fonte, roue en fonte et arbre en acier. Les paliers sont équipés des roulements à billes.

La puissance de chaque pompe est de 150 KW.

I.VI. dégazeur:

Du type CEM, verticale à pulvérisation, il est constitué d'une enveloppe en tôle d'acier soudée, fermée par deux fonds bombés un rayon de carré.

La chambre d'eau, à la sortie supérieure, supporte une colonne de pulvérisation composée d'un empilage de couronnes et d'anneaux élastiques en acier inoxydable, maintenu par un ressort antagoniste assurant une fine pulvérisation de l'eau quel que soit le débit.

La virole est protégée dans la zone de pulvérisation par une tôle doublant en acier inoxydable.

La vapeur arrivé dans la partie centrale par un tore, une partie du débit est envoyé à la partie inférieure par des tubes convenablement dimensionnés.

Des crépines en acier inoxydable placé au-dessous du tore, assurent la finition du dégazage.

I.VII. bêche alimentaire:

Du type horizontal, elle est réalisée entièrement en tôle d'acier soudée et est fermée par de fond bombés à grand rayon de carre.

Elle et renforcée par des anneaux intérieurs et repose sur 3 pattes. Supports dont deux mobiles sur rouleaux les tubulures de sortie d'eau dégazée sont équipées de dispositif anti vortex.

I.VII. les pompes alimentaires:

C'est une pompe centrifuge entraînée par une turbine à vapeur à contre pression. Qui alimente la chaudière à partir de la bêche alimentaire, l'eau est refoulée à une pression de 69 bars avec un débit de 375 m³/h.

Une pompe de secours (en virage) de mêmes caractéristiques est installée en parallèle avec la pompe principale.

II.PARTIE TECHNOLOGIQUE DE TAG 9E :

II. 1-Définition des turbines à gaz 9E :

La turbine à gaz est un moteur à combustion interne de tous les points de vue. Elle peut être considérée comme un système autosuffisant. En effet, elle prend et comprime l'air atmosphérique dans son propre compresseur, augmente la puissance énergétique de l'air dans sa chambre de combustion et convertie cette puissance en énergie mécanique utile pendant les processus de détente qui a lieu dans la section turbine. L'énergie mécanique qui en résulte est transmise par l'intermédiaire d'un accouplement à une machine réceptrice, qui produit la puissance utile pour le processus industriel.

Elle joue un rôle de : Production d'électricité, Production combine chaleur-force, Pompage et compression.

II.2-Présentation de la turbine à gaz 9E:

La turbine à gaz comporte :

- ❖ Un compresseur 9E axial de 17 étages ;
- ❖ Trois roues de détente.

Donc c'est une turbine à gaz à une seule ligne d'arbre et qui tourne à une vitesse nominale de 3000 rpm

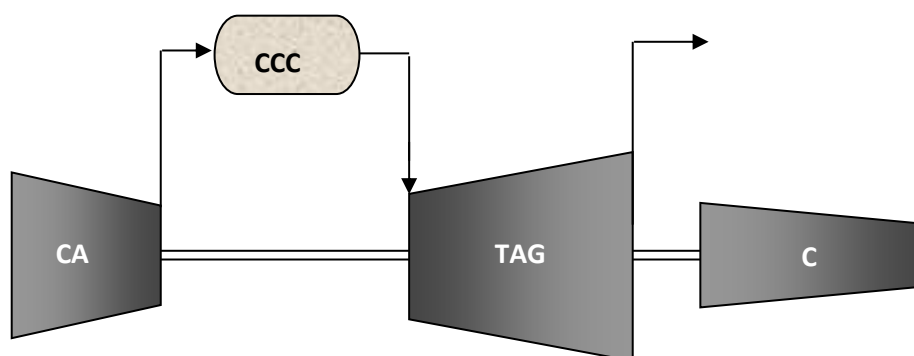


Figure 6 : schéma technique du comportement d'un TAG.

CA : compresseur axial;

CC : chambre de combustion;

TAG : turbine haute pression;

C : charge.

Marque	GENERALE ELECTRIQUE
- Fabricant	NUOVO PIGNONE
- Série du model	MS 9001E
- Cycle	Simple
- Rotation de l'arbre	sens inverse des aiguilles d'une montre
- Type de fonctionnement	Continu
- Vitesse de l'arbre	3000 tr/min
- Commande	MARK V
- Température à l'échappement	560°C
- Débit carburant	5.77 kg/s
- Système de démarrage	Moteur électrique
- Rendement thermique	≈ 33%
- Atténuation du bruit	silencieux d'admission et d'échappement selon les exigences locales
Section du compresseur :	
- Nb des étages du compresseur axial	17
- Type du compresseur	flux axial industriel, variable ;
- Plan de joint	.bride horizontale ;
- Type d'aubes directrices d'entrée	variable
- Pression à l'admission	1 bar
- Pression de refoulement	7 bars
Section de la turbine :	
- Nombre des étages de la turbine	03
- Plan de joint	bride horizontale ;
- Directrice du premier étage	fixe
- Directrice du deuxième étage	fixe
- Directrice du troisième étage	fixe
Section de combustion :	
- Type	14 multiples foyers, types à flux inverses
- Configuration des chambres	concentrique autour du compresseur
- Combustible	Gaz naturel
- Bougies d'allumage	02 , types à électrodes à ressort, auto rétractant;
- Détecteur de flamme	04 , type ultraviolet ;
Ensemble paliers :	
- Quantité	04
- Lubrification	sous pression ;

Tableau 1 : les propriétés de turbine à gaz 9001 E

II.3-Principe de fonctionnement:

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

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

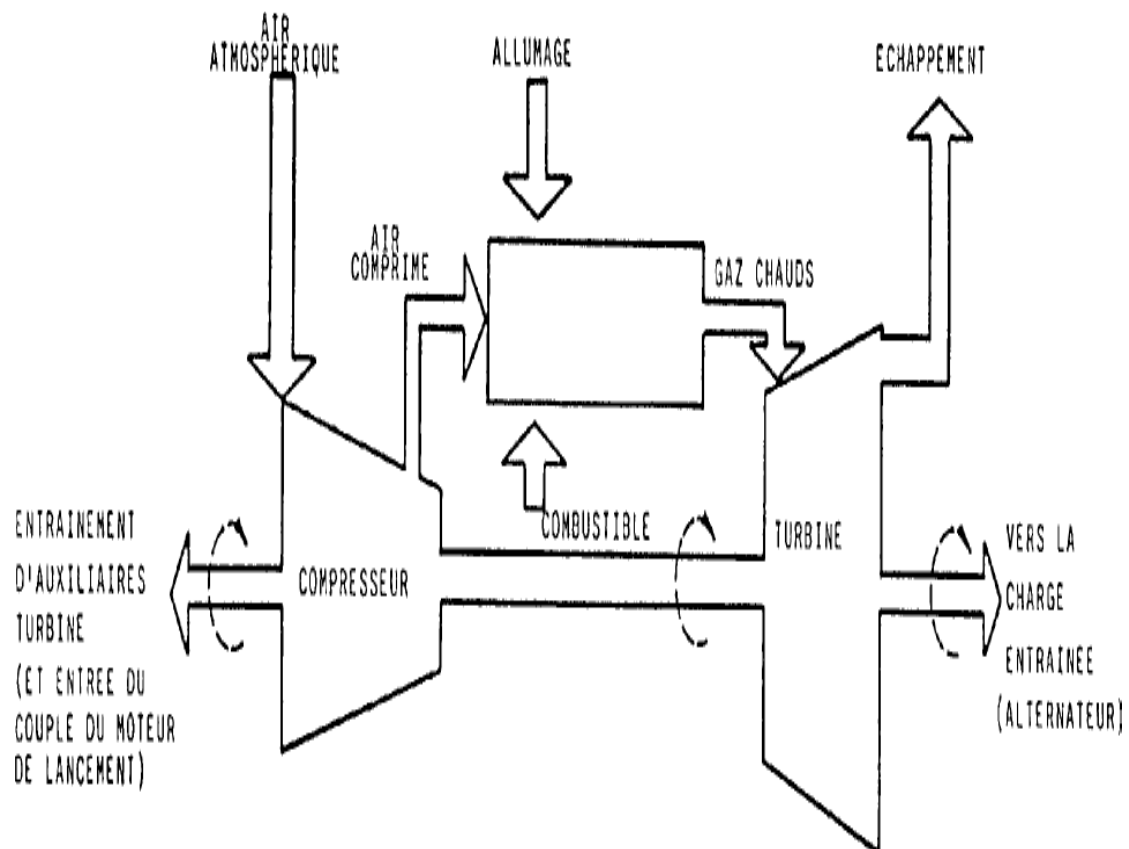


Figure 7 : schéma technique de passage de gaz dans la turbine.

II.4-Section principale d'une TAG:

II.4.1-Section compresseur:

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

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

Les aubes du rotor sont insérées dans des rainures et maintenues dans une position axiale par l'empilage et le bouclage au bout des rainures. Les disques et le demi-arbre sont assemblés pour maintenir la conicité, ils sont maintenus par des tirants.

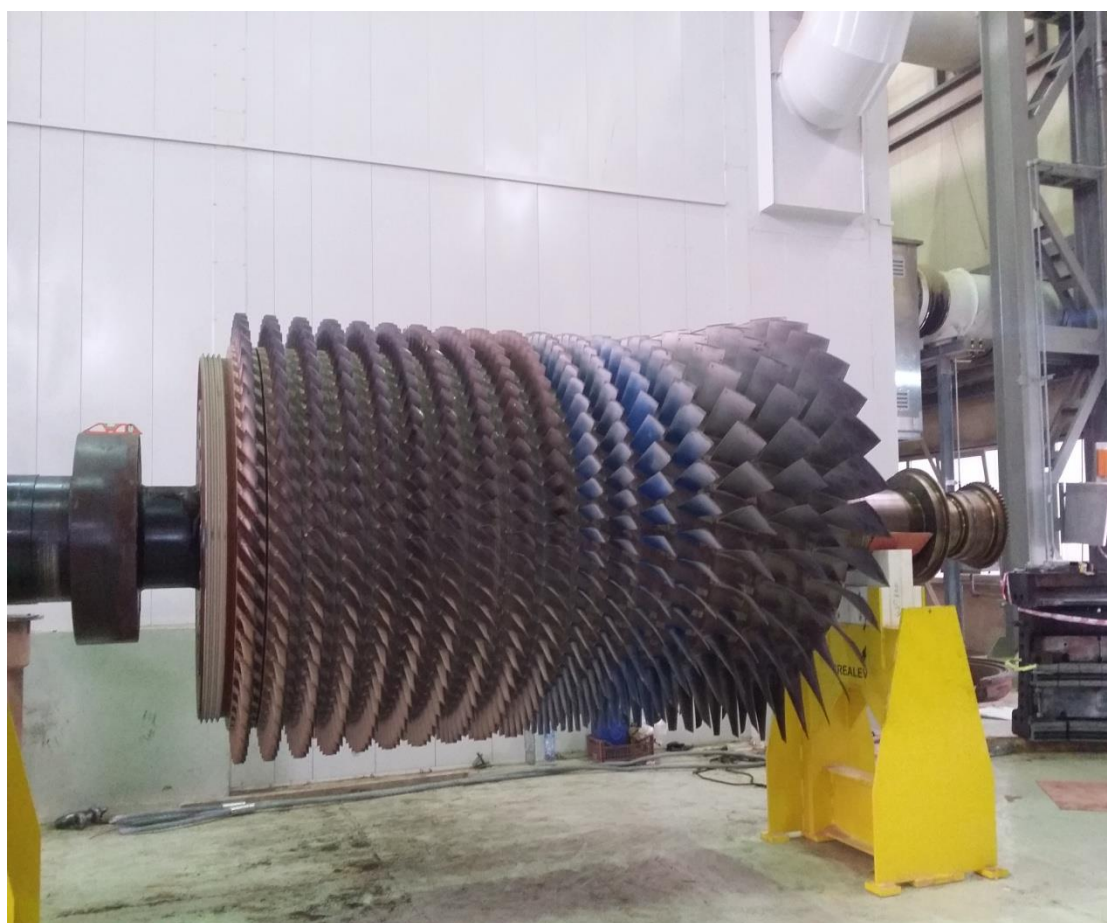


Figure 8 : Vue réel de compresseur de turbine à gaz 9E.

Dans la section compresseur la partie stator (corps du compresseur) est composée de quatre éléments principaux qui sont:

- ❖ Corps coté aspiration du compresseur.
- ❖ Corps partie avant du compresseur.
- ❖ Corps partie arrière du compresseur.
- ❖ Corps du compresseur coté refoulement.

II.4.2-Section combustion:

Le système de combustion est du type "à flux inversé" et se compose de 14 chambres de combustion équipées des composants suivants :

Tubes de flamme, enveloppes intermédiaires (flow-sleeve), pièces de transition et tubes d'interconnexion, Bougies, détecteurs de flamme et injecteurs de combustible.

Dans un système à flux inversé, l'air en sortie du compresseur passe autour des pièces de transition pour pénétrer ensuite dans l'espace annulaire entourant chacun des 14 tubes de flamme.

L'air comprimé qui entoure le tube de flamme, passe radialement à travers la cloison de celui-ci par des séries de petits trous, et vient heurter des bagues soudées sur la cloison interne du tube de flamme. Ces bagues ou anneaux sont utilisés pour diriger l'air le long de la paroi interne du tube de flamme et former ainsi un film qui protège la cloison interne du tube des gaz de combustion brûlants. Le combustible est introduit dans chaque chambre de combustion par un injecteur.

Les chambres sont numérotées dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en partant du point haut de la turbine et en regardant vers l'échappement. La chambre supérieure porte le numéro 14.

Les 14 chambres de combustion sont reliées entre elles par des tubes d'interconnexion dont le but est de propager la flamme aux autres chambres non encore allumées, à partir de l'une des deux chambres équipées de bougie. Les emplacements des bougies et des détecteurs de flamme sont représentés sur la figure page suivante.

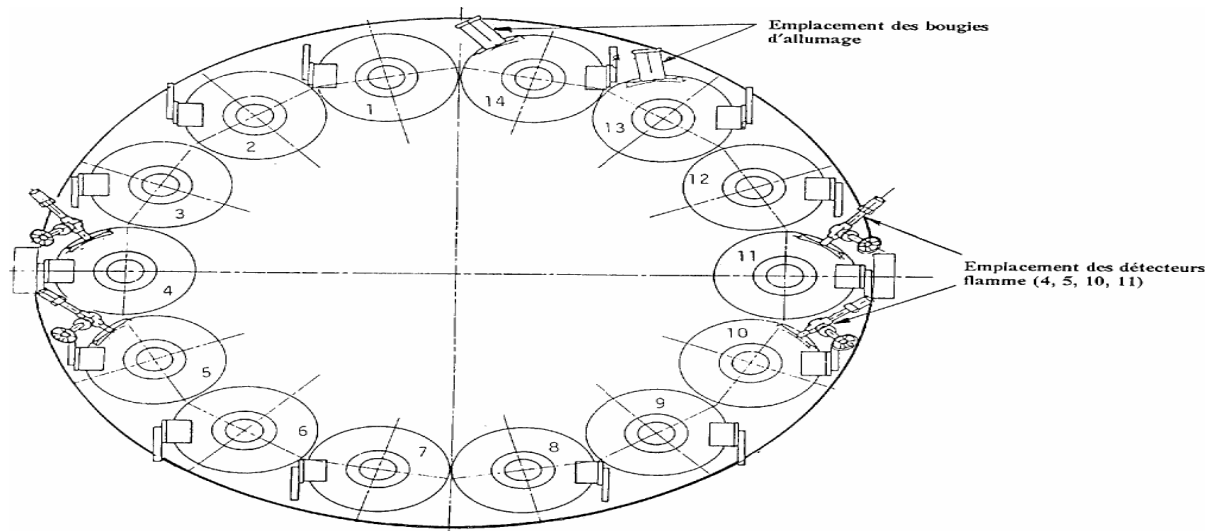


Figure 9 : Vue de puisé compartiment des auxiliaires.

❖ **Chambre de combustion:**

Il constitue une enveloppe dirigeant l'air sortie compresseur vers chacune des 14 chambres de combustion inclinées. L'air, sortant du compresseur axial, est dirigé vers les 14 chambres de combustion. Il est fixé au corps d'échappement compresseur et au corps turbine.

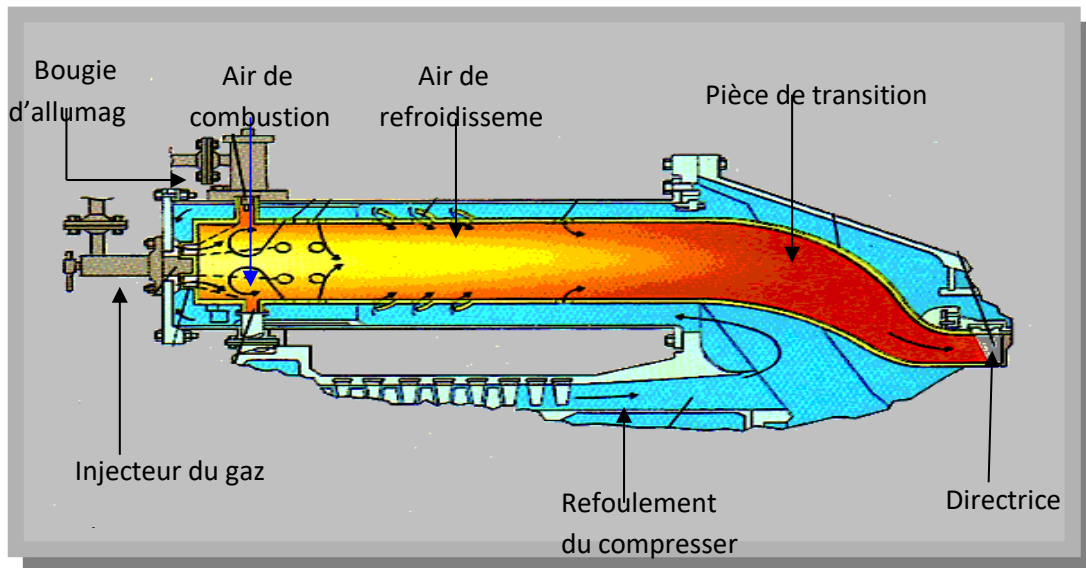


Figure 10 : Schéma technique de la chambre de combustion

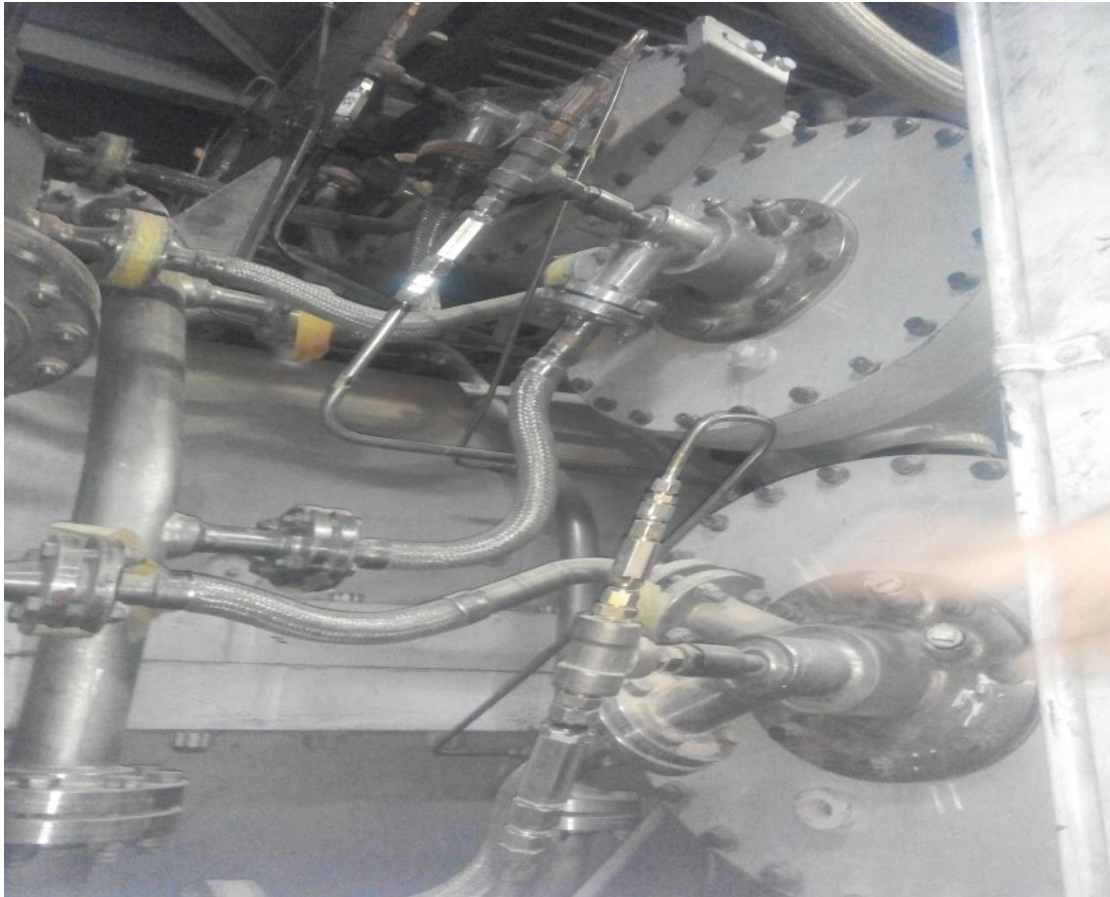


Figure 11 : Vue réel de Chapeau de chambre de la combustion 9E.

❖ **rôle de la chambre de combustion :**

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

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

❖ Les organes de chambre de la combustion :

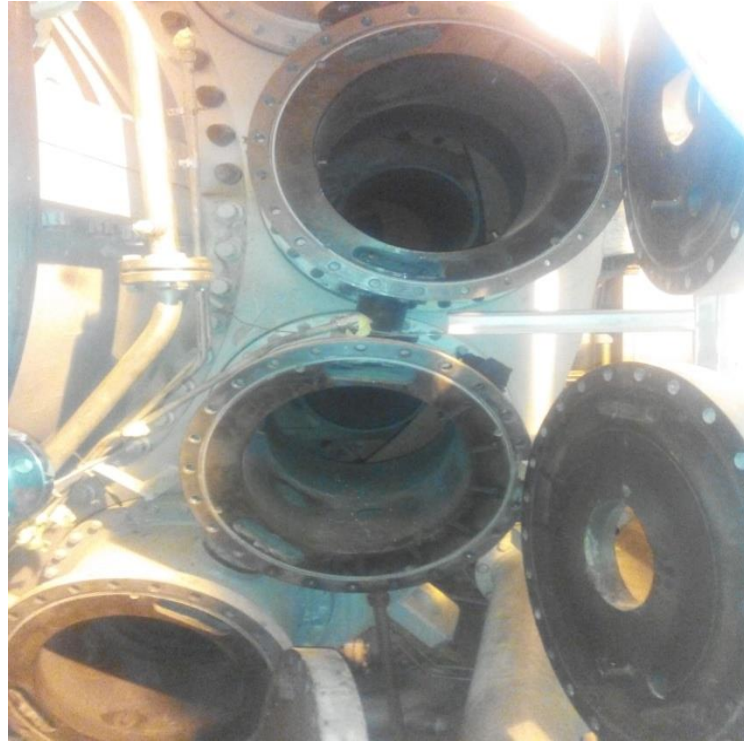


Figure 12 : Vue réel de la chambre de combustion démonte 9E.



Figure 13 : Vue réel de chemise 9E.



Figure 14 : Vue réel doublure de Combustion 9E.

Bougies d'allumage :

La combustion est amorcée par l'étincelle à haute tension de deux bougies installées dans des chambres de combustion adjacentes (n° 13 et 14).

Au moment de l'allumage, l'étincelle de l'une ou l'autre de ces bougies allume les gaz de combustion dans l'une ou l'autre des chambres. Les autres chambres sont allumées par propagation de la flamme d'une chambre à l'autre par l'intermédiaire des tubes d'interconnexion reliant entre elles les zones de réaction des différentes chambres.



Figure 15 : Vue de Bougies d'allumage

-DéTECTEURS DE FLAMME :

Dès l'allumage, il est indispensable que l'indication de la présence (ou de l'absence) de flamme soit transmise au système de contrôle. Dans ce but, un système de surveillance de flamme est monté dans quatre chambres de combustion.



Figure 16 : Vue de Détecteurs de flamme

-Pièces de transition :

Les pièces de transition permettent d'acheminer les gaz chauds en provenance des tubes de flamme vers la directrice du premier étage de la turbine. La zone de première directrice est donc divisée en 14 zones égales qui reçoivent les gaz chauds.

Les pièces de transition sont étanches à la fois au niveau des cloisons internes et externes du côté directrice de façon à réduire les fuites de l'air en provenance du compresseur au niveau de la directrice.



Figure 17 : Vue réel pièces de transition.

II.4.3-Section turbine :

C'est dans la zone des trois étages turbine que l'énergie, sous forme de gaz sous pression produite par le compresseur et le système de combustion, est convertie en énergie mécanique.

Chaque étage turbine se compose d'une directrice et d'une roue avec son aubage. La section turbine comprend le rotor, le corps, les directrices, les segments de

protection, le cadre d'échappement et le diffuseur d'échappement. Le palier n° 3 est situé au centre du cadre d'échappement.

Section turbine

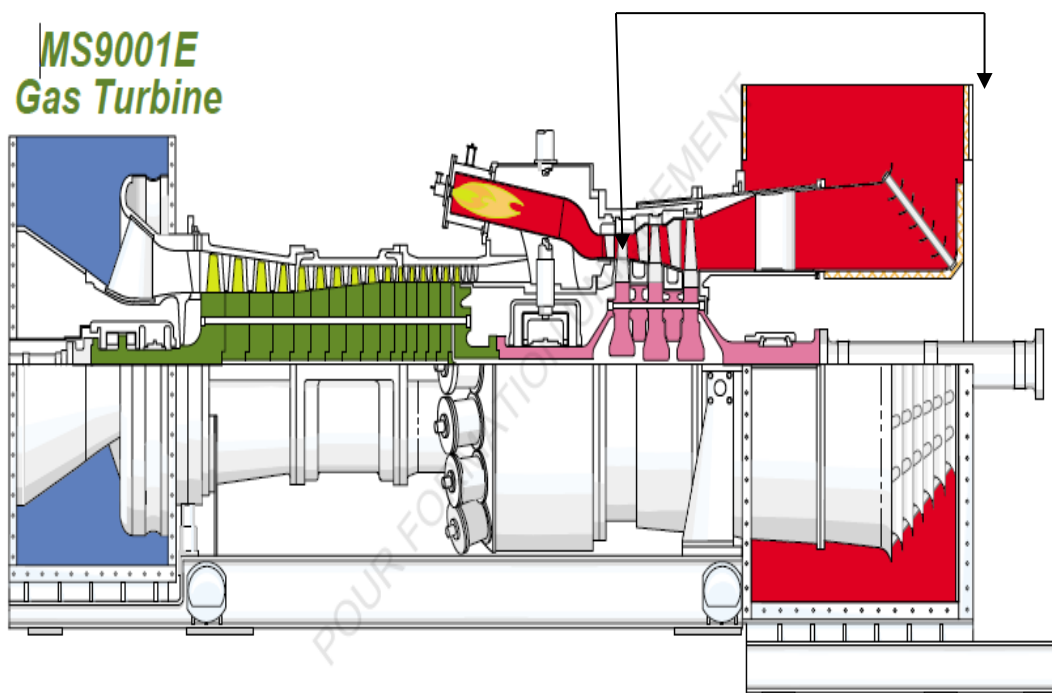


Figure 18 : Schéma technique de turbine à gaz.

- Directrices:

Dans le corps turbine, il y a trois étages de directrices (aubage fixe) dont le rôle est de diriger les gaz de combustion sur les aubes turbine afin de permettre la rotation du rotor. La perte de charge dans les directrices étant élevée, cela nécessite la présence de joints d'étanchéité au niveau des diamètres interne et externe afin d'empêcher toute perte d'énergie par fuites. Les directrices fonctionnant dans une veine de gaz chauds, elles sont sujettes à des contraintes thermiques élevées en plus des contraintes mécaniques dues à la poussée des gaz.

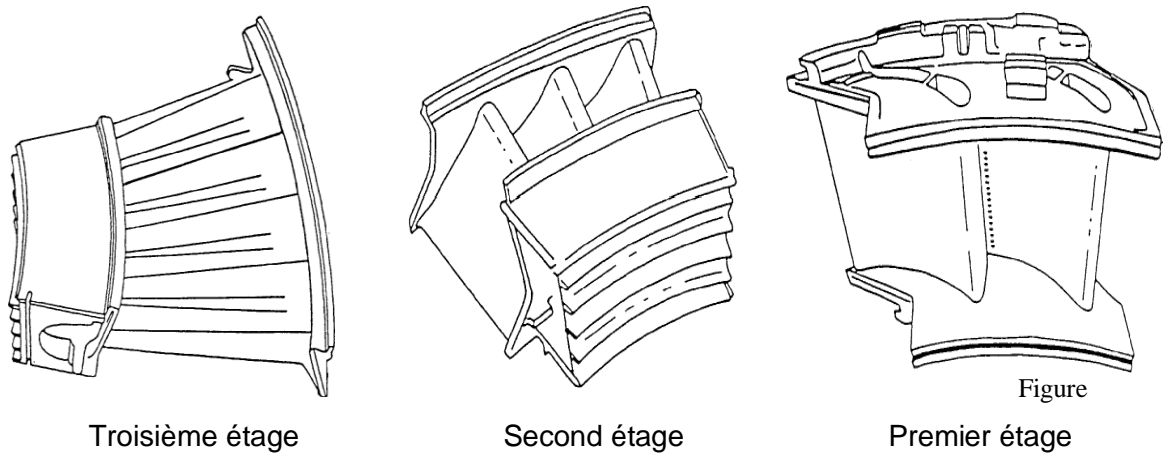


Figure 19 : SEGMENTS DE DIRECTRICES 9E.

-Aubage :1

La dimension des aubes turbine augmente en longueur du 1er au 3ème étage. En raison de la réduction de pression engendrée par la détente dans chaque étage, une zone annulaire plus importante (divergent) est nécessaire pour permettre l'écoulement des gaz ; d'où la dimension croissante des aubes.

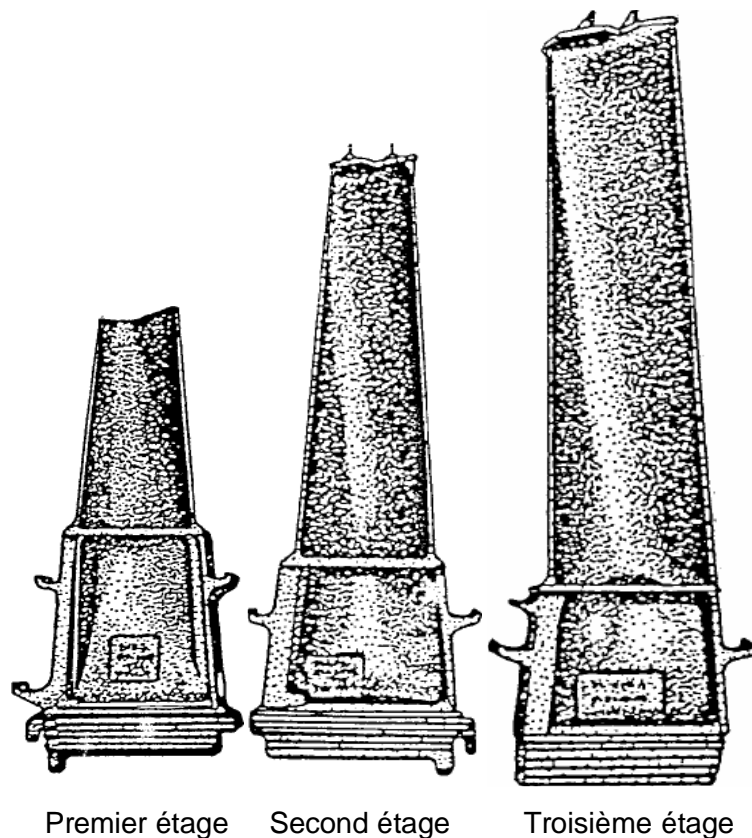


Figure 20 : vue technique Aubes turbine à gaz 9E.



Figure 21 : Vue réel des aubes de turbine à gaz 9E

-Rotor turbine :

L'ensemble du rotor turbine est constitué des 2 arbres d'extrémité AVANT et ARRIERE des 3 disques avec leurs aubes formant les roues turbine et des 2 entretoises inter-disques. Le contrôle de concentricité est effectué sur toutes ces parties. Tout l'ensemble est retenu par des tirants d'assemblage. La position relative, l'un par rapport à l'autre, de chacun des constituants du rotor est définie de manière à minimiser les corrections d'équilibrage après assemblage.

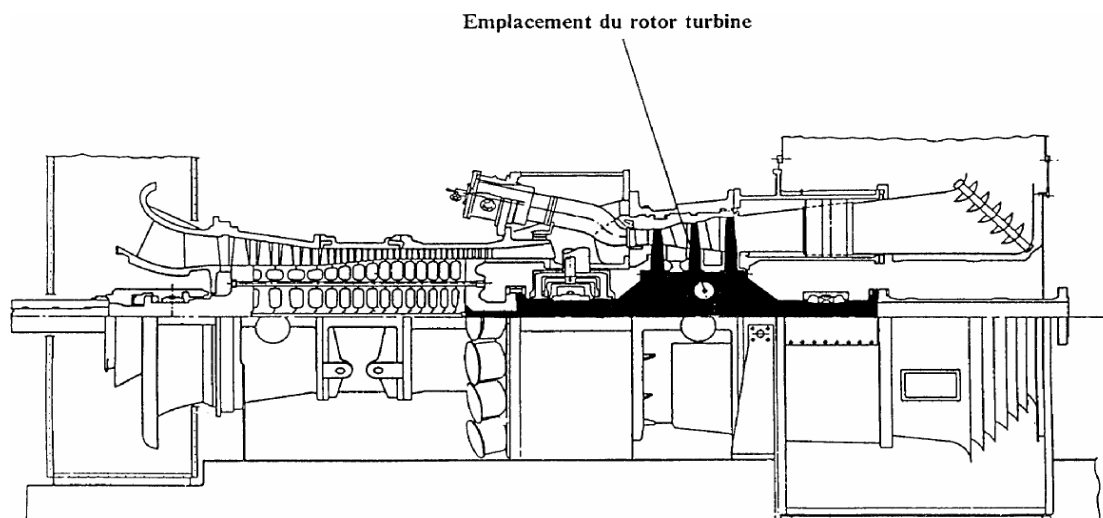


Figure 22 : schéma technique d'emplacement du rotor turbine



Figure 23 : Vue réel de rotor d'une turbine à gaz 9E.

II.4.4. Systèmes auxiliaires principaux:

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

❖ Système d'admission:

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

- Le degré de filtration pour le fonctionnement correcte du compresseur et de la turbine dans les limites des conditions ambiantes existantes de l'installation.
- Un débit d'air régulier vers la section d'admission du compresseur, et donc un fonctionnement fluide - dynamique régulier de ce dernier.

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

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

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

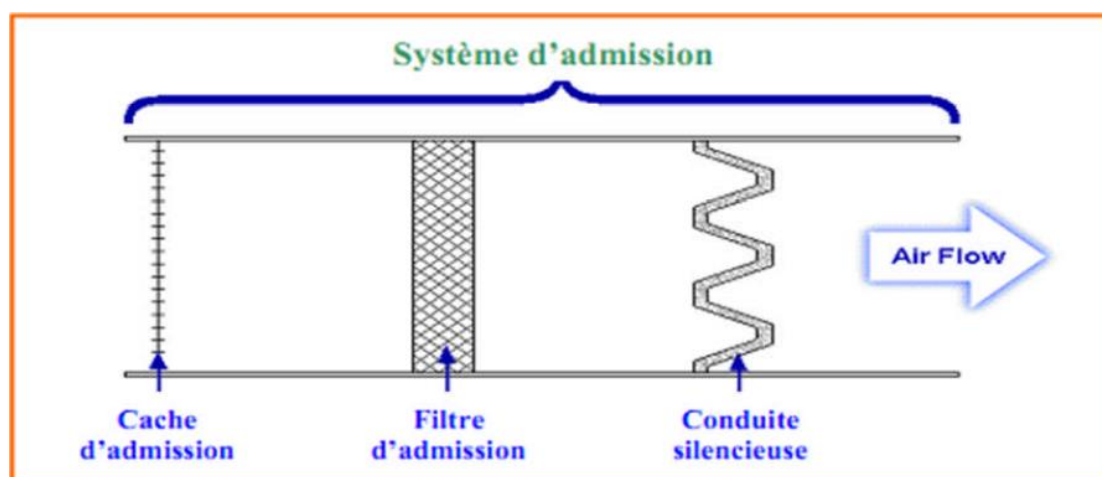


Figure 24 : Schéma technique de Système d'admission, filtre à air.

❖ Système de lancement:

Une turbine de démarrage fait lancer la machine jusqu'à 22% de la vitesse nominale en l'espace d'une minute, elle se stabilise à 20% pendant deux minutes. Le temps d'effectuer le balayage et l'alimentation de notre circuit de gaz, cette phase dure jusqu'à 6 minutes. La température T_{max} à l'échappement est légèrement augmentée, le VCE est égale à zéro, tandis que les aubes de la directrice présente une ouverture de 15° , il convient que les conditions soient vérifiées et la lampe pré allumage soit allumée, dans ce cas on pourra appliquer le signal de démarrage de la turbine, c'est le moment où les bougies d'allumage produisent des étincelles et que le VCE atteint simultanément la valeur d'après chauffage et il reste pendant une minute. A ce moment l'accélération commence, le VCE est appelé à monter selon une rampe préétablie à la température et la vitesse de la turbine relevée jusqu'à 50% de son allure, les aubes de la directrice demeurent en position d'ouverture maximale dans l'intervalle entre 50 et 60% de la

vitesse nominale, l'arbre dégage la turbine de lancement et la turbine à gaz entre dans la phase d'auto maintien ainsi, le VCE et la température diminueront tandis que la vitesse augmente, ainsi la séquence de l'arbre à 50% de la vitesse nominale.

❖ **Système d'échappement:**

La section d'échappement comporte l'ensemble du cadre d'échappement et la chambre d'échappement.

L'ensemble cadre d'échappement est une structure principale faisant partie de la turbine à gaz. Il sert de support aux ensembles suivants:

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

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



Figure 25 : Vue réel de la chambre d'échappement.

❖ **Réducteur:**

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

❖ **Vireur hydraulique:**

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

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

❖ **Système de l'embrayage de lancement:**

(Avec une mâchoire positionnée hydrauliquement – dépassement de course) qui raccorde le convertisseur couple ou la sortie du vireur au boîtier du réducteur des auxiliaires et se désengage lorsque la turbine atteint la vitesse d'auto-sustentation.

❖ **Système de combustible gazeux:**

Le système de combustible gazeux est étudié pour envoyer le combustible gazeux aux chambres de combustion de la turbine à la pression et aux débits appropriés pour satisfaire à toutes les exigences de lancement, accélération et montée en puissance de la turbine.

L'élément principal du système de combustible gazeux est l'ensemble vanne de commande et arrêt/détente gaz situé dans la zone accessoire, Avec cette vanne il y a aussi les serve vannes de commande, les manomètres et la tuyauterie de distribution aux injecteurs de combustible.

❖ **Système d'huile de graissage:**

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

❖ **Pompes d'huile de graissage :**

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

❖ **Système d'alimentation hydraulique:**

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

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

❖ **Système d'huile de contrôle et de déclenchement:**

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

contrôle de la turbine et les composants de la turbine qui laissent entrer ou arrêter le flux du combustible dans la turbine elle-même.

❖ **Système d'air de refroidissement et d'étanchéité:**

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

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

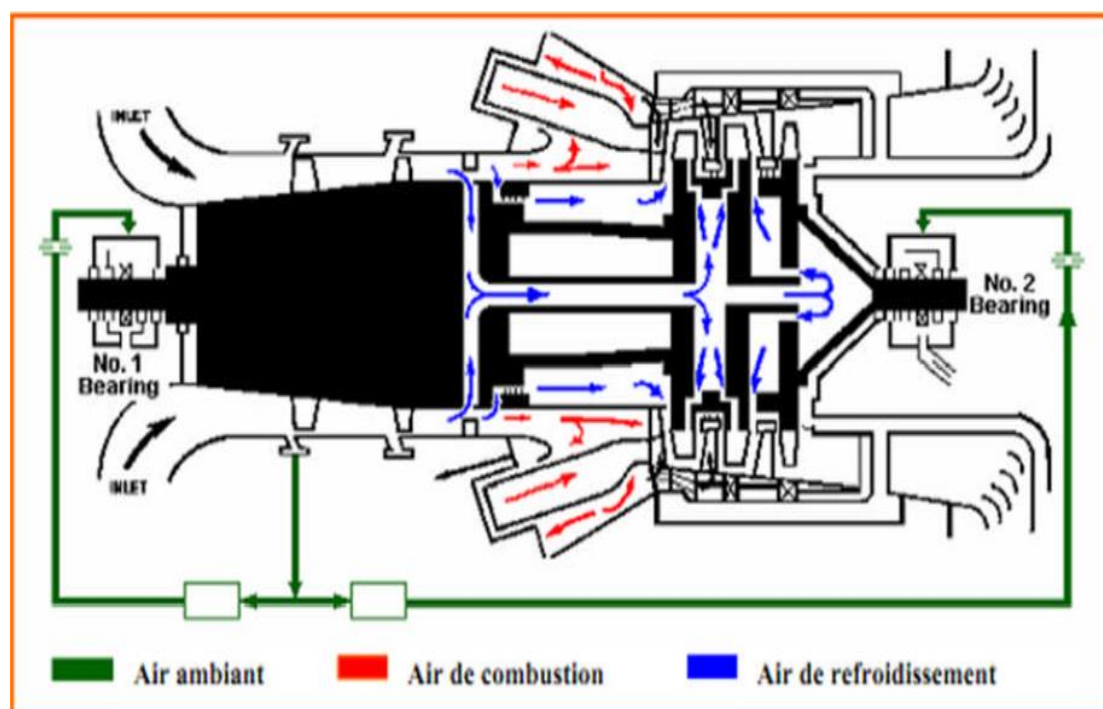


Figure 26 : schéma technique de Circuit d'air d'étanchéité et de refroidissement.

❖ **Système de contrôle, régulation et protection:**

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

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

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

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

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

- ∞ Il contrôle le débit de combustible et le fonctionnement des auxiliaires pendant le démarrage, l'arrêt, l'arrêt d'urgence et le refroidissement.
- ∞ Il synchronise et met sous tension le générateur de réseau.
- ∞ Il contrôle les émissions de combustible et d'échappement pendant le fonctionnement.
- ∞ Il commande tous les systèmes protecteurs en cas des défauts et défaillance.
- ∞ Il enregistre toutes les fonctions de la turbine à gaz et de ses auxiliaires avec mémorisation de l'historique.

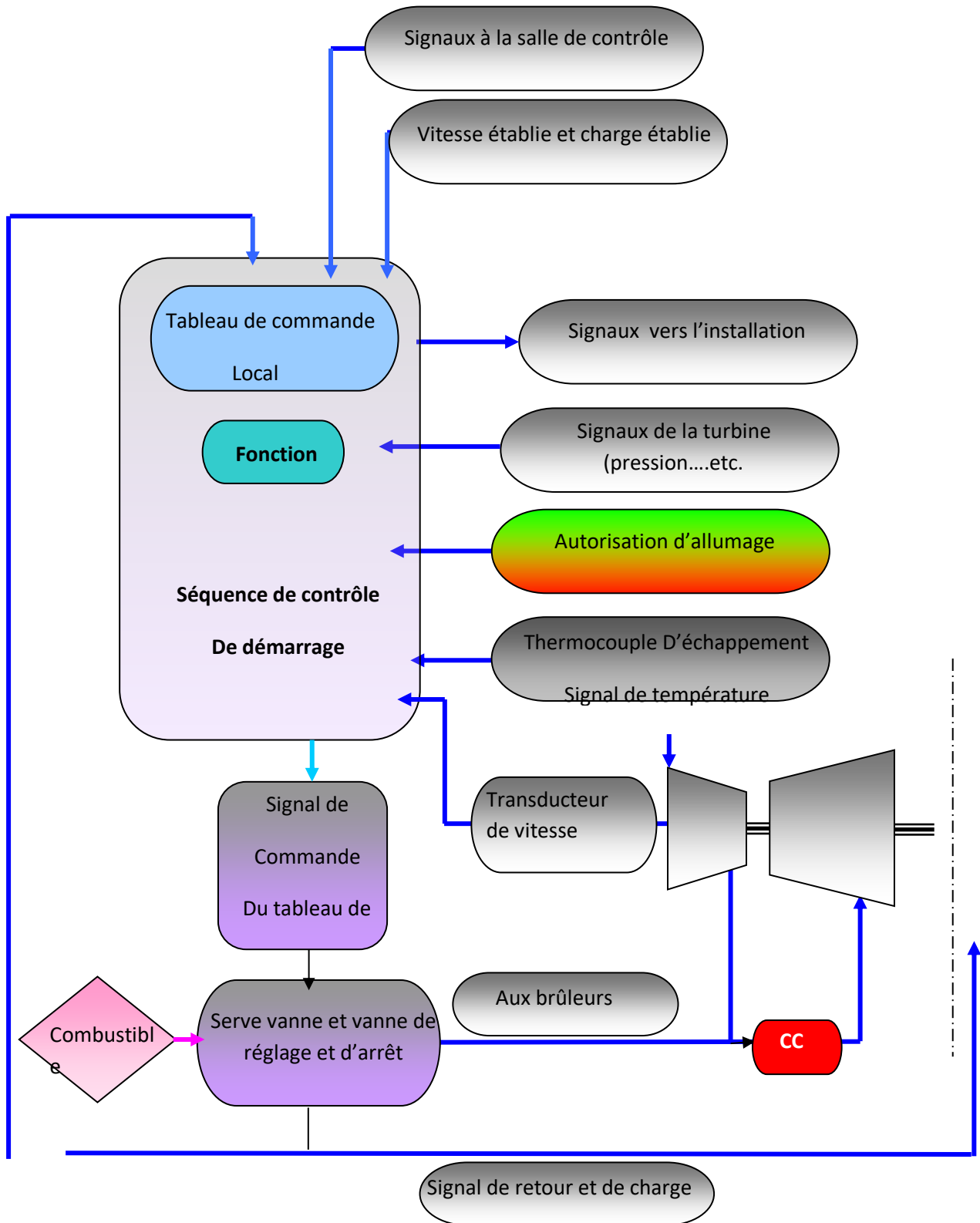


Figure 27 : Schéma fonctionnel du système de contrôle, mise en séquence & protection

❖ Dispositifs anti - pompage:**- Laminage à l'admission du compresseur:**

Pour éviter les fluctuations (variations) du débit en régime lent (basse vitesse de rotation), la première rangée d'ailettes est réalisée d'une manière à pouvoir réduire la section de passage de l'air.

Un vérin hydraulique actionnant les aubes variables du premier étage permet de réduire le débit en les positionnant en ouverture minimale.

- Vanne anti - pompage:

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

I. MAINTENANCE DE LA TURBINE A VAPEUR DSQ2.42 :**I.1.Introduction à la maintenance:****I.1-1: Définition de la maintenance:**

Étymologiquement, le terme « maintenance » provient du latin *manutenere* (de *manu*, main et *tenere*, tenir) et désignait l'action de maintenir en condition des troupes militaires éprouvées par le combat. Depuis, son sens a évolué et l'activité de maintenance a aujourd'hui une connotation plus technique et beaucoup plus générale.

D'après la norme AFNOR X60-010, la maintenance est définie comme " l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ".

Maintenir c'est donc effectuer des opérations (de nettoyage, graissage, visite, réparation révision amélioration...etc.) qui permettent de conserve le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production. Ainsi que choisir les moyens de prévenir de corriger ou de rénover suivant l'utilisation de matériel. L'état d'esprit de la maintenance est de maîtriser les interventions.

La maintenance a pour but :

- Le maintien du capital machine;
- La suppression des arrêts et des chutes de production (garantir la capacité de livraison);
- L'amélioration de la sécurité et la protection de l'environnement.

I.1-2: Les stratégies de la maintenance:

On distingue dans le milieu industriel trois types de la maintenance:

- ❖ La maintenance corrective;
- ❖ La maintenance préventive systématique;
- ❖ La maintenance préventive conditionnelle.

I.1-2-1: La maintenance corrective :

D'après la norme AFNOR X60-010, la maintenance corrective se définit comme "une maintenance effectuée après défaillance".

Dans cette approche, les machines fonctionnent sans dépenses particulières pour l'entretien ni la surveillance, jusqu'à l'incident.

Dans la maintenance corrective, tout incident sur la machine a une influence sur l'exploitation, et parce que les arrêts sont arrivés aléatoirement donc la planification dans la production est donc difficile, voire impossible.

I.1-2-2: La maintenance préventive systématique:

D'après la norme AFNOR X60-010, la maintenance systématique se définit comme " une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intensité de réduire la probabilité de défaillance d'un bien".

La maintenance préventive systématique c'est l'ensemble des visites systématiques effectuées préventivement, préparées et programmées avant la date probable d'apparition d'une défaillance. Attendre que la machine tombe en panne pour la réparer semble être à priori la solution la plus mauvaise, c'est pourquoi certains utilisateurs choisissent la maintenance systématique périodique, mais cette méthode ne tient pas compte des conditions d'utilisation ou de montage. Car la plus part du temps; des éléments sont remplacés alors qu'ils seraient encore utilisables ou des composants endommagés sont remis en état trop tardivement.

I.1-2-3: La maintenance préventive conditionnelle:

D'après la norme AFNOR X60-010, la maintenance conditionnelle se définit comme " une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto diagnostique, information d'un capteur, mesure d'une usure) révélateur de l'état de dégradation du bien".

La maintenance conditionnelle est synonyme de la maintenance en condition "selon l'état" ou prédictive, terme réservé à l'usage aux machines tournantes.

Cette forme de la maintenance permet d'assurer le suivi continu du matériel en service dans le but de prévenir les défaillances attendues. La maintenance conditionnelle est liée à l'état de la machine:

- ❖ Composant à changer uniquement si les tolérances sont atteintes...etc.
- ❖ Arrêt de la machine uniquement si son état le nécessite.
- ❖ Rotor à équilibrer si les tolérances sont atteintes.

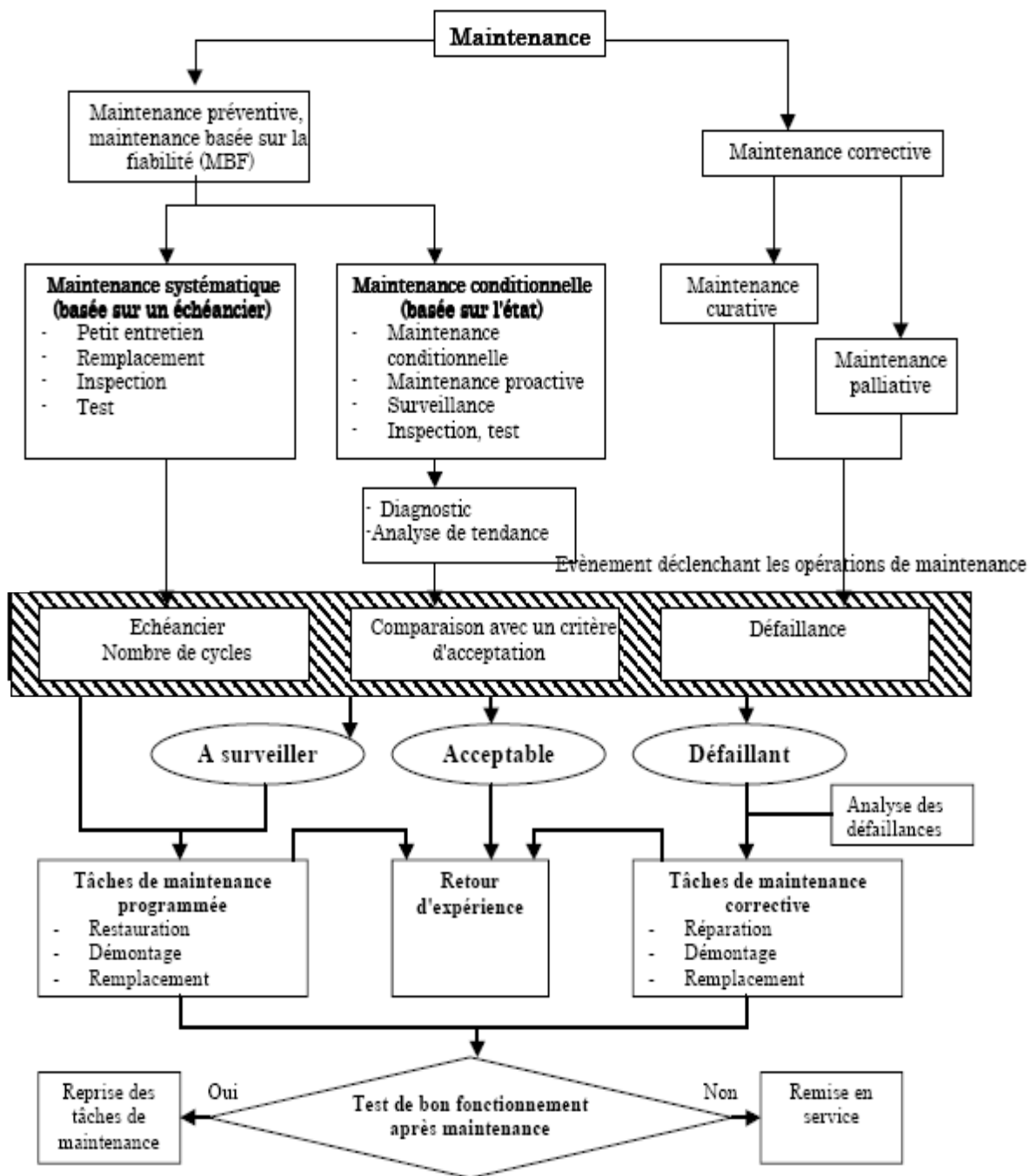


Diagramme des différents concepts de maintenance

Figure 28 : Schéma technique d'un diagramme des différents concepts de maintenance.

I.2. Les fonctions d'un service maintenance:**I.2-1: Fonction méthode:**

Cette fonction est considérée comme le cerveau du service de maintenance, elle définit :

- ❖ Ce qu'il faut faire, avec qui le faire et comment le faire;
- ❖ Les méthodes et les techniques d'intervention;
- ❖ Les moyens et les normes d'entretien;
- ❖ La création et l'exploitation de la documentation technique et historique;
- ❖ L'élaboration des méthodes d'entretien.

Elle détermine les moyens nécessaires (matériels et humains) et les fréquences d'intervention.

I.2-2: La fonction d'ordonnement:

Cette fonction rassemble les moyens et matériels pour rendre exécutable les travaux à réaliser, elle établit la programmation des travaux, suit leur avancement et veille au respect des délais; elle définit les besoins en main d'œuvre, contrôle et regroupe les informations relatives aux travaux.

I.2-3: La fonction de la préparation:

Bien que découlant de la fonction méthodes, la préparation du travail détermine le processus des différentes phases, les moyens nécessaires, les durées opératoires et la préparation de la main d'œuvre.

I.2-4: La fonction de lancement:

Assure la distribution du travail selon un planning établi en fonction de la charge et assure la gestion et la conduite des hommes pour la bonne exécution des travaux. Elle s'occupe de la surveillance et de l'orientation du personnel.

I.2-5: La fonction d'exécution:

C'est la fonction opérationnelle de la maintenance. Elle assure la remise en route des machines par l'exécution des interventions. Elle garantit le niveau de qualité requise dans les délais prévus, à la date fixe et dans les meilleures conditions de sécurité.

I.2-6: La fonction de la gestion des stocks:

La première tâche est de prévoir à chaque moment les besoins de l'usine en articles courants du magasin de maintenance, pièces de rechanges spécifiques aux installations de production.

Elle détermine les quantités à réapprovisionner en fonction du niveau des stocks, des consommations et des délais de livraison.

I.2-7 La fonction de la gestion des coûts:

Les services de la maintenance pourront, par la diminution de ses coûts, augmenter la rentabilité de l'entreprise. Pour la maîtriser il sera nécessaire de connaître les coûts de la maintenance.

I.3.Maintenance de l'installation turbine à vapeur:

Les installations techniques que possède la région de GL1K représentent un important capital investi. Ce capital doit être préservé et géré avec efficacité. La division de maintenance nécessite de réunir un vaste éventail de compétences dans des domaines variés, ce qui conduit à l'organisation de la maintenance autour de 4 services: services turbomachines, électricité, instrumentation et mécanique industrielle.

Un programme de maintenance préventive est une nécessité primaire afin d'assurer la gestion correcte des installations conduites par des turbines à vapeur arrêts forcés de l'installation doivent être réduit au minimum. Et pour cela nous pouvons classer les inspections de la turbine en trois types:

I.3.1. La maintenance conditionnelle (inspection en fonctionnement):

Comprennent la somme des observations faites durant le fonctionnement de l'unité. Des données en opération devant être enregistrées pour permettre d'évaluer les performances de l'équipement, les besoins d'entretien et d'intervention lorsque ces relevés indiquent des alarmes qui ont déclenchés la turbine par la suite.

Les plus importants sont:

- ❖ Les vibrations des rotors de la turbine.
- ❖ La température de vapeur.
- ❖ La température d l'huile de graissage.
- ❖ La vitesse de la turbine.
- ❖ Le débit de vapeur.

I.3.2. La maintenance systématique (les inspections programmées):**I.3-2.1: l'inspection E1:**

Cette inspection est fait en marche (sans arrêté l'installation). C'est des rondes et des contrôles visuels des différents équipements, pour objet de vérifier:

- ❖ Les fuites;
- ❖ Vibrations et déplacement axial ;
- ❖ Bruit anormale;
- ❖ Echauffement excessif...etc.

I.3-2.2: l'inspection E2: (à l'arrêt)

Les parties vitales, telles que les paliers, pompes à huile principale et auxiliaire, soupapes de fermeture rapide et de réglage doivent être révisées plus fréquemment, c'est-à-dire tous les 1-2 ans.

Une visite préventive E2 du turbocompresseur se faite de manière suivante:

- ❖ Dépose chapeaux des paliers AV et AR.
- ❖ utiliser le pont de levage pour déposé des coussinets AV et AR.
- ❖ nettoyage et glaçage de la soie d'arbre.
- ❖ Contrôle des jeux radiaux des paliers.
- ❖ Remontage des paliers.
- ❖ Contrôle des jeux aux déflecteurs d'huile sur les paliers et sur la butée.
- ❖ Contrôle de l'état des patins de butée, glaçage et remontage.
- ❖ Remontage des prises d'impulsion sur les paliers porteurs.
- ❖ Pose des chapeaux des paliers.
- ❖ Connexion des appareils de mesure de température et de vibration par les instrumentistes.
- ❖ Remettre le graissage en service.

I.3-2.3: l'inspection E3: (à l'arrêt):

La période entre deux révisions générales est déterminée principalement par le comportement du turbo- groupe. Pour autant qu'aucune anomalie, par exemple inétanchéité, modification de la répartition de la pression dans les étages, dérangement d'ordre mécanique, n'apparaisse préalablement, le constructeur conseillé de réviser entièrement tous les 6 ans (ou plus tard après 50000 heures d'opération). Lors d'une révision générale, tous les pièces de turbo groupe doivent être contrôlées soigneusement et si nécessaire, remises en état.

I.3.3 Révision d'une turbine à vapeur:

Après arrêt turbo – compresseur, refroidissement turbine, et décalorifugeage:

- ❖ Dépose appareillage de régulation ;
- ❖ Dépose tuyauterie de communication BP et HP ;
- ❖ Dépose des quatre soupapes réglâtes ;
- ❖ Dépose des deux vannes d'admission ;
- ❖ Dépose carter d'accouplement et chapeaux de palier ;
- ❖ Prise du faux rond accouplement serré ;
- ❖ Contrôle ailettage première et dernière étage BP et HP ;
- ❖ Desserrage plan de joint ;
- ❖ Ouverture des paliers, contrôle centrage ;
- ❖ Désaccouplement – contrôle lignage ;
- ❖ Contrôle bâillement ouverture contrôle portage ;
- ❖ Déposé boîte étanche chemise supérieure – contrôle portage ;
- ❖ Dépose arbre et chemise de demies inférieure ;
- ❖ Examen de l'ailettage ;
- ❖ Travaux d'ailettage ;
- ❖ Prise des plombs ailetage et boîte étanche ;
- ❖ Remplacement des goujons ;
- ❖ Remontage ;
- ❖ Serrage ;
- ❖ Habillage ;
- ❖ Calorifuge ;
- ❖ Contrôle organe de réglage (soupape raclante et vannes d'admission et manostatique et limiteur de pression) ;
- ❖ Nettoyage des caisses à huiles des filtres, réfrigérant d'huile. Lessivage circuit d'huile de lubrification, force, et de réglage ;
- ❖ Essais après révision (technique).

I.3.4. Maintenance de la chaudière :**L'expertise d'une chaudière :**

Mesure à mettre en œuvre :

1) Examen visuel des matériels :

La visite permettra d'examiner toutes les parties accessibles de la chaudière.

La visite permettra éventuellement d'adapter les contrôles proposés pour mieux appréhender les limites des matériels en situation critique.

2) Contrôles non destructifs :

- Ressuages :
 - ✓ Recherche des fissures générées par des fatigues mécanique ou thermique ;
 - ✓ Recherche des corrosions.
- Mesure d'épaisseur :
Recherche des corrosions internes ou externes.
- Mesure des diamètres des tubes :
Recherche des phénomènes de fluage.
- Essai de dureté ;
- Répliques : recherche de phénomène de fluage ou fatigue par examen micrographique de la structure externe des éléments.
- Ultrason : recherche de fissures internes ou défauts de matière.
- Radio gamma : recherche de défauts localisés dans le volume d'une pièce.
- Examens magnétoscopiques : recherche de fissures de fatigue non traversante.

3) Contrôle destructif : prélèvement de manchettes de tubes pour examen métallographiques en laboratoire :

- Examen visuel et dimensionnel ;
- Mesure de dureté à mi épaisseur ;
- Examen macrographique et micrographique ;
- Taux de salissures ;
- Examen des couches d'oxydes ;
- Teste de fatigue isobare.

II. Maintenance de la turbine à gaz MS 9001E :**II.1 Caractéristiques des constructions des turbines à gaz et comment celle-ci se reflète sur la maintenance :**

Les turbines à gaz sont conçues pour permettre une maintenance facile sur place. Seulement dans du rare cas il est nécessaire d'envoyer les pièces à Nuovo Pignonne pour leur réparation / remise en état.

Les caractéristiques suivantes permettent la maintenance sur place.

- ❖ La plus part des enveloppes sont ouvertes le long de leurs lignes médianes afin de pouvoir accéder aux pièces intérieures.
- ❖ Les pièces du stator peuvent être enlevées avec l'enveloppe supérieure ouverte.
- ❖ Les aubes de la turbine sont poussées de manière à pouvoir les remplacer dans le rotor sans besoin d'équilibrage final.
- ❖ Des chemises de combustion, brûleur et d'autres éléments de la chambre de combustion peuvent être démontés et remontés sans devoir démonter les enveloppes de combustion et les couilles d'écoulement.
- ❖ Possibilité d'effectuer des inspections à l'intérieur de la turbine sans enlever les enveloppes extérieures en utilisant un baroscope.

II.2. Facteurs Influençant la maintenance et la durée de vie des pièces :

Pour définir un programme de maintenance il faut tenir compte des paramètres de référence dans les valeurs déterminent les intervalles maximum admissibles entre une inspection et la prochaine visite.

Ces paramètres optimums sont définis de la façon suivante :

1. Turbine pour production d'électricité.
2. condition de service de charge de base.
3. absence d'injection d'eau ou de vapeur.

II.2.1. Critère des heures et nombre des heures de démarrage :

Les divers éléments d'une turbine à gaz sont soumis à deux types de contraintes qui conditionnent sa durée et par conséquent influençant la classification des facteurs de maintenance : Contrainte due au service continu et contrainte imputable aux conditions cycliques.

Tableau 2 : les Contrainte sur la turbine.

Service continu	Service cyclique
Rupture / crique	Fatigue thermique et mécanique
Fluage	Fatigue bas cycle (FBC)
Fatigue élevée de cycle (FEC)	Usure
Corrosion	Dommages causés par des corps étrangers
Erosion	
Usure	
Dommages causés par des corps étrangers (DOE)	

A ces deux catégories de contraintes correspondent essentiellement deux types de fonctionnement : service continu où le rapport entre le nombre de démarrage / par an et les heures / année de fonctionnement est inférieur à 1/20 et service cyclique où ce rapport est plus haut pour cette raison NP définit les besoins de maintenance en séparant les effets de démarrage de ceux des heures de fonctionnement.

Le critère le plus restrictif entre les heures de fonctionnement le nombre de démarrage doit être adopté comme étant celui qui détermine le facteur de maintenance pour le cas en question.

II.2.2.Influence de la charge :

L'influence de la charge est liée à l'augmentation de la température de mise à feu lorsque la charge augmente et vis versa.

La figure suivante met en évidence comment la durée de vie des aubes du premier étage de la turbine dépend de la variation de la température des gaz à l'admission. (Facteur de la durée de vie des aubes indiquée sur l'axe des Y n'est que le facteur de la maintenance correspondant à cette valeur de température des gaz d'admission).

II.3. Types d'inspection :

Trois types principaux d'inspection de base ont été distingués pour les pièces les plus sujettes à l'action des gaz de combustion. Les inspections peuvent être classifiées comme suit :

II.3.1.inspections de machine à l'arrêt :

Ces inspections sont effectuées quand la machine est en « stand-by » c'est-à-dire prête à démarrer. Pendant la période de stand-by, les auxiliaires doivent être vérifiés, ainsi que les instruments pour assurer le bon étalonnage et les charges des batteries, l'état de tous les types de filtres, et les niveaux corrects des liquides (huile, eau...)

Ce type d'inspection est d'importance capitale pour les machines en service d'urgence intermittente et/ou de fonctionnement de pointe, parce que le but principal de leur installation est assurer un démarrage fiable. Si les périodes hors service sont longues, il faudra programmer des démarrages périodiques

II.3.2.Contrôles au Baroscope :

La turbine à gaz est prédisposée, dans les enveloppes de la turbine et du compresseur, pour un contrôle visuel d'un ou plusieurs étages intermédiaires du rotor du compresseur, des séparateurs de directrices et des aubes fixes de la turbine, au moyen d'un Baroscope optique.

Cette prédisposition comporte une série d'orifices alignés en direction radiale à travers les enveloppes et les anneaux de renforcement internes fixes de la turbine, qui sont conçus pour permettre l'introduction d'un baroscope optique dans les zones d'écoulement des gaz ou de l'air sur une turbine à gaz hors service. Les baroscopes optiques sont utilisés pour fournir un contrôle visuel des parties fixes et tournantes sans enlever les enveloppes supérieures de la turbine et du compresseur.

Zones du contrôle :

Dans les mains d'un technicien qualifié, le baroscope permet un contrôle rapide des zones suivantes, avec un temps d'indisponibilité, une main-d'œuvre et une perte de production réduits au minimum.

1. Section turbine
2. Compresseur axial
3. Système de combustion.

Tableau 3 : Zones du contrôle au baroscope.

ZONE ACCES	CONTROLLER
Aube compresseur	Dommage corps étrangers Accumulation saletés Corrosion Erosion pointes Amincissement bord de fuite Erosion pied aubes stator Tolérance pointes
Combustion Accumulation carbone (Chemise et pièces Points chauds de transition)	Accumulation carbone Points chauds Criques Gonflement Usure Métal manquant
Directrices turbine	Dommage corps étrangers Corrosion Trous refroidissement obturés Criques Flexion bord de fuite Erosion Brûlure
Aubes fixes Turbine	Dommage corps étrangers Corrosion Boursouflures Erosion Criques Tolérance pointes Métal manquant

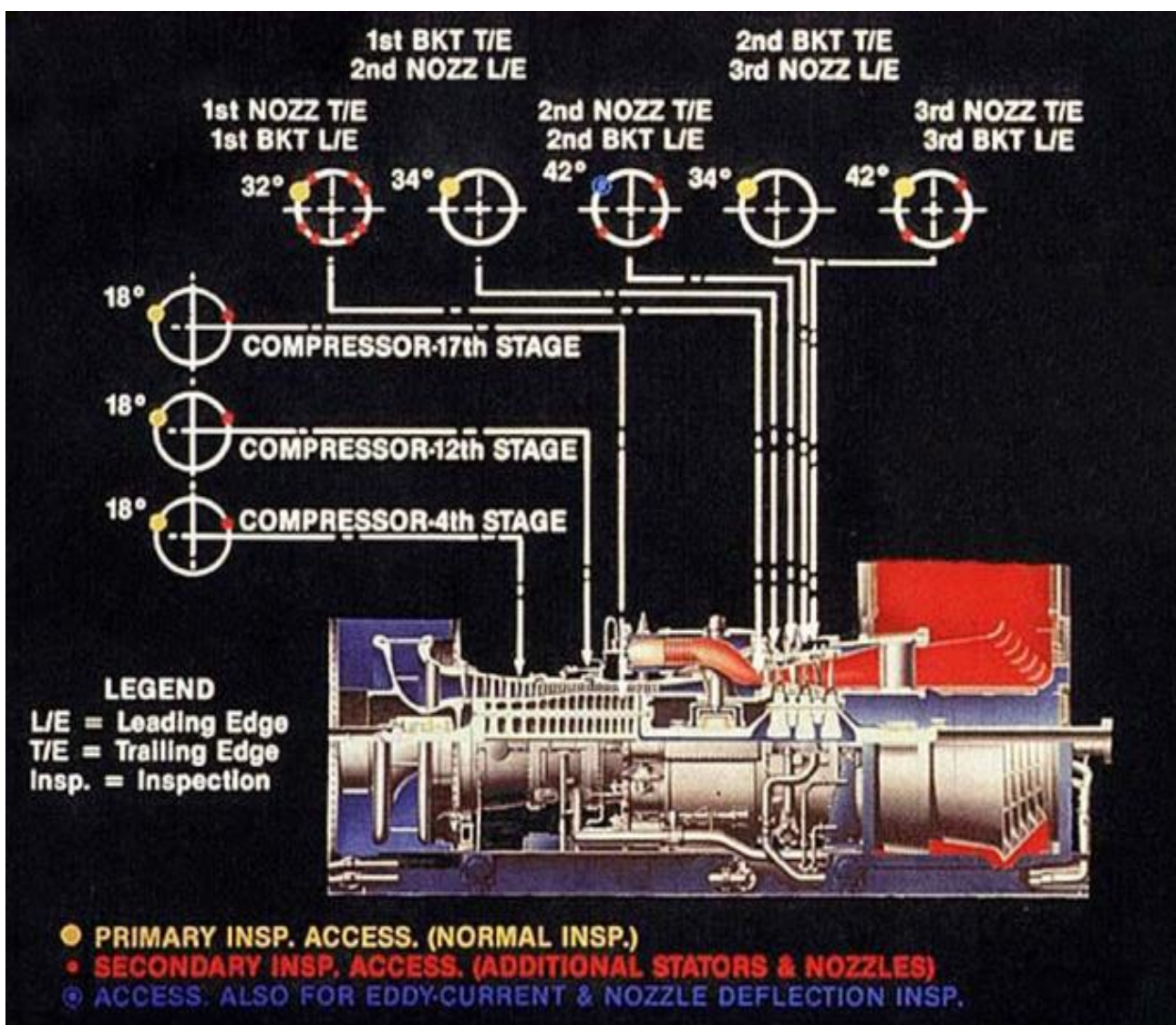


Figure 29 : Positions du point d'accès du baroscope

II.3.3. Inspections de la machine en marche :

Celles-ci consistent en la surveillance continue et générale de l'unité et de ses auxiliaires avec la turbine en marche.

Il est conseillé d'enregistrer les paramètres principaux pendant les premiers démarrages et la marche de la turbine ; en effet, cette opération sert à avoir des valeurs de référence sur la consommation, les performances, etc., quand la machine est neuve. Ceci permettra une meilleure évaluation de tout changement de fonctionnement de la turbine à gaz au cours de sa vie et aidera découvrir les causes des défauts possibles et à choisir la solution appropriée.

Les données de fonctionnement doivent être acquises dans les phases transitoires (démarrage, arrêt) et en conditions de régime permanent.

Les paramètres principaux de l'inspection en marche sont

- ❖ vitesse
- ❖ charge
- ❖ nombre de démarrage
- ❖ nombre d'heures de fonctionnement
- ❖ pression et température aux différents points de la turbine
- ❖ température et pression ambiante
- ❖ pression d'huile et du combustible ainsi que les différents filtres
- ❖ vibration toutes les voies

II.4.inspection de la machine démontée :

Inspections nécessitant le démontage des enveloppes afin d’accéder aux pièces internes, l’inspection peuvent être distinguées comme suite : figure

1. Visite du système de combustion « CI 8000 heure/800 démarrage»
2. visite de la veine du gaz chaud « HGPI 24000 /1200 »
3. Révision générale « MI 48000Heure /2400 »

II.4.1.Visite du système de combustion :

Une inspection du système de combustion réclame un temps d’arrêt relativement court de la turbine à gaz afin de vérifie l’état des éléments suivants

- ❖ Brûleurs
- ❖ Chambres de combustion (chemise, chapeau, douille d’écoulement)
- ❖ Pièce de transition
- ❖ Tubes d’interconnexions
- ❖ Bougies d’allumage
- ❖ Détecteurs de flammes

Tableau 4 : Visite du système de combustion.

Elément	Objet d’inspection	Action potentielle
Chemise de combustion Chapeau de combustion	Corps étrangers Usure anormale	Réparer/ Remettre en état ❖ Chambres de combustion Criques/Erosion/ Usure Réparation TBC
Brûleurs Pièces de transition	Fissures Trous de refroidissement obstrués	❖ Pièces de transition Usure Réparation TBC Déformations
Tubes d’interconnexion Vannes de purge Clapets anti-retour Bougies d’allumages Détecteurs de flammes Conduites de combustible aux brûleurs	Condition TBC Oxydation/Corrosion/Erosion Traces de température excessive locale Pertes de petites particules intérieures Jeux Inspection au boroscope	❖ Brûleurs Obturation Usures/Erosion/ ❖ Tubes d’interconnexion Usure/température excessive

TBC : Revêtement de Protection Thermique. Protection extérieure des chambres de combustion et des pièces de transit

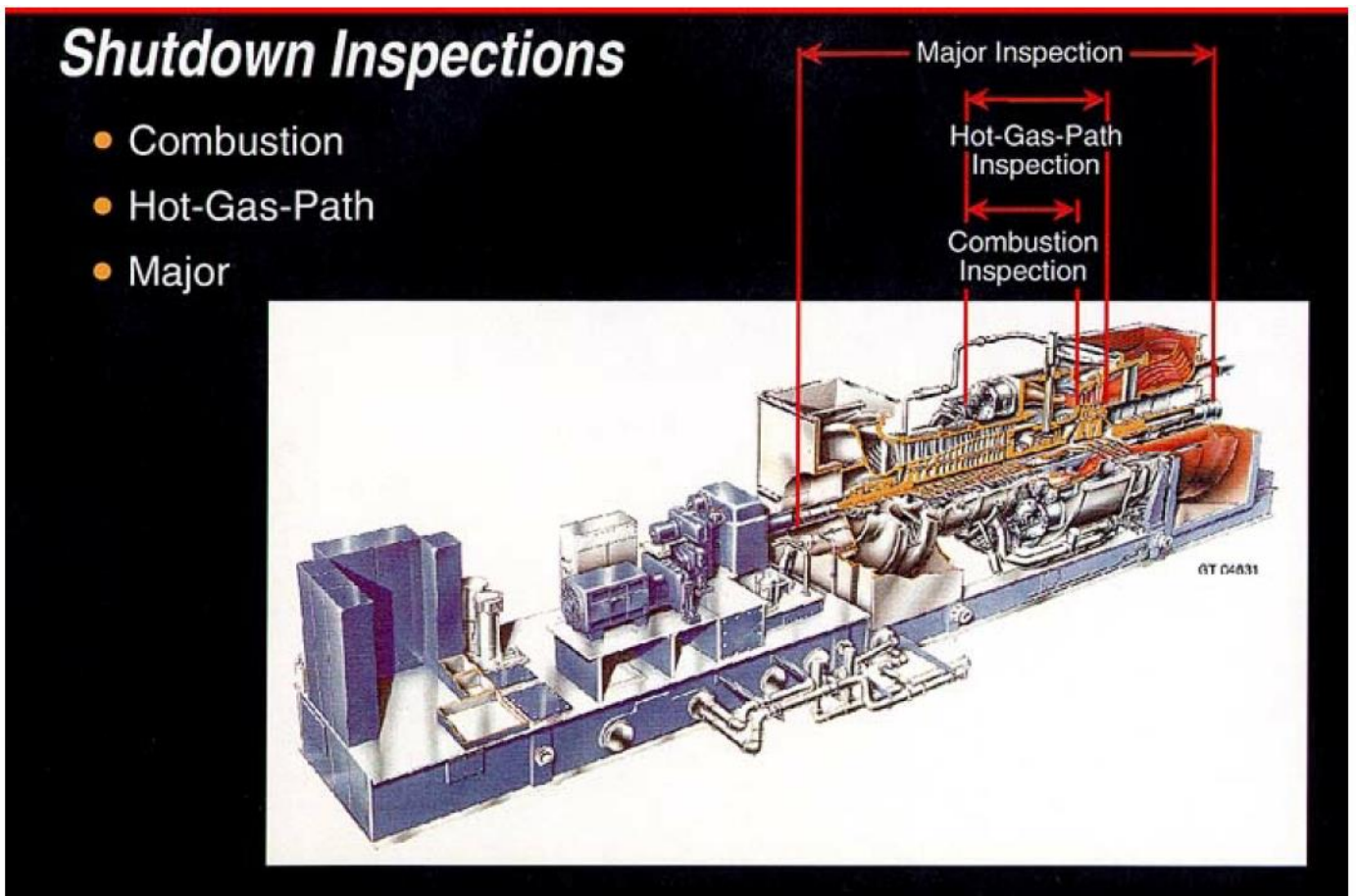


Figure 30 : Inspection de la machine.

II.4.2. Inspection de la veine du gaz chaud :

Le but de ce niveau d'inspection est d'examiner les pièces de la turbine les plus soumises aux contraintes par les températures élevées du système du gaz de combustion ; cette visite comprend essentiellement :

- ❖ Directrices, tous les étages
- ❖ Aubes du rotor, tous les étages
- ❖ Anneaux de protections extérieurs, tous les étages

Les intervalles d'inspection des veines du gaz chaud sont multiples des inspections de combustion, à cette occasion nous procédons à l'inspection des pièces de combustion.

Tableau 5 : Inspection de la veine du gaz chaud.

Elément	Objet d'inspection	Action potentielle
Directrices, tous les étages Aubes, tous les étages Anneaux de protection extérieurs	Corps étrangers Usure anormale Fissures Les trous de refroidissement sont obstrués	Réparer/mettre en état Directrices Réparation par soudures Revêtement de restitution Aubes
Joints à labyrinthes	Etat de revêtement	Dévetissage et nouveau revêtement
Thermocouple de l'espace de roue	Oxydation/corrosion/érosion	Réparation par soudure
Carter d'échappement de turbine	Traces de la température excessive locale	Durée de vie résiduelle après fluage
Aubes de refoulement compresseur axial	Perte de petites particules intérieures Distorsions et déformation	
IGV	Jeux	

II.4.3. Révision générale :

Le but d'une révision générale est d'examiner toutes les pièces intérieures du rotor et du stator, de l'admission de la chambre des filtres jusqu'au système d'échappement, y compris le réducteur de charge et la machine conduite.

Une inspection générale doit être programmée selon les recommandations du manuel de maintenance fourni avec la machine, et avec le résultat des inspections de la combustion et de la veine des gaz chaud, effectuées précédemment.

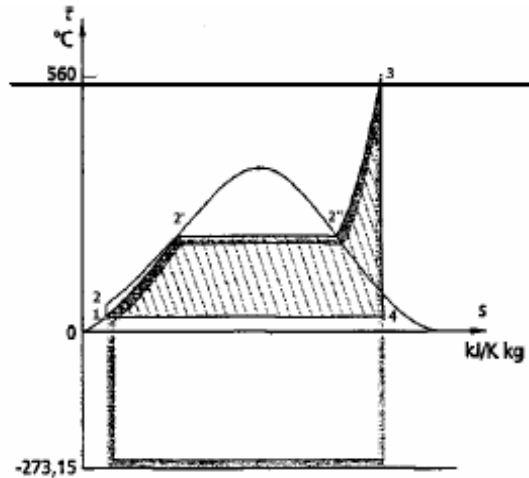
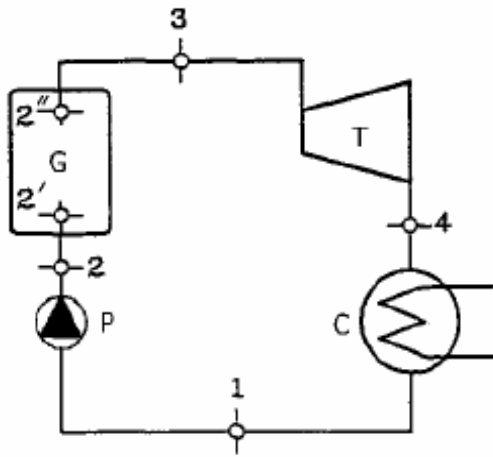
Tableau 6 : Révision générale.

Elément	Objet d'inspection	Action potentielle
Système de combustion	Voir tableau 1.1	Voir tableau 1.1
Veine des gaz chaud	Voir tableau 1.2	Voir tableau 1.3
Aubes du compresseur	Corps étrangers	Réparer /remettre en état
Roue de la turbine	Usure anormale	❖ Directrices
Queues d'arondes des aubes	Fissures	❖ Aubes
Zone supportée de l'arbre paliers	Trace des fuites intérieures	Détérioration du revêtement
Joints à labyrinthes	Oxydation/Corrosion/Erosion	Signes de frottement
	Perte de petites particules intérieures	Fissures
Système d'admission	Distorsion et déformations	Dommmages dus à du corps étrangers
Système d'échappement	Jeux	Durée de vie résiduelle au fluage
Systèmes auxiliaires		❖ Anneau de protection du stator
		Fissures
		Oxydation
		Erosion
		❖ IGV
		Usure des douilles
		Dommmages dus à du corps étrangers
		❖ Paliers et joints
		Marquage
		Usure
		❖ Aubes du compresseur
		Corrosion
		Erosion
		Frottement
		Dommmages dus à des corps étrangers

I L'INSTALLATION À VAPEUR :**I.1 Généralité :****1. Principe : le cycle de Rankine –Hirn:**

Les installations motrices à vapeur répondent, à quelques exceptions près, au schéma de base représenté ci-dessous. Elles comportent quatre composants de base : une *pompe P* alimentant en eau sous pression à l'état liquide une chaudière ou *générateur de vapeur G* qui fournit à la *turbine T* la vapeur vive (à haute pression) dont la détente produit le travail moteur, avant de revenir à l'état liquide (à basse pression) dans le *condenseur C* d'où elle est extraite par la pompe. Le fluide moteur utilisé est la vapeur d'eau, qui parcourt de la sorte un cycle moteur appelé cycle de *RANKINE-HIRN*, et sa représentation dans le diagramme (T,S) est illustrée. A l'aspiration de la pompe, l'eau est à l'état de liquide saturé ($x = 0$) à la pression $p1$ (état *1*). La compression effectuée par la pompe jusqu'à la pression $p2$ est idéalement isentropique, de sorte qu'en 2, l'eau est à l'état de liquide non saturé. Du fait de la valeur faible du volume massique, on peut noter que l'état 2 est voisin de l'état *1*. Lorsque le liquide à l'état 2 est introduit dans le générateur de vapeur, l'action calorifique $Q1$ qu'il y subit le fait passer successivement et de façon isobare par les états 2/ de liquide saturé, 2// de vapeur saturée sèche et 3 de vapeur surchauffée à la pression $p3 = p2$ et à la température $t3$. La vapeur surchauffée ainsi obtenue et ayant une enthalpie élevée est ensuite détendue de manière supposée isentropique jusqu'à la pression $p4$ dans la turbine et y effectue donc un travail moteur WmT .

A l'échappement de la turbine, la vapeur est à l'état 4 de vapeur saturée humide, son titre $x4$ étant élevé. La pression $p4$, qui est en général très faible (de l'ordre de 5 kPa), est fixée par la température que fait régner au condenseur le circuit de refroidissement qui y réalise sur la vapeur détendue l'effet calorifique négatif QII nécessaire à la condensation. En admettant que celle-ci se fasse de façon isobare, la pression de reprise du condensât par la pompe est $p1 = p4$. Le cycle ainsi décrit est en son principe dû à *RANKINE*, l'idée de la surchauffe ayant été introduite par *HIRN*.



I.2.calcul Thermodynamique

1. Les paramètres dans les différents points du cycle :

	Temperature °C	Pression bar	Debit Kg/sec	Enthalpie Kj/Kg
Entrée CH 1	371	69	106.9	410.41
Sortie CH 0	482	69	106.9	3367.10
Entrée TAV 2	482	69	81.5	3362.26
Sortie TAV 3	52	0.14	81.5	2397.9
Sortie CON 4	52	0.14	81.5	217.7
Entrée PMP 5	95	0.89	106.9	397.75
Sortie PMP 6	98	91	106.9	409.47

Entrée TP	7	480	65.7	5.44	3443.46
Sortie TP	12	370.3	4.2	5.44	3216.5
Entrée TV	8	480	65.7	3.47	3366.37
Sortie TV	11	303	4.2	3.47	3070.31
Entrée TC	9	480	65.7	3.47	3443.51
Sortie TC	10	285	4.2	3.47	3044.75
Entrée ROU	13	285	4.2	13	3034.38
Sortie ROU	14	128	1.6	13	2726.3

2. Schéma de notre installation :

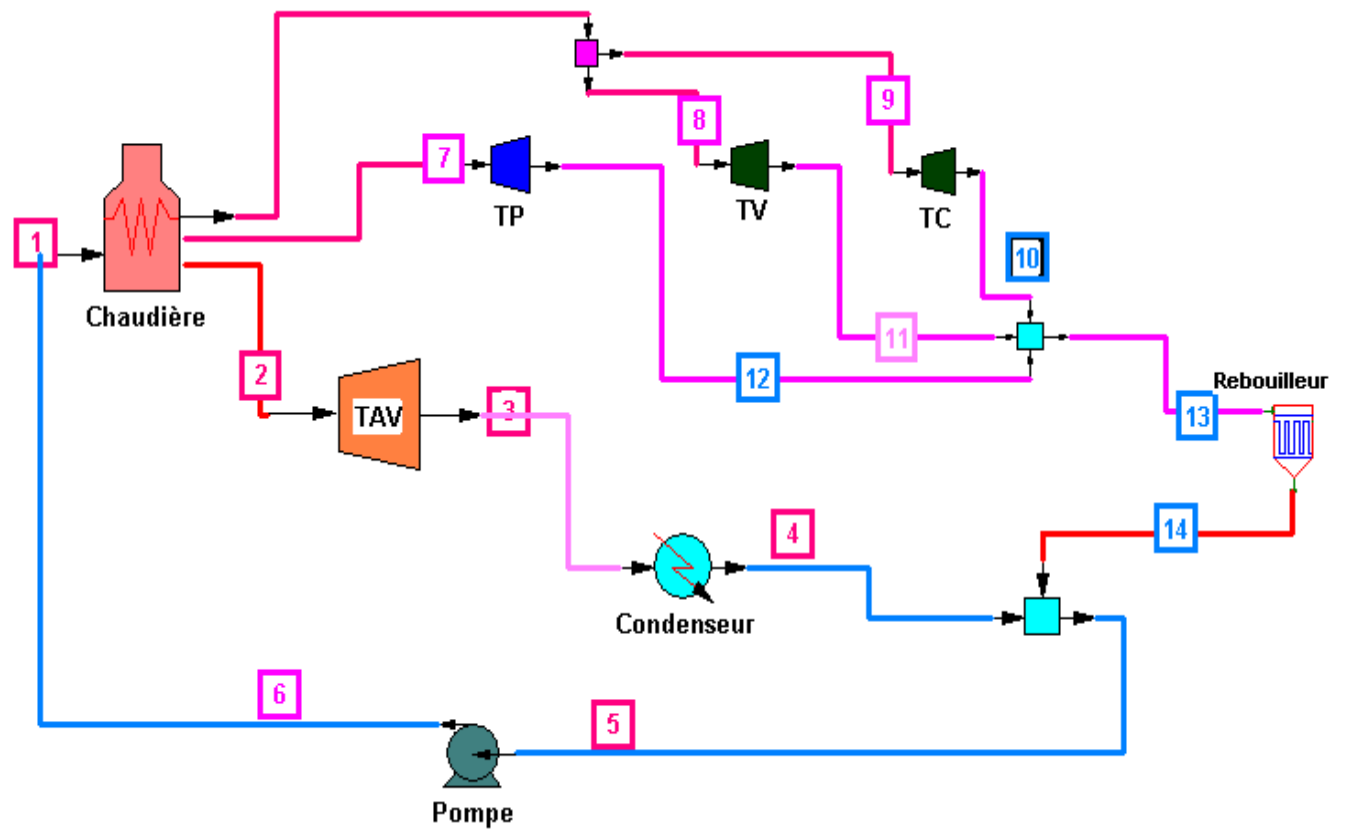


Figure 31 : schéma technique de l'installation.

3. Calcul du rendement de l'installation :

- Le travail moteur de relèvement supposé isentropique de la pression de l'eau (liquide) dans la pompe (machine opératrice) a pour expression:

$$W_{MP} = h_5 - h_6 = 11,72 \text{ Kj}$$

La puissance absorbée par la pompe :

$$P_{pmp} = W_{MP} \cdot \dot{Q}_m = 11,72 \cdot 106,9 = 1252,87 \text{ Kw}$$

- L'action calorifique de réchauffage de l'eau, de son évaporation et de la surchauffe de la vapeur dans le générateur a pour effet :

$$Q_1 = h_0 - h_1 = 2956,66 \text{ Kj / Kg}$$

- Le travail moteur de détente supposée poly tropique dans la turbine (machine motrice) a pour valeur:

$$W_{TAV} = h_2 - h_3 = 964,36 \text{ KJ / Kg}$$

La puissance développée par la turbine est :

$$P_{TAV} = W_{TAV} \cdot Qm = 964,36 \cdot 81,5 = 78,6 \text{ Mw}$$

- Enfin, l'action calorifique de condensation de la vapeur au condenseur a pour résultat:

$$Q_{Condenseur} = 173,17 \text{ Kw} = 2,12 \text{ Kj / Kg}$$

- La quantité de chaleur absorbée par les rebouilleurs :

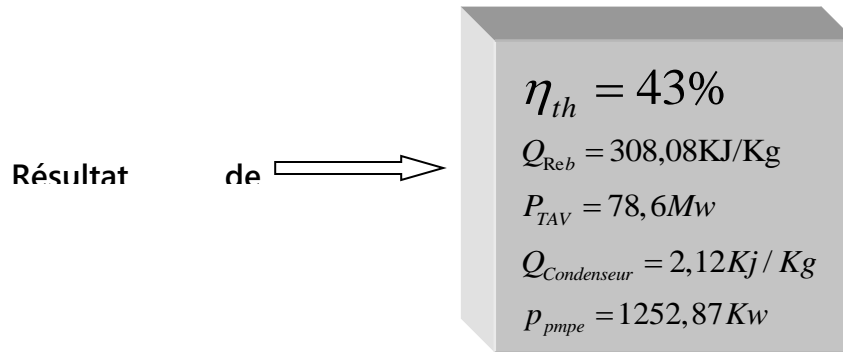
$$Q_{Reb} = h_{13} - h_{14} = 3034,38 - 2726,3 = 308,08 \text{ KJ/Kg}$$

- Le rendement de l'installation :

Quant au rendement thermique du cycle ou rendement de conversion en travail moteur de l'effet calorifique dépensé au générateur de vapeur, il est défini par la relation :

$$\eta_{th} = \frac{W_m + Q_{Reb} - Q_{condenseur}}{Q_1} = \frac{964,36 + 308,08 - 2,12}{2956,66} = 0.43 = 43\%$$

$$\eta_{th} = 43\%$$



I.3. Les améliorations apportées au cycle :

Le cycle à resurchauffe :

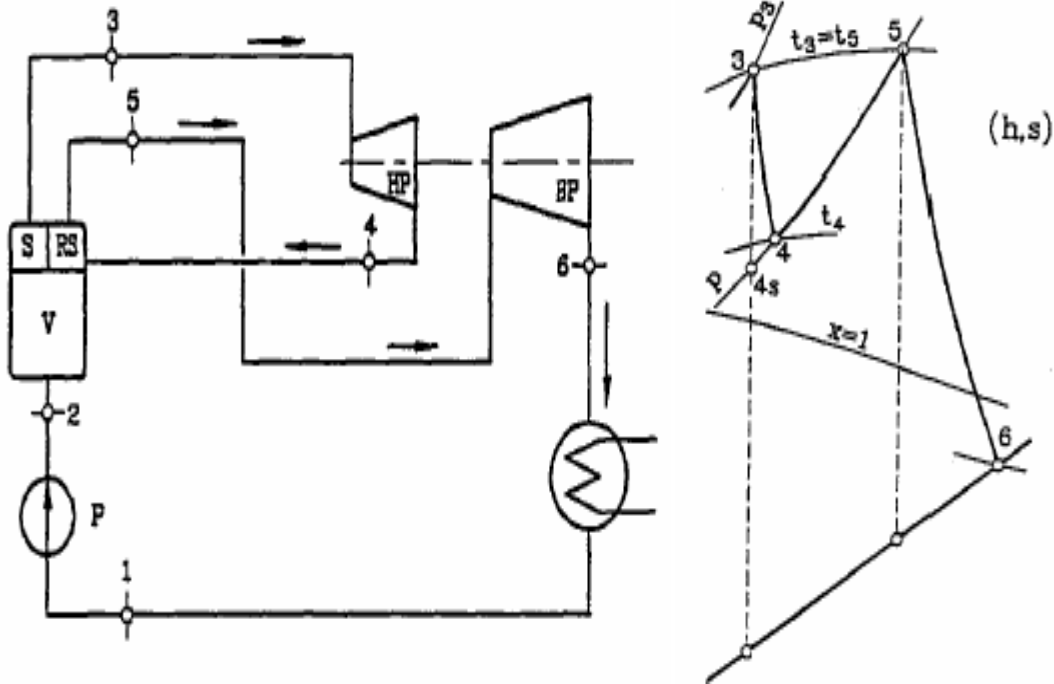
Mêmes raisons : d'une phase liquide. Afin d'accroître le rendement thermique, toutes les grandes installations sont alimentées en vapeur à très haute, la vapeur subit une première détente partielle avant d'être ensuite « resurchauffée » en chaudière, pour subir enfin la détente classique. Les contraintes technologiques évoquées plus haut se retrouvant ici, on choisira, pour les mêmes raisons:

$$t_3 = t_5 = 540/560 \text{ C}^\circ$$

$$X_6 = 0.90$$

Ces contraintes fixent la pression p_5 de la vapeur resurchauffée. Seule la haute pression p_3 demeure encore à déterminer. Les considérations qui suivent sur le bénéfice que l'on peut tirer de la resurchauffe conduisent à l'adoption de valeurs de p_3 aussi élevées que possible, compte tenu de la limitation qu'impose la nécessité de rester dans le domaine de la vapeur surchauffée au cours de la détente dans le corps haute pression, afin d'éviter l'apparition d'une phase liquide.

Les bilans que l'on peut écrire pour le cycle à resurchauffe ont trait :



- Au travail moteur des corps haute et basse pression de la turbine, qui augmente :

$$W_m = (h_5 - h_6) + (h_3 - h_4)$$

- A l'action calorifique à la chaudière, qui augmente :

$$Q_1 = (h_3 - h_1) + (h_5 - h_4)$$

- A l'action calorifique au condenseur, qui reste inchangée :

$$Q_{II} = h_6 - h_1$$

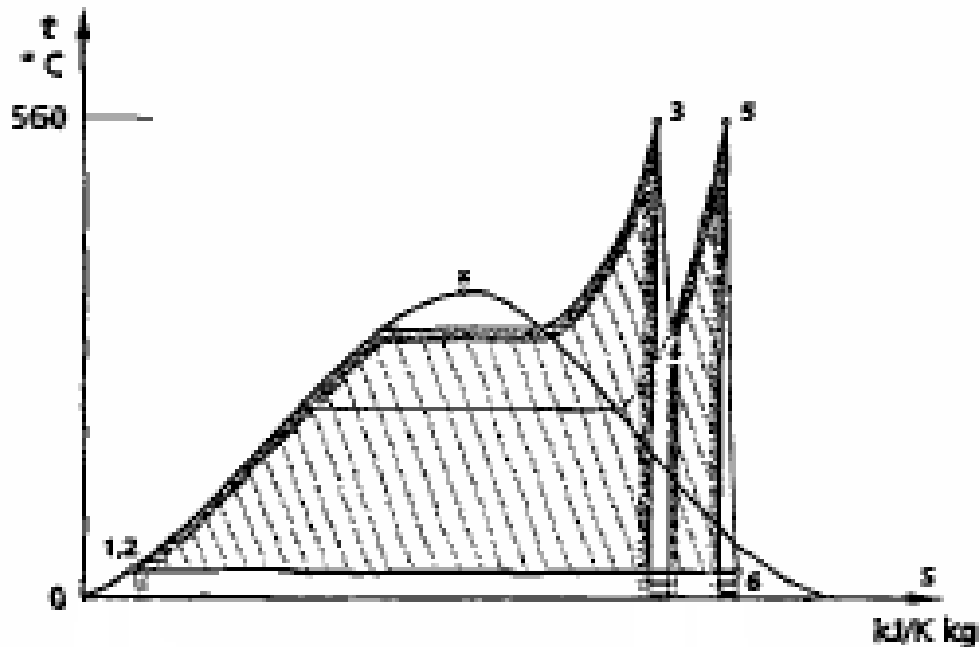
Le rendement thermique augmente donc, conformément à la variation des termes de son expression globale :

$$\eta_t = \frac{W_m}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_{II}}{Q_1} = 1 - \frac{Q_{II}}{Q_1}$$

Cette relation montre clairement que le rendement marginal de la seule resurchauffe a pour valeur l'unité, puisqu'au travail additionnel $h_3 - h_4$ que fournit le corps HP correspond exactement un coût additionnel $h_3 - h_4$ en chaudière. Le rendement du cycle à resurchauffe est donc toujours supérieur à celui du cycle à surchauffe simple. Dans les limites du maintien de la détente haute pression dans le domaine de la surchauffe, l'avantage de la resurchauffe est fonction croissante du terme additionnel $h_3 - h_4$, c'est-à-dire de la pression p_3 , comme le montre clairement le diagramme

(h,s). On n'est limité à cet égard que par des considérations économiques, liées notamment au coût de la chaudière.

On remarquera enfin sur le diagramme (t,s) que les irréversibilités de la détente HP sont récupérées sous forme thermique et permettent d'économiser, par comparaison avec un cycle à détentes isentropiques, une partie (4s-4) de la chaleur nécessaire à la resurchauffe. Il n'en demeure pas moins vrai que, l'objectif étant de produire du travail mécanique, il faut tout mettre en œuvre pour réduire les irréversibilités lors de la détente dans chacun des corps de la turbine.



II.1. TURBINE A GAZ

Les caractéristiques de la turbine a gaz donnée par le constructeur sont prise dans des conditions très proche de notre site (condition ISO):

- température ambiante moyenne de $T_1=20^{\circ}\text{C}$ (298°K)
- pression ambiante 1 atm
- humidité relative de 0,0064kg/kgair
- altitude : niveau de la mer

Données :

- ❖ Rapport de compression : 12,5
- ❖ Température maximale $T_3 = 1030^{\circ}\text{C}$ (1303°K)
- ❖ Rendements isentropiques du compresseur et de la turbine 0.86 et 0.87
- ❖ Pression de sortie des gaz de combustion 1.038 Bars
- ❖ Température d'échappement dans la turbine à gaz : $504,4^{\circ}\text{C}$ ($777,4^{\circ}\text{K}$)
- ❖ Rendement : 33 %
- ❖ Combustion: gaz nature $P_{ci}=44550\text{kJ/kg}$; débit $Q_c=5,48\text{kg/}$
- ❖ Une puissance de 80 Mw.
- ❖ Vitesse 3600tr/min

II.2. Influence des facteurs extérieurs sur les performances de la turbine à gaz:

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

Ces facteurs sont:

- ❖ La température (Figure 32), (Figure 33) ;
- ❖ La pression;
- ❖ L'humidité;
- ❖ Les poussières.

La température ambiante:

A mesure que la température d'admission du compresseur augmente, le débit massique d'air diminue (en raison d'une diminution de masse spécifique). En conséquence, le rendement de la turbine et le travail utile (et donc, la puissance) diminuent (Figure 33).

La pression ambiante:

Si la pression atmosphérique diminue par rapport à la pression de référence, le débit massique de l'air diminue (en raison d'une diminution de sa masse spécifique) et la

puissance utile proportionnellement réduite parce que elle est proportionnelle au débit massique du gaz.

L'humidité relative:

L'air humide est moins dense que l'air sec, donc si l'humidité relative augmente, la puissance débitée diminue et la consommation spécifique augmente voir la (Figure 34).

La poussière:

Lorsque la concentration de poussière dans l'atmosphère augmentée a cause du vent de sable la quantité d'air admise dans le compresseur diminue ce qui fait diminuer la puissance de notre turbine.

II.3. Influence des facteurs intérieurs sur les performances de la TAG:

Outre les facteurs externes décrits dans le paragraphe précédent, il y a d'autres facteurs qui influencent sérieusement sur les performances de la TAG. Ceux-ci peuvent être nommés comme les facteurs intérieurs, parce qu'ils sont liés aux systèmes auxiliaires de la turbine à gaz.

Ils sont énumérés ci-dessous:

- ❖ chute de pression dans la section d'admission du compresseur;
- ❖ chute de pression dans le système d'échappement de la turbine;
- ❖ type de combustible;

Chute de pression dans la section d'aspiration du compresseur:

Les chutes de pression sont provoquées par le système d'admission de la turbine. Ce dernier est composé d'un filtre à air, un silencieux, un coude, des variations de section des tuyauteries...etc. Installés en amont de la bride d'aspiration du compresseur. Quand l'air traverse ce système, il est soumis au frottement qui réduit la pression et poids spécifique. Ces chutes causent une réduction de la puissance utile et l'augmentation de la consommation spécifique, comme précédemment à cause de l'influence exercée par la pression ambiante.

Chutes de pression dans le système d'échappement:

Celles-ci sont provoquées par le système d'échappement de la turbine, composé d'un ou plusieurs silencieux, de coudes, diffuseurs...etc., par lesquels les gaz d'échappement traversent ce système sont expulsées à l'atmosphère.

Les gaz d'échappement traversant ce système sont soumis aux pertes dues aux frottements, qui augmentent la valeur de la contre pression, par rapport à la valeur de la pression extérieure ou atmosphérique. Les pertes réduisent la détente de la turbine, car cette dernière s'arrête à une isobare plus haute que celle de référence, et ceci à comme

conséquence la réduction de la puissance utile et l'augmentation de la consommation spécifique.

Influence du type de combustible:

On obtient de meilleures performances si l'on emploie le gaz naturel plutôt que le gasoil. En effet la puissance débitée quand la charge est basse et les autres conditions (température ambiante, chute de pression, ...etc.) sont identiques est supérieure d'environ 2%, tandis que la consommation spécifique est inférieure de 0,7 jusqu'à 1% selon le modèle de TAG. Ces différences deviendront d'autant plus remarquables si nous comparons les performances obtenues avec du gaz naturel et avec des types de combustible de plus en plus lourds, tel que les combustibles résiduels. Ce comportement est dû au pouvoir calorifique plus élevé des produits générés par la combustion du gaz naturel.

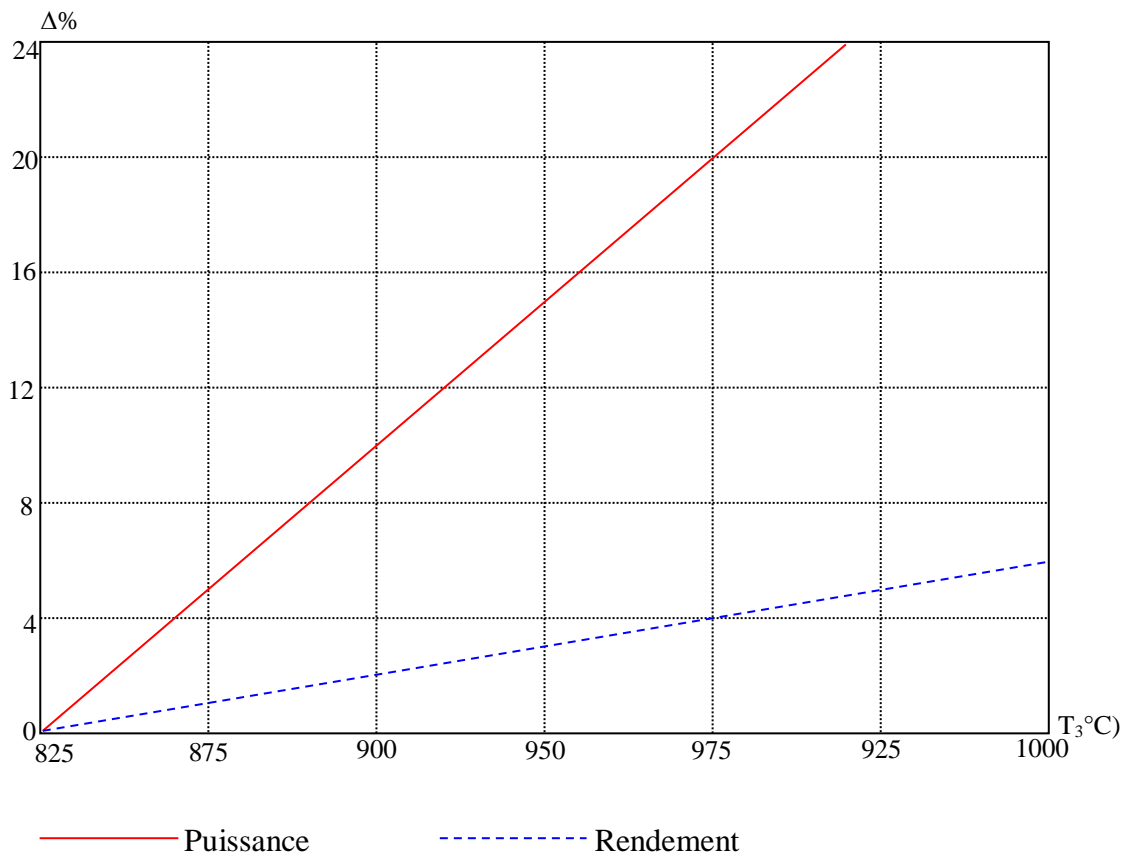


Figure 32 : Influence de T_3 sur la puissance et le rendement de la turbine.

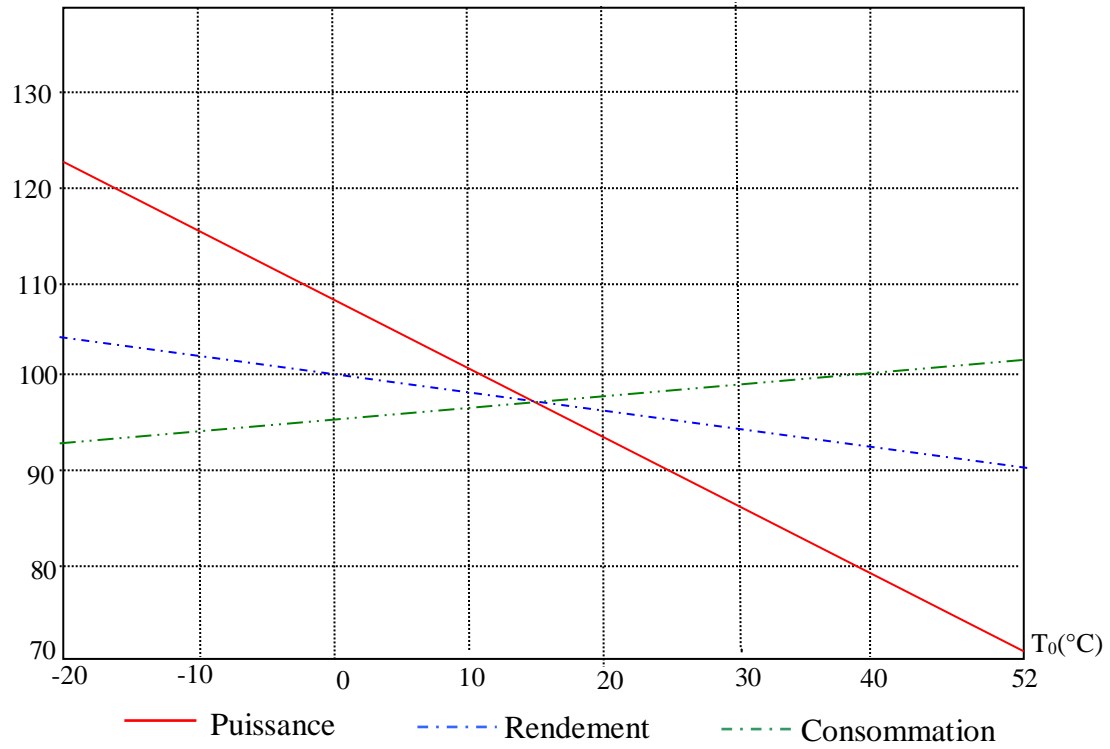


Figure 33 : Influence de la température ambiante sur le rendement, puissance et La consommation spécifique.

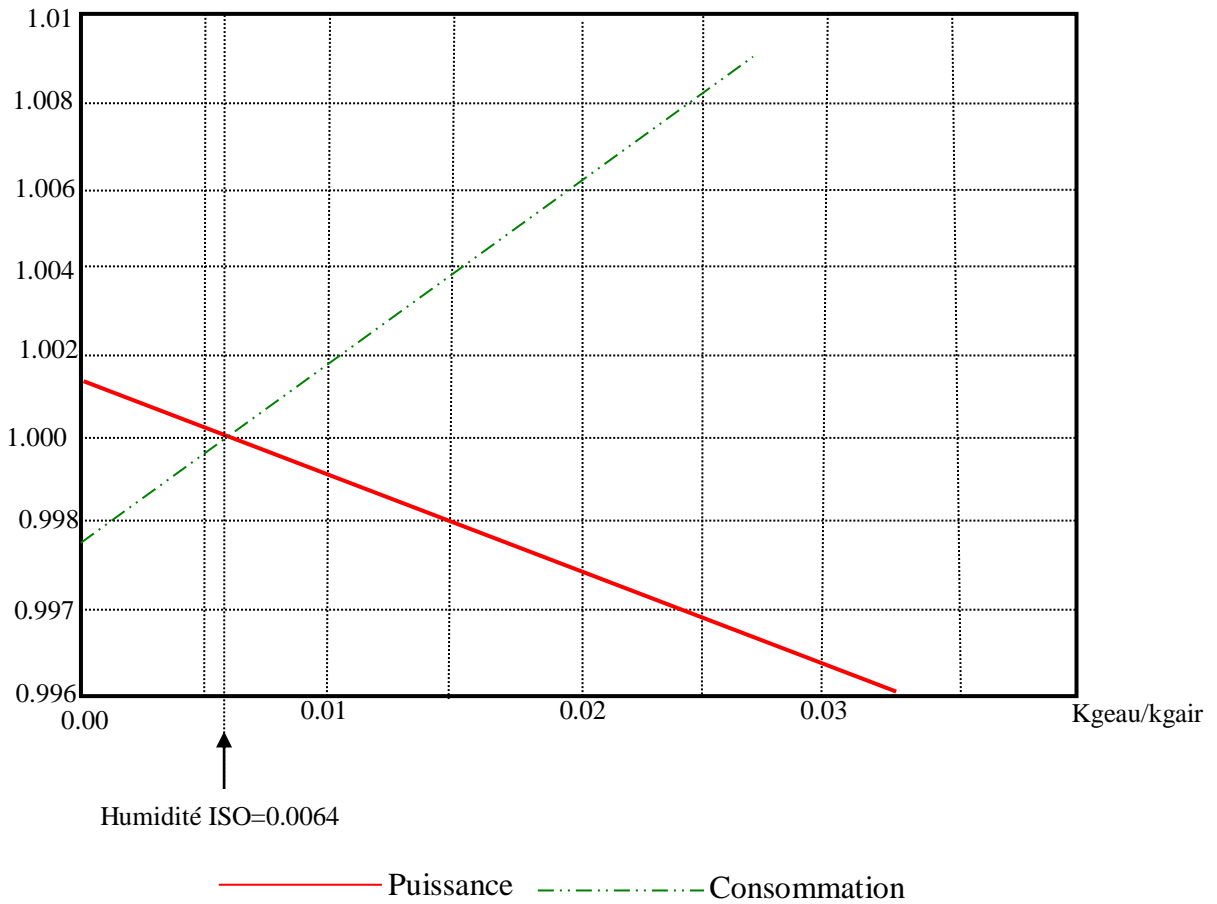


Figure 34 : Influence de l'humidité sur la puissance et la consommation spécifique

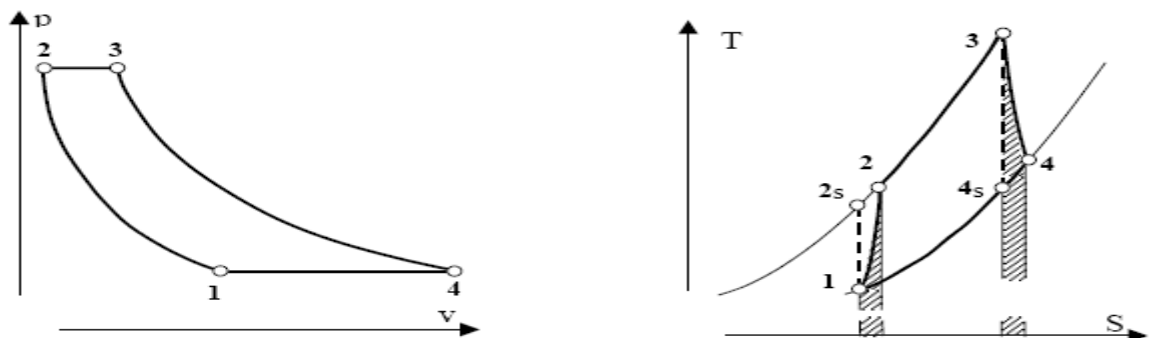
Calcul Thermodynamique Du Turbine a Gaz :

Figure 35 : Schéma de cycle thermodynamique de turbine a gaz.

En général, les turbines à gaz sont fabriquées par les constructeurs, pour travailler dans des conditions standard, qui ne peuvent être que théoriques. En réalité celles-ci travaillent dans des conditions différentes (régions aux conditions climatiques différentes).

A- D'après les données standard du constructeur ;

B- D'après les conditions climatiques (particulièrement aux températures ambiantes différentes selon le site).

Le but de cette étude thermodynamique est de déterminer tous les paramètres et performances TAG

Pour le calcul nous avons pris un taux de compression $\epsilon = 12,5$ et une puissance de 80 Mw.

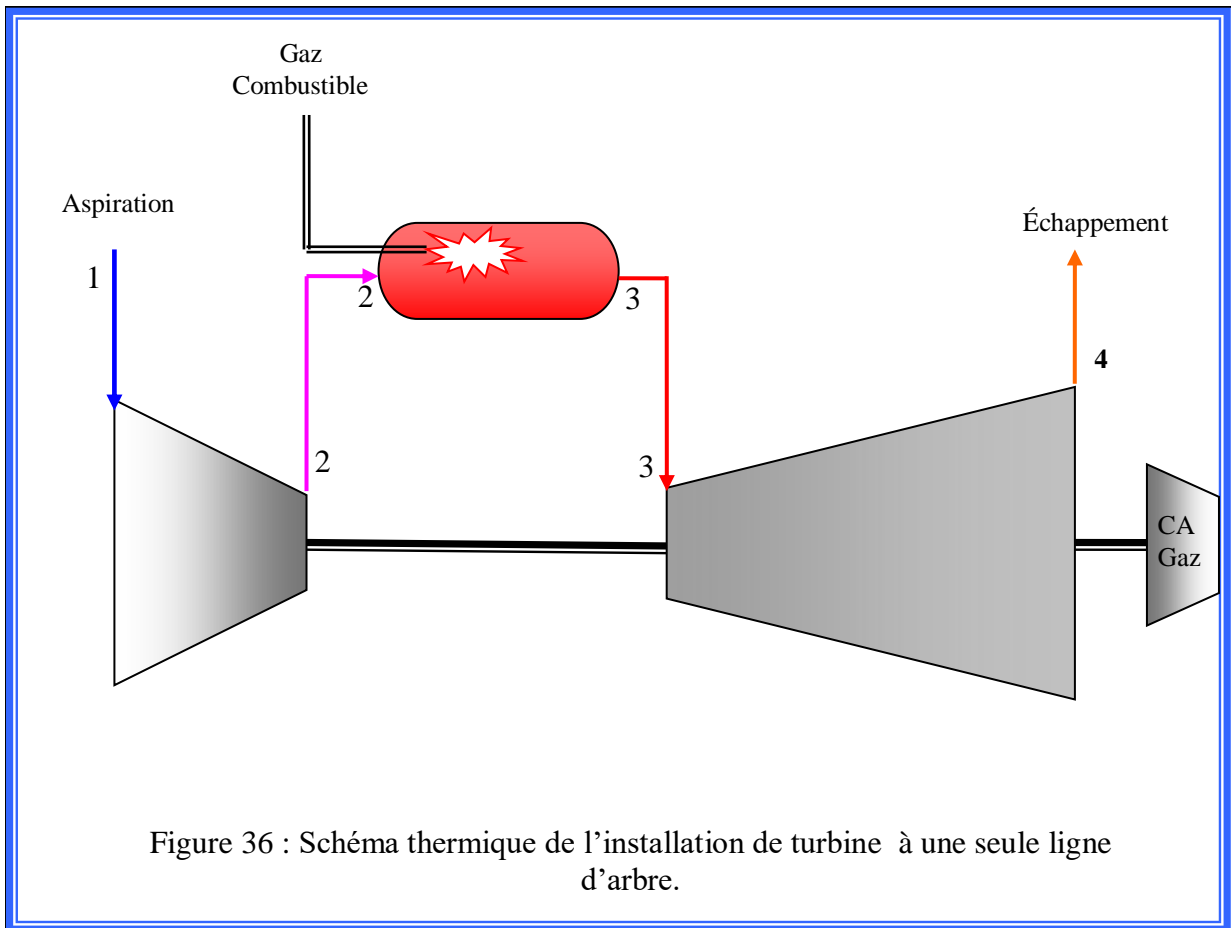
≈ Caractéristiques du combustible:

Combustible utilisé c'est le gaz naturel

Pouvoir calorifique du combustible :

$$P_{ci} = 44550 \text{ KJ/Kgc} = 10645 \text{ Kcal/Kgrc.}$$

Le débit massique de combustible $Q_c = 5,48 \text{ kg/s}$

**Calcul de T_2 :**

Transformation isentropique

$$T_2 = T_1 \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon_{cr}^m - 1}{\eta_{iscomp}} \right]$$

$$m = \frac{\gamma - 1}{\gamma} = 0.28$$

$$T_2 = 298 \cdot \left(1 + \frac{12.5^{0.28} - 1}{0.87} \right)$$

$$T_2 = 650^0 K$$

Calcul de T₄ :

Détente isentropique

$$T_{4is} = T_3 \cdot \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$T_{4is} = 1303 * \left(\frac{12.5}{1.013} \right)^{-0.28}$$

$$T_{4is} = 644^0 K$$

Calcul de la température T₄ réel :

$$\eta_{is} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4is}}$$

$$T_4 = T_3 - \eta_{is} \cdot (T_3 - T_{4is})$$

$$T_4 = 1303 - 0.88 \cdot (1303 - 644)$$

$$T_4 = 723.08^0 K$$

❖ **Débit et rendement:** ➤ **Travail massique et rendement:**

➤ Travail de la turbine :

$$W_T = C_p \cdot (T_3 - T_4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_3 = 1303^{\circ}K \\ T_4 = 724,08^{\circ}k \end{array} \right.$$

Donc $W_T = 1150 \cdot (1303 - 724.08) = 665758 \text{ J/kg}$

➤ Travail absorbé par le compresseur :

$$W_C = C_{\text{Pair}} (T_2 - T_1) = 1150 \cdot (650 - 298) = 404800 \text{ J/kg}$$

Le travail massique net devient :

$$W_{\text{NET}} = W_T - W_C = 260958 \text{ J/kg}$$

Sur l'arbre de la machine réceptrice, la puissance est égale à 80MW, le débit massique des gaz (Q_g)_T sera:

$$\mathfrak{T}_{\text{eff}} = \eta_m \cdot Q_g \cdot W_{\text{TBP}} \Rightarrow Q_g = \frac{\mathfrak{T}_{\text{eff}}}{\eta_m W_{\text{TBP}}}$$

$$Q_g = \frac{80 \cdot 10^8}{0.98 \cdot 312174} = 312,81 \text{ Kg/s}$$

$$\Rightarrow Q_g = 312,8 \text{ kg/s}$$

Le débit massique de combustible $Q_c = 5,48 \text{ kg/s}$

$$Q_c = 5,48 \text{ kg/s}$$

❖ **Le rendement thermique de l'installation:**

$$\eta_{\text{th}} = \frac{\mathfrak{T}_{\text{eff}}}{Q_{\text{CC}}} = \frac{W_{\text{TBP}} \cdot Q_g}{\text{PCi} \cdot Q_c} = \frac{250510,25 \cdot 312,87}{45 \cdot 10^5 \cdot 5,48} = 33\%$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{\mathfrak{T}_{\text{eff}} \cdot Q_g}{\text{PCi} \cdot Q_c} = \frac{260958 \cdot 312,8}{45 \cdot 10^5 \cdot 5,48} = 33\%$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{th}} = 33 \%$$

$$W_T = 260958 \text{ J/kg}$$

$$Q_g = 312,8 \text{ kg/s}$$

$$Q_c = 5,48 \text{ kg/s}$$

$$\eta_{\text{th}} = 33 \%$$

Nous allons faire dans cette partie une comparaison entre la TAG et la TAV de point de vue cycle thermodynamique, construction technologique et maintenance/exploitation.

1- Comparaison de point de vue thermodynamique :

Lorsque le rôle du fluide moteur est joué par une vapeur qui, après sa détente, se dirige dans un condenseur, ce fluide retourne à la source chaude sous forme liquide, et sa compression jusqu'à une pression supérieure au cycle n'absorbe qu'une fraction peu importante du travail fourni par la détente. Ainsi, dans le cas de la vapeur d'eau, la puissance absorbée par la pompe d'alimentation, le ventilateur et le turbocompresseur est de l'ordre de 6 à 9% de la puissance développée par la turbine. Il n'en est pas de même lorsque le fluide moteur est un gaz permanent ; celui-ci doit être comprimé à l'état gazeux par un compresseur, qui est l'un des principaux organes de cette installation.

Le taux de compression du compresseur est, à perte de charges près, égal à celui des pressions qui règnent à l'admission de la turbine. En tenant compte, d'une part, des températures et d'autre part, des rendements propres du compresseur et de la turbine, on constate que la puissance nécessaire au générateur de gaz de la TAG est de l'ordre des deux tiers de celle qui est développée par la TAG. Le tiers qui reste représente la puissance utile. Il en résulte, en particulier, qu'une variation du rendement de la turbine entraîne des répercussions beaucoup plus importantes que dans le cas d'une turbine à vapeur où la puissance utile ne diffère que de quelques centièmes de la puissance fournie par la détente. De même, le rendement du compresseur joue un rôle plus grand que celui de la pompe d'alimentation de la turbine à vapeur.

La substitution d'un gaz permanent à un fluide condensable présente encore un autre aspect ; dans le cas de l'eau, toute la chaleur latente qui reste à la fin de la détente est transmise à l'eau dans le condenseur. Elle est ainsi définitivement perdue. Pour réduire cette perte, on munit la turbine de soutirage de vapeur alimentant des réchauffeurs d'eau d'alimentation. La chaleur latente de la vapeur soutirée est ainsi réintroduite dans le cycle thermodynamique, et le rendement se trouve ainsi amélioré. Mais même dans des conditions idéales (nombre de soutirages infini, réchauffage de l'eau jusqu'à l'ébullition), seule une fraction de la chaleur de la vapeur peut être réintroduite dans le cycle, le reste devrait nécessairement être cédé à la source froide. Au contraire, dans le cas de la TAG, le fluide sortant de la turbine à gaz ne contient que de la chaleur sensible ; ce n'est pas seulement une partie mais, la totalité de cette chaleur qui peut être introduite dans le cycle.

Cela ne veut pas dire qu'une telle turbine à gaz fonctionne sans source froide ; mais contrairement à ce qui a lieu pour une turbine à gaz à cycle simple, le rôle de la source froide

est joué, non pas par l'atmosphère, mais par l'eau de réfrigération du compresseur, lequel, dans ce cas particulier doit réaliser une compression isotherme.

	T_{\max} (°C)	P_{\max} (bars)
Turbine à gaz	1303	11,86
Turbine à vapeur	480	65.7

$$\eta_{TAG} = 33\%$$

$$P_{TAG} = 80 \text{ MW}$$

$$\eta_{th} = 43\%$$

$$P_{TAV} = 78,6 \text{ MW}$$

2- Comparaison de point de vue technologique :

Les turbine à gaz diffèrent des turbines à vapeur par :

- ❖ la pression de fluide utilisé, beaucoup plus basses

$$p_{\max (TAG)} = 11,68 \text{ bars} \quad ; \quad p_{\max (TAV)} = 65,7 \text{ bars}$$

- ❖ les températures plus élevées.

$$T_{\max (TAG)} = 1303 \text{ K} \quad ; \quad T_{\max (TAV)} = 480 \text{ K}$$

Le premier point est favorable pour la construction, les parois sont plus minces et les pièces moins lourdes d'où :

- ❖ plus grande facilité de réalisation,
- ❖ diminution de prix de matériaux identiques,
- ❖ souplesse plus grande des tuyauteries leur permettent de s'adopter aux dilatations sans efforts excessifs sur les machines,
- ❖ limitation des contraintes thermiques transitoires donc possibilité d'une montée de température rapide, qualité particulièrement appréciée pour les groupes de pointe.

Ainsi lorsque l'énergie mécanique est produite à l'aide d'une turbine à vapeur, les produits de la combustion ne décrivent pas un cycle thermodynamique : il ne fournit pas directement de

travail, mais après avoir cédé la plus grande parties de leur chaleur à l'eau et sa vapeur, sont rejetés à l'atmosphère où il se refroidit jusqu'à la température ambiante. Cette transmission de la chaleur des gaz au fluide moteur est réalisée à l'aide des échangeurs constitués par les tubes de la chaudière, du surchauffeur de vapeur et de l'économiseur. La présence de tous ces échangeurs augmente notablement l'encombrement et le prix de l'installation.

Une telle séparation entre les fluides chauffant et les fluides chauffés par des surfaces d'échange disparaissent complètement dans une turbine à gaz à circuit ouvert ; la combustion est réalisée sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère, et ce sont les produits de la combustion eux-mêmes qui servent de fluide moteur. Les différents échangeurs gaz-eau, gaz-vapeur et gaz-air se trouvent ainsi supprimés, et la chaudière est remplacée par une chambre de combustion qui est un appareil beaucoup plus simple.

Tableau 7 : Comparaison de point de vue technologique.

Turbine à vapeur	Turbine à gaz
<p>❖ Matériaux ; Tuyères</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- acier au Mn(C 0,35 ; Mn 2%) 2- acier au CrMo Cr (C 0,2 ; Cr13 ; M 0,1) 3- acier au CrNiW (Cr 18 inoxydable) 4- acier à 14% de Cr <p>Rotors et disques Acier qui contient généralement 1,5% de Cr ; 0,4% de Mo ; 1% de Mn</p> <p>❖ Encombrement Elle comporte une chaudière, un condenseur, turbopompe alimentaire et d'extraction, ainsi qu'un dégazeur.</p> <p>❖ Démarrage Il nous faut au moins 1heure 30minute pour la démarrer. Sans tenir compte le temps de démarrage de la chaudière.</p>	<p>❖ Matériaux Aubes mobiles</p> <ol style="list-style-type: none"> 1-Super alliages à base de nickel renforcés par durcissement et traitement thermiques. GTD-111, 2- les éléments critiques (Cr, Mo, Co, Al, W et Ta) <p>Directrice des étages -alliage à base de cobalt GTD-222</p> <p>❖ Encombrement Un seul compartiment qui contient toutes les éléments</p> <p>❖ Démarrage Démarrage rapide 9 minutes, démarrage normal 21 minute</p>

3- Comparaison de point de vue maintenance et exploitation :

La représentation des coûts de maintenance montre que pour un système industriel, le coût d'acquisition ne représente qu'une partie du coût de l'équipement tout au long de sa vie.

Donc pour choisir un système d'entraînement ou le concevoir, il faut prendre en compte l'ensemble des coûts de maintenance et d'exploitation tout au long de sa vie et pas seulement son coût d'acquisition.

Le coût de maintenance sont décompose en deux :

Les coûts de la maintenance indirects (imc) : qui comprend :

- ❖ le coût du personnel non imputable, avec certitude, à une tâche de maintenance
- ❖ l'instruction du personnel
- ❖ les dépenses d'entretien, de réparation des outillages, spécifiques ou non
- ❖ les dépenses liées à l'évolution et à la mise à jour de la documentation technique
- ❖ les dépenses d'infrastructures, d'entretien des installations, des véhicules
- ❖ les dépenses administratives liées au recours en garantie

Les coûts de maintenance directs (DMC) : qui se décomposer de la manière suivante :

- ❖ les dépenses de main d'oeuvre technique d'exécution imputables avec certitude :
 - ⌘ à des tâches de maintenance programmées ou non programmées
 - ⌘ à l'application des modifications impératives pour des raisons de sécurité
 - ⌘ aux frais de l'assistance technique du constructeur, du motoriste et des équipementiers pour les travaux de maintenance et de réparation
- ❖ les dépenses en pièces de rechange et en éléments consommables, réparables et révisables, effectivement utilisés pour l'entretien, les révisions et les réparations de la structure, des systèmes, des équipements et des moteurs.

Les dépenses de main-d'œuvre pour la turbine à vapeur est beaucoup plus élevée que celles d'une turbine à gaz en matière de nombre d'homme-heure. Pour chaque cas on a :

Tableau 8 : Comparaison de point de vue maintenance.

	Turbine à vapeur	Turbine à gaz
Période d'intervention (heure de fonctionnement)	<ul style="list-style-type: none"> ☞ visite V1 Selon l'état ☞ Inspection V2 tout les deux ans ☞ Révision générale V3 50 000 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Visite du système de combustion (CI) 8000 ☞ Inspection de la veine du gaz chaud (HGPI) 24000 ☞ Révision générale (MI) 48000
Homme heure	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Groupe turbine V3 6756 Homme heure 3 étrangers pendant 45 jours 13000 Euro/jour ☞ Economiseur V1 : 90Homme heure V2 : 420Hommes heures V3 : 700 Hommes heures ☞ TP ; TC ; TV V2 345 Homme heure V3 1770 hommes heure ☞ Chaudière V3 4510 Homme heure 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Combustion 152 Homme heure ☞ HGPI 2696 Homme heure ☞ MI 5292 Homme heure

Ainsi que le taux de défaillances d'une turbine à vapeur et supérieur à celui d'une turbine à gaz. Dans le premier cas on a un système en série avec la présence d'une chaudière, économiseur, condenseur et pompe alimentaire. Donc plus d'interventions pour la turbine à vapeur.

Pour l'assistance technique du constructeur la turbine à gaz MS 9001 GE et moins coûteuse par rapport à la turbine à vapeur grâce a la présence d'une antenne de Général électrique en Algérie exactement à Hssi R'mel « Algesco ». Ainsi que le savoir faire de la Sonatrach concernant les turbine à gaz de même famille GE, et aussi d'une base de données importante en termes de maintenance et d'exploitation.

Enfin, signalons que le DMC est un coût généralement exprimé par mesure d'usage : on parle de coût de maintenance par heure de fonctionnement, par kW/h ou encore par masse produite. Le coût d'un kW/h produit par une turbine à vapeur se trouve ainsi supérieur à un kW/h produit par une turbine à gaz. Le coût globale de la maintenance d'une turbine à vapeur et plus grand que celle d'une turbine à gaz. Les coût de non efficacité de la turbine à vapeur et aussi plus grand, à cause d'un manque d'eau, du temps de démarrage beaucoup plus important après un arrêt d'urgence ou d'une défaillance grave et du taux de défaillance plus important.

CONCLUSION GENERALE

Le désir de réaliser des économies importantes en construisant des installations de plus en plus grandes de traitement de GNL à unité simple, conduit la technologie de conception dans des domaines peut sûrs et imprévisibles. Une des principales préoccupations a été la réalisation des gros compresseurs et leurs moteurs d'entraînement, avec le coût d'exploitation et de maintenance, ainsi qu'une disponibilité et fiabilité optimale.

Bien qu'un système de compresseur entraîné par turbine à gaz puisse avoir un coût d'investissement moins élevé (Turbine à vapeur 800 à 1000\$/kW, Turbine à gaz 300 à 350\$/ kW), sa simplicité de fonctionnement et sa fiabilité éprouvée.

Les turbines à gaz présentent, encore autres avantages :

- ❖ Un faible encombrement par rapport à la turbine à vapeur, du fait de la suppression de la chaudière.
- ❖ En outre sa mise en route peut être presque instantanée, puisqu'elle n'est pas tributaire de la mise en pression préalable d'une chaudière
- ❖ La possibilité de fonctionner avec un faible débit d'eau et même à la limite de s'en passer complètement facilite évidemment le choix du site pour turbine.
- ❖ A cet avantage s'ajoute celui d'un coût d'investissement par Kilowatt inférieur à celui d'une installation comportant une turbine à vapeur,
- ❖ Ainsi que celui de frais d'exploitation et d'entretien qui sont également plus bas.
- ❖ En revanche, son rendement est inférieur à celui d'une centrale à vapeur et, ce qui est également important (avec récupération on peut améliorer le rendement jusqu'à 56% qui est supérieur à celle d'une installation à vapeur), elle se prête moins facilement à l'utilisation de combustible de mauvaise qualité (ici le combustible utilisé et le gaz naturel pour les deux installations).

De là résulte l'intérêt de la turbine à gaz qui présente un ensemble de qualités qui la rendent particulièrement bien adaptée :

- ❖ aux centrales où la rapidité de démarrage est avérée.
- ❖ soit pour la production de force motrice ou d'électricité dans les régions dépourvues d'eau.

Recommandation :

D'après cette comparaison nous suggérons qu'il est mieux utilisé un cycle combiné (TAG & TAV) avec récupération on peut améliorer le rendement jusqu'à 56% qui est supérieur à celle d'une installation à vapeur.

Résumé

FRANÇAIS :

Les turbine sont des machines plus important dans le monde actuellement pour assuré plusieurs fonctions. On peut classer deux familles de turbine, à gaz et turbine à vapeur. La turbine à gaz est déférent a l'autres a parti de technologie, maintenance et au point de vue thermodynamique.

Dans ce travail consiste à faire une étude comparative entre une TAV et TAG au point de vue technologique, maintenance et au point de vue thermodynamique. Après l'achèvement de la comparaison, nous avons constaté que TAG est meilleure que TAV en termes de coût économique de TAV 1000 \$ou Crown 350 \$.

Les mots clé : turbine, TAV (turbine a vapeur),TAG(turbine a gaz) ,technologie, maintenance, thermodynamique, comparaison.

ANGLAIS:

Turbines are the most important machines in the world currently for insured multiple functions. There are two families of turbine, gas and steam turbine. The gas turbine is deferential to others from technology, maintenance and the thermodynamic point of view.

In this work is to make a comparative study between a TAV and TAG from the technological point of view , maintenance and from the thermodynamic point of view. After the completion of the comparison we found that the TAG is better than TAV in terms of economic cost of TAV 1000 \$ or TAG 350 \$.

Key words: turbine, TAV (steam turbine), TAG (gas turbine), technology, maintenance, thermodynamics, comparison.

ARABE:

التوربينات هي من أهم الآلات في العالم في الوقت الحالي لوظائف متعددة . هناك عائلتان من التوربينات , الغازية و التوربينات البخارية . التوربينات الغازية تختلف عن الأخرى من حيث التكنولوجيا ، والصيانة ، والوجه الديناميكي الحراري.

في هذا العمل نقوم بأجراء مقارنة بين التوربينات الغازية و البخارية من حيث التكنولوجيا التي تعمل بها , اعمال الصيانة و من جهة الديناميكية الحرارية الخاصة بكل توربين

بعد الانتهاء من المقارن وجدنا بأن تاج أفضل من تاف من الناحية الاقتصادية حيث تكلفت التاف 1000د أما التاج د350.

الكلمات المفتاحية: التوربينات ، التاف (التوربينات البخارية) ، التوربين الغازي ، التكنولوجيا ، الصيانة ، الديناميكا الحرارية ، المقارنة