وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministre de l'esignemement superieur et de la recherche sientifique

جامعة يحيى فارس بالمدية

Université Yahia Farès de Médéa

كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

Département: génie mécanique /قسم : الهندسة الميكانيكية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : construction mécanique

Thème

Etude d'une turbine GE MS 3002 et conception d'un nouveau système de lancement

Présenté par :

Anabi Omar

Boudjouabi Youcef

Propose et diriger par :

DR .Zemerline Adel.

Année Universités: 2021 / 2022

RÉSUMÉ

Les turbines à gaz font partie des machines les plus utilisées dans la production de l'énergie utile. Ces machines thermiques fonctionnent suivant les cycles de puissance à deux phases. Ce travail, à intérêt d'étudier la turbine GE MS 3002et conception un nouvelle système de lancement qui permet de diminuer les heures de marche de la turbine.

ملخص

تور بينات الغاز هي من بين الآلات الأكثر استخداما على نطاق واسع في إنتاج الطاقة المفيدة. تعمل هذه الآلات الحرارية وفقا لدورات الطاقة ثنائية الطور. هذا العمل، لديه مصلحة لدراسة بينات وتصميم نظام إطلاق جديد يقلل من ساعات تشغيل التور بينات (GE MS 3002).

SUMMARY

Gas turbines are among the most widely used machines in the production of useful energy. These thermal machines operate according to the two-phase power cycles. This work, has interest to study the GE MS 3002 turbine and designs a new launch system that reduces the operating hours of the turbine.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à notre cher encadreur, Docteur **Zemerline Adel**, enseignant Au département du Génie Mécanique de la faculté de sciences et de technologie de l'université Yahia fares de Médéa. Pour sa patience, sa disponibilité, sa rigueur scientifique et surtout ses conseils judicieux qui ont alimenté notre réflexion.

Nous désirons aussi remercier l'ensemble du corps professoral du département du Génie Mécanique pour leur écoute et encadrement durant tous notre cursus.

Dédicaces

Nous avons toujours pensé faire ou offrir quelque chose à nos parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils n'ont consenti rien que pour nous voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.

A ceux qui nous ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.

A ceux qui sont la source de notre inspiration et de notre courage, à ceux qui nous doivent de l'amour et de la reconnaissance.

A nos très chères mères et pères.

A nos frères et nos Sœurs.

A nos nièces et neveux

A tous les membres de nos familles

A nos amis, et toutes les personnes qui nous ont connus de près ou de loin.

Et spéciales dédicaces pour l'équipe de formation de l'université.

A tous mes amis d'université de Médéa surtout le groupe de génie mécanique construction.

ANABI Omar BOUDJOUABI YOUCEF

LISTES DES FIGURES

Chapitre I : Généralités sur les turbines.

Figure I.1 : Différents composants d'une turbine à gaz……4

Figure I.2 : Définitions des températures de flamme……5

Figure I.3 : Représentation du cycle d'une turbine à gaz……..6

Figure I.4 : Schéma d'une turbine à gaz à une ligne d'arbre…….7

Figure I-5 : Schéma d'une turbine à gaz à deux lignes d'arbres…7

Figure I-6 : Cycle de Beau de Rochas…….10

Figure I-7 : Principe de fonctionnement du moteur à combustion….11

Figure I-8 : Diagramme (P, V) du cycle Diesel……12

Figure I-9 : Composants principaux d'un turboréacteur……..13

Figure I-10 : Composants principaux d'un turboréacteur…….14

Figure I-11: turboréacteur avec un ventilateur arrière……...15

Figure I-12: Turbofusées……...16

Figure I-13: Avion nucléaire…….16

Figure I-14 : Production d'électricité par Turbine à gaz- cycle simple…..17

Figure I-15 : Production d'électricité : centrale électrique à cycle combiné….18

Figure I-16 : Centrale de cogénération…….18

Figure I-17 : unité de turbine à gaz dans le système d'énergie…….19

Figure I-18 : Centrale nucléaire de turbine à gaz à circuit fermé……..19

Figure I-19 : Réacteurs à neutrons rapides à caloporteur gaz……20

Figure I-20: Turbine à gaz fournissant l'air de combustion préchauffé pour des chaudières à vapeur……21

Figure I-21: Générateur à gaz assurant les gaz chauds pour un processus industriel……..21

Figure I-22: processus pressurisé utilise dans la fabrication de l `acide nitrique……..22

Figure I-23 : Réinjection des gaz résiduels……23

Figure I-24 : la turbine à vapeur…….25

Figure I-25 : étages d'une turbine à vapeur……26

Figure I-26: schéma d'une centrale à vapeur…….27

Figure I-27 : Turbine hydraulique de type Pelton……...29

Figure I-28: Turbine Francis…….....29

Chapitre II : Description de la turbine GE MS 3002.

FigureII-1:turbine à gaz GE MS 3002……..31

Figure II-2 : schéma turbine à gaz GE MS 3002……..31

Figure II-3 : Principe d'une turbine à gaz bi-arbre…**…….**32

Figure II-4 : sections *turbine* à gaz GE MS 3002…**……..**33

Figure II-5:compresseur axiale……34

Figure II-6: section combustion……...35

Figure II-7 : directrice fixe de premier étage……36

Figure II-8: directrice de deuxième étage……..37

Figure II-9: les paliers d'une turbine à gaz……38

Figure II-10: les rotors HP ET BP…**…….38**

Figure II-11 : réducteur des auxiliaires……..40

Figure II-12: système d'admission…….41

Figure II-13 : Système d'échappement……..42

Figure II-14 : système d'huile de graissage……...44

Chapitre III : l'étude de L`ancien système de lancement pour la **turbine GE MS 3002 et le nouveau système de lancement.**

Figure III-1 : Séquence typique de lancement automatique de la turbine à gaz…..49

Figure III.2 : schéma descriptive des défirent mécanisme intervenant dans .le système de lancement……..50

Figure III.3 : turbine de lancement coppus RL……50

FigureIII.4 : turbine de lancement coppus RL (Schéma industrielle)……51

Figure III.5 : schéma significatif de nouveau système de lancement…….53

Figure II.6: Convertisseur de couple…**……**…….54

Figure III.7 : vue en coupe du model 4-SGE-1607-2……55

Figure III.8 : représentative de système d'encliquetage……56

Chapitre VI: l'étude numérique de système d'embrayage et modélisation.

Figure VI.1 : schéma description des défèrent vitesse des arbres de sortie auxiliaire de turbine….57

Figure VI.2 : Dessin d'ensemble système d'embrayage SOLIDEWORKS…….58

Figure VI .3 : Ensemble des pièces constituant l'embrayage…….....59

SOMMAIRE

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralités sur les turbines

I.1- Généralités sur les turbines…… 2

I.2- Présentation……..3

I.2.1- Composants d'une turbine à gaz…….4

I.2.1.1- Entrée d'air……4

I.2.1.2 : Compresseur…….4

I.2.1.3- Chambre de combustion…….. 5

I.2.1.4- Turbine de détente…… 6

I.2.1.5- Echappement de la turbine à gaz…….6

I.2.2- Puissances et rendements…….7

I.2.3- différant types de turbine à gaz……...7

I.3- Applications de la turbine à gaz…….8

I.3.1- Réalisation pratique……..... 8

I.3.2- Limites techniques et avantages……..8

Les avantages inhérents à ce type de machine 8

I.3.3- Domaines d'utilisation…… 9

I.3.3.1- Aéronautique……..9

I.3.3.1.1- Turbocompresseur……..9

I.3.3.1.1.1 : Cycle de Beau de Rochas ou cycle Otto. 10

I.3.3.1.1.2 : Description du cycle. 11

I.3.3.1.1.3: Cycle Diesel Rudolf Diesel (1897). 12

I.3.3.1.2- Turbine à gaz d'avion……13

I.3.3.1.3- Moteur de turbopropulseur……...13

I.3.3.1.4- Moteur de Turbojet….....13

I.3.3.1.5- Moteur de turboréacteur……14

I.3.3.1.6- Moteur de turbofusée……..16

I.3.3.1.7- Moteur d'avion nucléaire……16

I.3.3.2- Turbine à gaz pour la production d'énergie électrique………...**17**

I.3.3.3- Unité d'énergie totale……19

I.3.3.4- Unité d'énergie totale……19

I.3.3.5- Turbines à gaz dans l'industrie pétrochimique…….. 20

I.3.3.6- Utilisation des turbines à gaz dans les stations de réinjection dans un gisement de pétrole et de gaz. 22

I.3.4- Conclusion……..24

I.4:La turbine à vapeur……... 25

I.4.1 : Composantes d'une turbine à vapeur……..26

I.4.1.1 : La pompe…….26

I.4.1.2 : La chaudière……... 27

I.4.1.3 : La turbine……27

I.4.1.4 : Le condenseur…….27

I.5 : Les turbines hydrauliques………...**28**

I.5.1 : Les turbines à Action……29

I.5.2 : **Turbine Pelton……29**

I.5.3 : Les turbines à Réaction…….29

Chapitre II : description de la turbine GE MS 3002.

II.1 : Description de la turbine à gaz GE MS 3002…….31

II.1.1 : Introduction……..31

II.1.2 : Description de fonctionnement……...32

II.1.3 : Sections de la turbine à gaz……33

II.1.3.1: Compression……..34

II.1.3.2 : Combustion……...35

II.1.3.3 : Turbine…….36

II.1.4 : Le compartiment des auxiliaires……...39

II.1.5 : Les systèmes de la turbine à gaz……41

II.1.5.1: Système admission……41

II.1.5.2 : Système d'échappement……..42

II.1.5.3 : Système de démarrage……43

II.1.5.4 : Système d'huile de graissage……..43

II.1.5.5: Système hydraulique……44

II.1.5.6 : Système de protection de la turbine à gaz…….45

Chapitre III : l'étude de L`ancien système de lancement pour la turbine GE MS 3002 et le nouveau système de lancement.

III.1 : PRSENTATION……..48

III.2 : Etude de L'ancien système de lancement et la conception de nouveau système de lancement…49

III.2.1 :l'Ancien système de lancement……49

III.2.1.1 : Etat 1 : avant lancement……..49

III.2.1.2 : Etat 2-lancement……...49

III.2.1.3 : Etat 3-arrêt……49

III.2.2 : Description de système de déclenchement de sécurité….52

III.2.3: Désavantages…….52

III.2.4: Les avantages……52

III.3 : La conception d'un nouveau système de lancement….53

III.3.1 : Un convertisseur de couple …… 54

III.3.2 : Une description de model 4-SGE-1607-2……54

III.3.3 : système d'encliquetage hydraulique……...56

III.3.4 : Système d'embrayage a griffes (on conserve l'ancien système)….56

Chapitre VI: l'étude numérique de système d'embrayage et modélisation.

VI.1 : Modalisation et simulation d'embrayage de friction…….57

VI.2 Conclusion……64

Conclusion générale……..65

Bibliographie…….66

Annexes…….67….68

NOMENCLATURE

Symbole	Signification	Unités
h_g	Enthalpie massique du liquide saturé à la pression P_i	***kJ/kg***
he	Enthalpie massique à l'état ***'i'***	***kJ/kg***
h_{fl}	Enthalpie massique de la vapeur saturée à la pression P_i	***kJ/kg***
$\dot{m}_a$	Le débit massique de la vapeur restante	m^3/s
$\dot{m}$	Le debit massique total.	m^3/s
$\dot{m}_e$	Le débit massique de la vapeur soutirée de la turbine	m^3/s
P_i	La pression à l'état ***'i'***	***kPa***
η_{th}	Ren dement thermique du cycle	-
Pci	pouvoir calorifiques inferieur	
W	vitesse angulaire	$rad \times s^{-1}$
C	couple de transmission	Nm

INTRODUCTION GENERALE

Les turbines à gaz ont connu ces dernières années un développement considérable dans de nombreuses applications industrielles en particulier dans le domaine des hydrocarbures et de la production d'énergie électrique, et en particulier dans le domaine du transport et de réinjection du gaz, notamment en Algérie.

L'évolution de la turbine à gaz et son succès ont été conditionnés par l'amélioration de ces performances techniques. Les exigences de haute sécurité, la réduction des coûts d'exploitation, la maîtrise de la disponibilité des équipements et l'amélioration de leur fiabilité donnent à la maintenance des systèmes un rôle prépondérant. Elle doit permettre de n'intervenir qu'en présence d'éléments défectueux, de minimiser le temps de réparation, et de fournir un diagnostic fiable et facilement interprétable malgré la complexité des équipements. Cela implique la mise en place impérieuse d'une maintenance préventive qui est l'une des méthodes actuelles les plus utilisées dans l'industrie.

Nous proposons dans ce mémoire un nouveau système de lancement basé sur un moteur d`entrainement électrique et un embrayage connecté l'arbre de sortie de l'ensemble de convertisseur de couple à l'arbre principal de réducteur auxiliaire de vitesse. L'embrayage est engagé par les cylindres hydrauliques et il est désactiver par les ressorts de retour dans les cylindres. Le système est conçu pour maintenir l'embrayage dans la position active toutes les fois exceptant les fois où la turbine à gaz fonctionne. .

Ce travail est structuré en trois chapitres :

■Le premier chapitre donne un aperçu général sur les turbines et description de la turbine GE MS 3002.

■Le deuxième chapitre Description de la turbine GE MS 3002.

■ Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de L`ancien système de lancement pour la turbine GE MS 3002 et le nouveau système de lancement.

■ Le quatrième chapitre Etude numérique et modélisation de système d'embrayage de nouveau système de lancement.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES TURBINES ET DESCRIPTION DE LA TURBINE GE MS 3002

I.1- Généralités sur les turbines :

Les turbines sont des appareils dans lesquels a lieu un échange d'énergie entre un rotor tournant autour d'un axe à vitesse constante et un fluide en écoulement permanent. Une turbine à gaz, appelée aussi turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure (fuel, gaz...).
Selon le type de fluide utilisé, dit fluide actif ou fluide moteur, on a une turbine hydraulique, une turbine à vapeur ou une turbine à gaz. Dans ce dernier cas, le fluide moteur le plus fréquemment utilisé provient des gaz de combustion d'un combustible liquide ou gazeux.

Selon le type d'énergie délivrée, les turbines à gaz se répartissent en deux classes : d'une part, les turbomoteurs fournissant de l'énergie mécanique disponible sur un arbre et, d'autre part, les turboréacteurs fournissant de l'énergie cinétique utilisable pour la propulsion.

C'est dans l'aéronautique que la turbine à gaz s'est imposée en priorité. Les turboréacteurs sont utilisés de façon quasi universelle pour la propulsion des appareils à voilure fixe : avions et missiles. Seule l'aviation générale (tourisme, affaires) utilise encore les moteurs alternatifs mais leur domaine est sans cesse éliminer par la turbine à gaz. Pour les voilures tournantes, de façon similaire, les turbomoteurs équipent aussi la quasi-totalité des différents types d'hélicoptères [3].

Parmi les utilisations non aéronautiques, très diversifiées on peut citer :

- ✓ les turboalternateurs, destinés aux centrales de pointe et aux groupes de secours, bénéficient au mieux des qualités fondamentales de la turbine à gaz que sont la rapidité de démarrage, la facilité de mise en œuvre, la fiabilité élevée.
- ✓ les machines utilisées dans les stations de pompage et de recompression des gazoducs et Oléoducs ainsi que sur les plates-formes pétrolières off-shore qui bénéficient des mêmes avantages avec en plus l'emploi d'un carburant local bon marché.
- ✓ la traction terrestre, qu'elle soit ferroviaire avec les turbotrains ou d'application militaire Pour les véhicules blindés, utilise en outre la grande puissance volumique de la turbine à gaz comparée à celles des moteurs Diesel.
- ✓ les installations industrielles dites à énergie totale où le turbomoteur peut fournir simultanément trois formes d'énergie : électrique (alternateur), pneumatique (par prélèvement d'air sur le compresseur), calorifique (récupérateur de chaleur des gaz d'échappement). Le rendement d'ensemble de telles installations est ainsi fortement revalorisé et peut atteindre 50 à 60 %.

✓ les groupes auxiliaires de puissance ou GAP constituent enfin une classe de machines bien adaptée à la turbine à gaz : les groupes de conditionnement d'air sont utilisés tant sur les aéronefs que sur les turbotrains ; d'autres types de GAP sont employés à des fins militaires (génération d'électricité) ou civiles (groupes de mise en œuvre et de maintenance au sol des avions).

I.2- Présentation :

Les turbines à gaz sont construites dans une gamme très large de puissance de 25 kW à 250 MW.

Les informations ci-après concernent surtout les machines de 1 à 40 MW les plus utilisées en cogénération (produire deux formes d'énergie différentes simultanément).

A poste fixe, les combustibles utilisés sont, pour les turbines courantes, du gaz (naturel, GPL ou biologique) ou du fuel domestique comme kérosène ou gasoil. Les TAG peuvent aussi brûler du fuel lourd ; mais celui-ci doit subir des traitements très complexes (enlèvement du sodium et des particules solides, inhibition du vanadium, etc.). De plus, les gaz d'échappement doivent aussi être traités pour répondre aux normes environnementales. L'exploitation et la maintenance sont donc beaucoup plus coûteuses, la durée de vie réduite [1-2, 4-5].

Le combustible doit être injecté dans les chambres de combustion à des pressions élevées (13 à 45 bar), Cela est aisé pour les fiouls. Par contre, le gaz naturel est délivré par des réseaux, soit de transport entre 40 et 75 bars, soit le plus souvent, de distribution entre 4 et 16 bars. Quand la pression du réseau n'est pas suffisante, il faut ajouter des suppresseurs de gaz. Ces appareils sont coûteux et consomment de la force motrice. Pour les petites installations, ils diminuent l'intérêt économique du secteur.

La combustion dans une TAG s'effectue avec des excès d'air très importants (350 à 500 %). Il en résulte que, pour un modèle donné, la puissance va varier sensiblement avec la température d'entrée d'air et avec l'altitude. Le compresseur, pour une même vitesse, donnant un débit massique plus important, la puissance sera plus forte en hiver, ce qui est un avantage pour l'utilisation en génie climatique. Une autre conséquence est la décroissance très rapide du rendement avec la charge.

La puissance fournie par une TAG dépend des caractéristiques de l'air aspiré : température, humidité et pression. elle va donc varier suivant la saison et l'altitude du lieu d'implantation. De même, la puissance est fonction des pertes de charge amont sur l'air aspiré (gaine, filtre et silencieux) et aval sur les gaz d'échappement (silencieux, batterie ou chaudière de récupération, gaine, cheminée, etc.). Les constructeurs fournissent des courbes précises donnant les caractéristiques de fonctionnement en fonction de ces différentes valeurs. Quasiment, toute l'énergie thermique du combustible non transformée en énergie mécanique se retrouve sous forme de chaleur dans les gaz d'échappement. Ceux-ci sont donc très chauds (entre 450 et 550°C) et servent, à réchauffer des fluides caloporteurs ou utilisés pour la production de la vapeur.

Les gaz d'échappement sont normalement dirigés soit sur une batterie, soit sur une chaudière. Une vanne de dérivation dite d'aiguillage permet d'envoyer tout ou une partie des gaz d'échappement directement à l'atmosphère. Elle sert aux démarrages et pour la marche en secours, ainsi que pour les périodes où toute la chaleur récupérable des gaz d'échappement ne peut être utilisée. Un soin particulier doit être apporté à l'étanchéité de cette vanne pour éviter une perte continue de gaz chauds à l'atmosphère.

Les gaz d'échappement des TAG sont peu chargés en poussières et comportent 15 à 17 % d'oxygène. Ils peuvent être utilisés dans l'industrie pour le chauffage direct de séchoirs et, surtout, comme air comburant dans des brûleurs spéciaux dits de postcombustion qui s'adaptent à des chaudières ou à des générateurs. On obtient ainsi d'excellentes performances globales [1-2, 4-5].

I.2.1- Composants d'une turbine à gaz :

Une turbine à gaz (figure (I-1)) est constituée par : une entrée conditionnant l'air (Filtration et éventuellement refroidissement), un compresseur, une chambre de combustion, une turbine de détente, l'échappement vers une cheminée. Pour la production d'électricité, une majorité de turbines à gaz sont construites autour d'un seul arbre sur lequel sont disposés le compresseur, la turbine de détente, l'alternateur et éventuellement certaines pompes ou un réducteur pour les machines de puissance inférieure à 100 MW [1-3, 6-9].

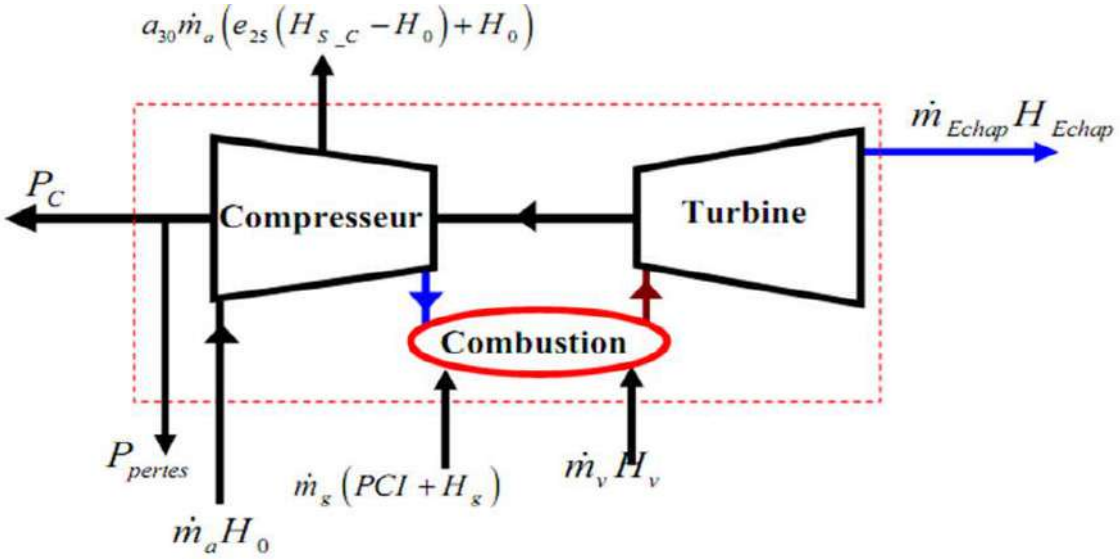


Figure (I-1) : Différents composants d'une turbine à gaz.

I.2.1.1- Entrée d'air : comporte un système de filtration générant une perte de charge qui varie de 0,3 % à 1,3 % (usuellement exprimée en mm de colonne d'eau : de 30 à 130 mm CE) en fonction de son encrassement ; il est modélisé par un coefficient de perte de charge, qui peut être calé sur une perte de charge de 0,6 % à pleine puissance. L'éventuel refroidissement de l'air à l'entrée sans descendre au-dessous d'une température de 5 à 7 °C pour éviter les problèmes de givrage, s'effectue par des systèmes réfrigérants à évaporation, à pulvérisation d'eau ou à fluide caloporteur froid. Le premier et le dernier de ces systèmes induisent une perte de charge supplémentaire de l'ordre de 0,25 %. Les deux premiers sont efficaces en cas d'air chaud et sec et utilisent l'enthalpie de vaporisation de l'eau pour refroidir l'air en accroissant son humidité à respectivement 90 % et 95 %. La mesure de la perte de charge dans l'entrée d'air est importante pour estimer l'encrassement des filtres en la corrigeant des influences du débit d'air aspiré et des conditions atmosphérique.

L'enthalpie H peut être estimée en gaz parfait à partir de la température, donc l'estimation de la puissance du compresseur nécessite la mesure des températures de l'air à son entrée et à sa sortie. Les débits d'air sont mesurés à l'aide de diaphragme ou de venturi-tuyère équipés en Pression statiques et totale.

I.2.1.2 :Compresseur : utilise plus de la moitié de la puissance produite par la turbine de détente, puissance qui s'exprime suivant l'équation (I-1) en tenant compte les prélèvements d'air aux étages intermédiaires pour refroidir les parties chaudes :

$$P_c = \left(m_a - \sum m_{ref}\right)H_{S-C} + \sum m_{ref}\,H_{ref} - m_a H_{E-C} \qquad \textbf{(I-1)}$$

L'enthalpie H peut être estimée en gaz parfait à partir de la température, donc l'estimation de la puissance du compresseur nécessite la mesure des températures de l'air à son entrée et à sa sortie. Les débits d'air sont mesurés à l'aide de diaphragme ou de venturi-tuyère équipés en pressions statiques et totales.

I.2.1.3- Chambre de combustion :

Se traduit par une perte de charge de l'ordre de 6 % et par un échauffement de l'air lié à la combustion du gaz avec un rendement proche de 100 %. Dans la chambre de combustion peut être injectée de l'eau ou de la vapeur pour soit réduire les émissions d'oxydes d'azote, soit augmenter la puissance produite ; cette possibilité est introduite sous la forme d'un débit d'eau à une enthalpie H eau. L'enthalpie sortie chambre de combustion s'exprime par :

$$\left((1-a_{30})m_a - \sum m_{ref} + m_e + m_g\right) H_{fl} = m_g PCI + \left((1-a_{30})m_a - \sum m_{ref}\right) H_{S_C} + m_g H_g + m_e H_e \qquad \textbf{(I-2)}$$

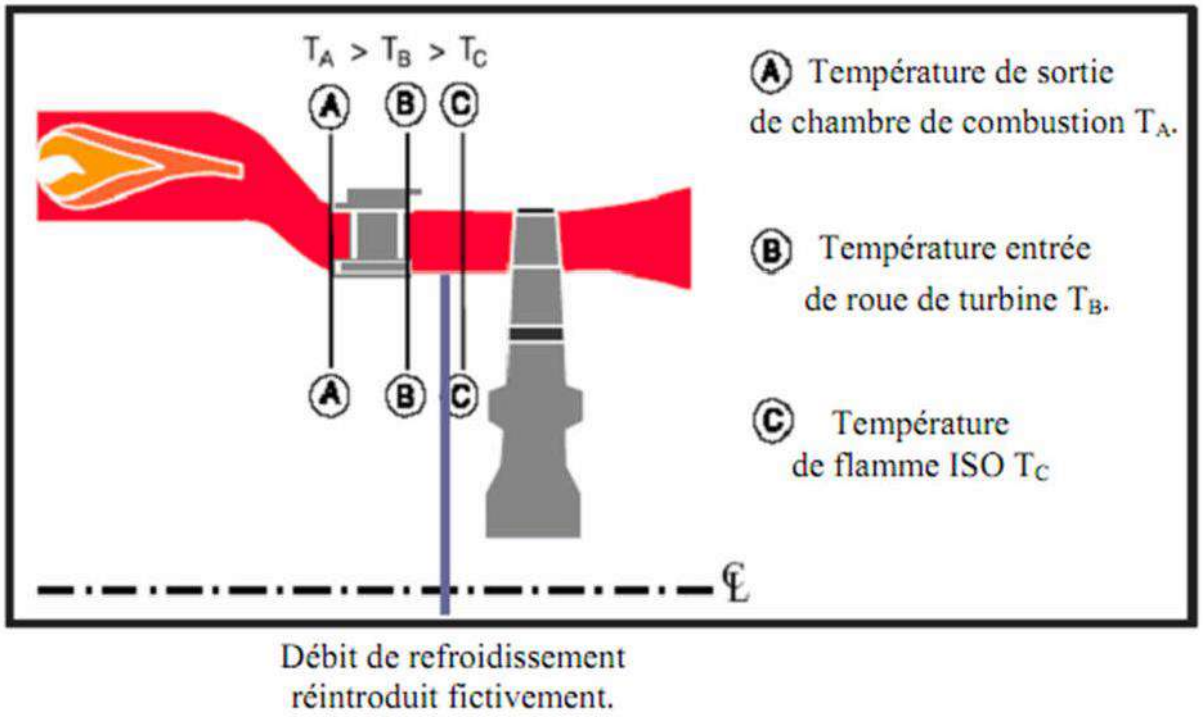


Figure (I-2) : Définitions des températures de flamme.

■La température entrée roue de turbine qui est calculée en considérant que l'air sortie chambre de combustion est parfaitement mélangé avec l'air de refroidissement de la directrice d'entrée. C'est une valeur intermédiaire d'environ 80 °C plus élevée que la précédente, ce qui signifie que le débit d'air de refroidissement des aubes et cavités en aval est de l'ordre de 8 % du débit total [1-2, 4-5].

I.2.1.4- Turbine de détente :

Produit l'énergie pour entraîner le compresseur et l'alternateur. Elle est modélisée par:

$$P_T = \left((1 - a_{30})m_a - \sum m_{ref} + m_g + m_e\right)H_{fl} + \sum m_{ref}\left(H_{ref} - H_{réfr}\right) - \left((1 - a_{30})m_a + m_g + m_e\right)H_{echap} \quad \textbf{(I-3)}$$

L'hypothèse que l'air à travers la directrice d'entrée travaille dans la turbine est généralement employée par les constructeurs et donc les conditions chaudes amont sont prises à l'entrée de la roue de turbine. Cependant, le plus simple est de calculer en condition ISO puisque alors les débits de refroidissement sont pris égaux à zéro. Certaines turbines à gaz ont

Leur air de refroidissement qui se refroidit à travers un échangeur qui prélève $H_{réfr}$ en chauffant de la vapeur ou le combustible.

La mesure la plus délicate est celle de la température moyenne des fumées à l'échappement en effet la répartition des températures est hétérogène et pour avoir une mesure représentative, un nombre important de thermocouples est nécessaire, localisés au minimum sur deux diamètres. C'est une donnée essentielle, et sur certaines turbines à gaz, un coefficient de correction est appliqué à la mesure pour la «caler» sur la valeur réelle.

I.2.1.5- Echappement de la turbine à gaz : influe par la perte de charge qui est créée par tous les éléments en aval : diffuseur d'échappement (de 0,5 à 1 %), grille de tranquillisation (0,5 %), système de réchauffe des gaz (0,3 %), chaudière, vannes et coudes, cheminée.

I.2.2- Puissances et rendements :

La puissance fournie par une turbine à gaz dépend en premier lieu du débit d'air qui la traverse, qui conditionne sa taille et son encombrement. Le rendement thermodynamique est une fonction directe du taux de compression p_2/p_1 et de la température T_3 à la sortie de la chambre de combustion. Consécutivement, les chambres de combustion doivent supporter la pression P_2, les aubes directrices et les ailettes du premier étage de la turbine de détente doivent supporter la température T_3. Les températures et les pressions aux différents points de la turbine sont de l'ordre de celles indiquées ci-dessous.

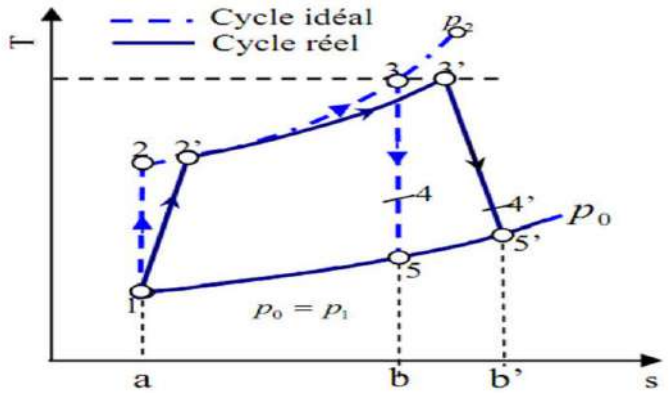


Figure (I-3) : Représentation du cycle d'une turbine à gaz.

Dans le diagramme (S, T) de la figure **(I-3)**, le rendement thermodynamique est représenté graphiquement par :

$$\eta_{th} = \frac{Aire\ (1,2,3,5,1)}{Aire\ (a,2,3,b,a)} \quad \textbf{(I-4)}$$

I.2.3- différant types de turbine à gaz :

Une turbine à gaz peut comporter une ou deux lignes d'arbre pour l'ensemble des éléments tournants :

- Une ligne d'arbre **(Figure I-4)**
  Le système est entraîné d'abord par un moteur jusqu'à une certaine vitesse, ensuite c'est la turbine HP qui continue l'entraînement de l'ensemble des éléments.

- Deux lignes d'arbre **(Figure I-5)**
  Comme pour une ligne d'arbre, il est rajouté une turbine BP en bout d'arbre séparé mécaniquement.
  La conception à deux lignes d'arbres représente le maximum de souplesse et, est retenue pour les applications de grandes puissances.

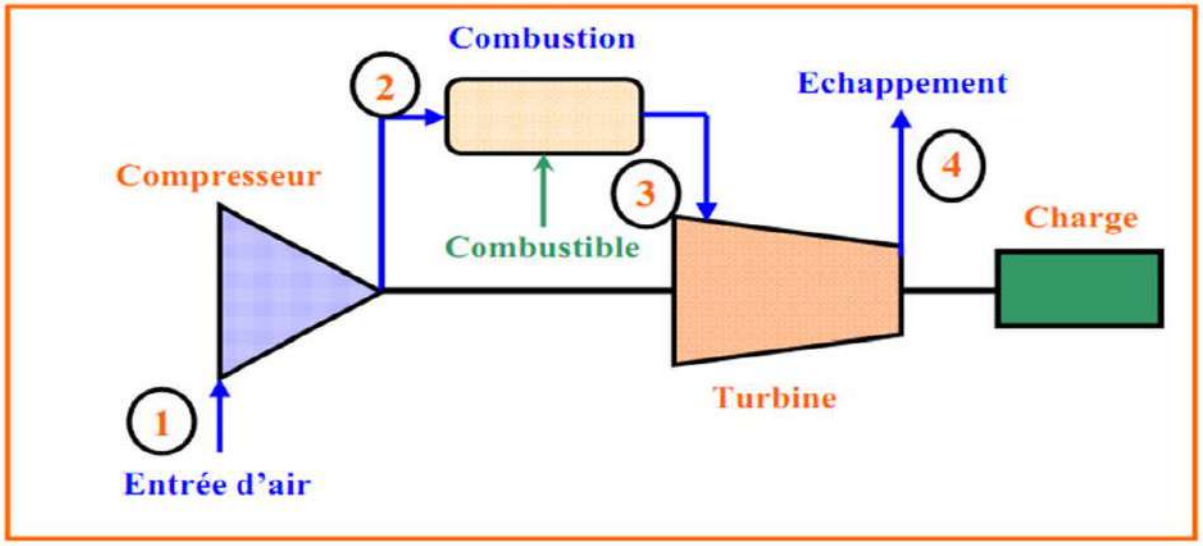


Figure (I-4) : Schéma d'une turbine à gaz à une ligne d'arbre.

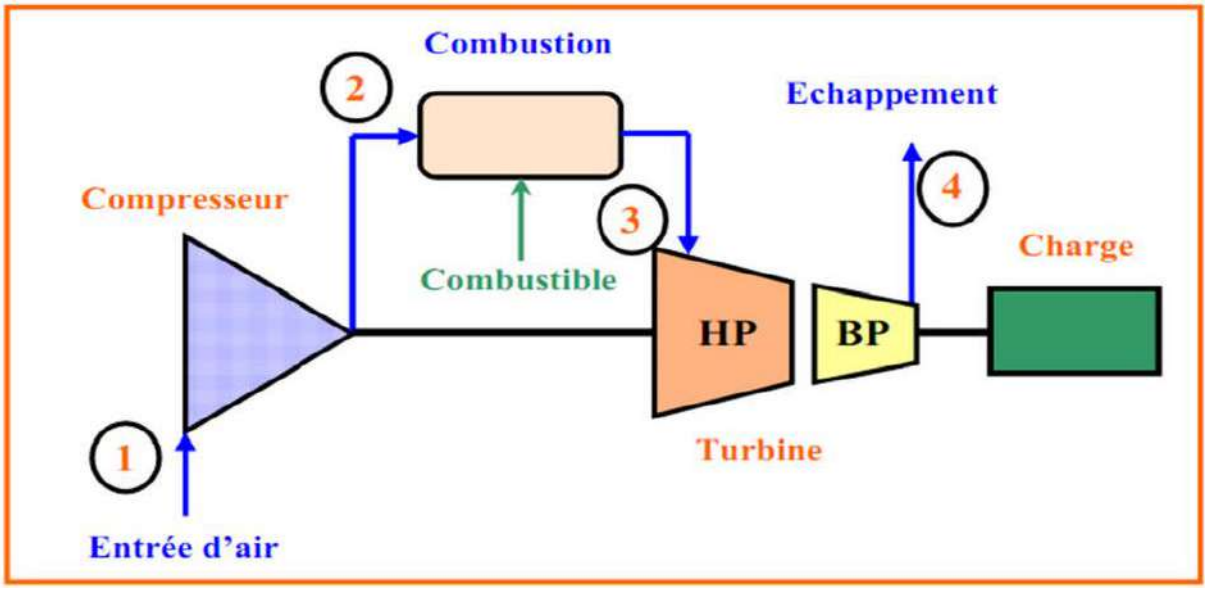


Figure (I-5) : Schéma d'une turbine à gaz à deux lignes d'arbres.

I.3- Applications de la turbine à gaz:

I.3.1- Réalisation pratique :

La phase de compression est réalisée par un compresseur d'air axial ou centrifuge. Le travail de compression peut être réduit par pulvérisation d'eau à l'admission. L'air comprimé est réparti en trois flux :

- une alimentation stœchiométrique vers le brûleur alimenté en carburant.
- un flux refroidissant la paroi de la chambre de combustion est mélangé aux produits de combustion.
- un flux destiné au refroidissement de la turbine.

Il existe des machines utilisant une injection de vapeur dans les produits de combustion à l'entrée de turbine pour augmenter le débit et donc la puissance de celle-ci. La vapeur est produite par une chaudière de récupération chauffée par l'échappement. Il s'agit en fait d'un cycle combiné simplifié.

* Deux grands types de turbines à gaz sont à distinguer

- simple arbre : le compresseur et l'ensemble des étages de détente sont regroupés sur le même arbre entraînant également l'organe récepteur,

- deux ligne arbre : le compresseur est sur le même arbre que les étages de turbine strictement nécessaires à son entraînement, les autres étages de turbine étant groupés sur un second arbre solidaire de la machine entraînée. La seconde disposition plus complexe permet un meilleur fonctionnement à charge partielle et variable ce qui est Le cas des moteurs destinés à la propulsion. Les turbines à simple arbre sont adaptées à la production électrique qui se fait à régime constant et charge plus élevée.

La réalisation de la turbine et notamment de son premier étage (turbine de feu) pose des problèmes métallurgiques liés à la température élevée et à la force centrifuge s'exerçant sur les aubages mobiles. Elle nécessite l'emploi d'aciers fortement alliés (Cr-Ni-Va) et un refroidissement énergique par l'air de charge prélevé sur le compresseur. L'utilisation de matériaux céramiques est à l'étude pour augmenter la température [6, 7].

I.3.2- Limites techniques et avantages :

La turbine à gaz présente de sévères limitations dues aux contraintes techniques de sa réalisation.

Ces principales limites sont les suivantes :

- taux de compression (et donc rendement) limité par le nombre d'étage de compression nécessaires.
- baisse importante de rendement des compresseurs centrifuges à un régime plus faible que le régime nominal.
- température de combustion (et donc rendement) limitée par la résistance mécanique de la turbine.
- chute importante du rendement à charge partielle en particulier pour les machines à simple arbre.
- coût d'usinage des aubages notamment de la turbine.
- Inaptitude aux arrêts et démarrages fréquents et peu progressifs.

Les avantages inhérents à ce type de machine sont les suivants [6, 7]

• puissance massique et volumique très élevée du fait du fonctionnement continu,

• simplicité apparente de construction (un rotor dans un carter et un brûleur) et équilibrage (peu de vibrations).

• pollution limitée en HC et NOx du fait de l'excès d'air et de la température limitée.

• aptitude à la récupération de chaleur (cogénération), longévité en marche stationnaire.

• aptitude potentielle à utiliser des combustibles variés et de moindre qualité (gaz pauvre, fuel lourd).

Les applications des turbines à gaz découlent directement de leurs avantages spécifiques. Ainsi, la puissance massique élevée se prête bien à la propulsion aéronautique en particulier sur les hélicoptères. La propulsion navale fait également de plus en plus appel aux turbines à gaz notamment pour les navires à grande vitesse. Il existe enfin des exemples d'application à la propulsion ferroviaire et à des véhicules militaires comme des chars d'assaut (XM-1 Abrams ou Leclerc), Par contre, la turbine à gaz est mal adaptée aux véhicules routiers. En effet, les variations de charge et de régime sont trop importantes et trop rapides pour être réalisables avec un rendement correct. De plus, le rendement atteint difficilement 30% pour des moteurs compacts et de faible puissance.

L'autre grand domaine d'emploi des turbines à gaz est la production d'électricité. En effet, il s'agit d'applications à régime constant et à charge relativement constante pour lesquelles le rendement de ces machines est le meilleur. La puissance varie de quelques centaines de kW à près de 300 MW. Les machines les plus puissantes sont en général associées à des turbines à vapeur dans des cycles combinés dont le rendement global tend actuellement vers 60%. En cycle simple, le rendement est de l'ordre de 30 à 35%. Dans les faibles puissances, le rendement est même inférieur à 30% mais on met alors à profit l'aptitude des turbines à combustion pour la récupération de chaleur dans des applications de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur).

I.3.3- Domaines d'utilisation :

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

Parmi ces domaines d'application :

I.3.3.1- Aéronautique :

I.3.3.1.1- Turbocompresseur:

Ce terme désigne une turbine actionnée par les gaz d'échappement d'un moteur à piston et dont le travail sert à comprimer l'air admis dans le moteur. Ce dispositif représente une amélioration importante du moteur classique notamment sur les points suivants :

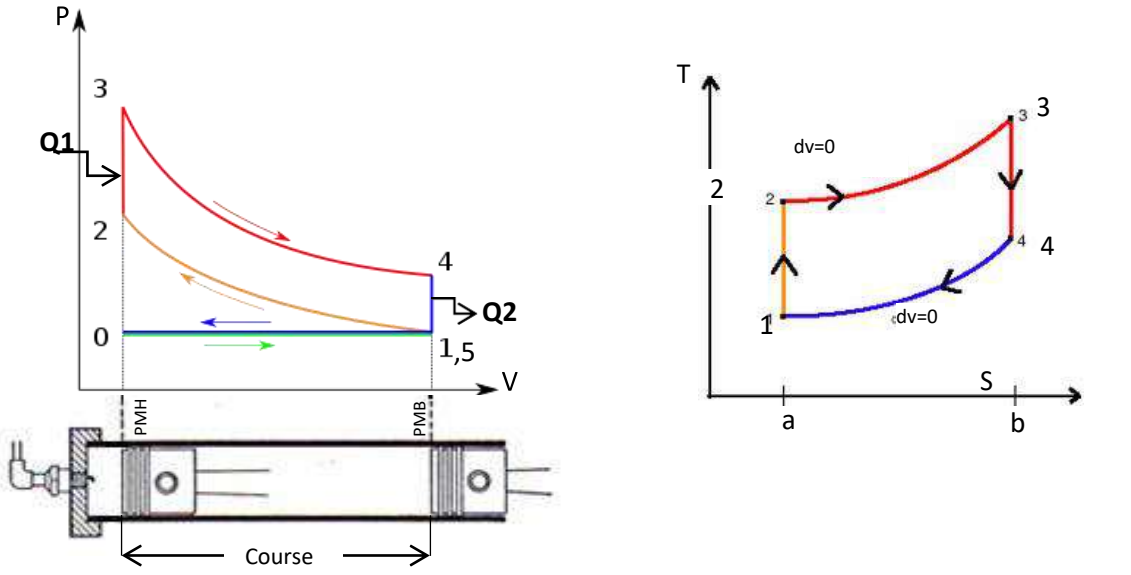
- Augmentation de la puissance massique et volumique par une puissance supérieure à cylindrée égale. Afin de maximiser cet effet, il est nécessaire de refroidir l'air comprimé par un échangeur (intercooler),

- Suppression de l'inconvénient de la détente écourtée des cycles Otto et Diesel d'où

amélioration de rendement. L'amélioration du rendement est très limitée sur les moteurs à essence car les risques d'auto-inflammation (cliquetis) imposent de réduire sensiblement le taux de compression du moteur proprement dit d'où une perte de rendement.

I.3.3.1.1.1 : Cycle de Beau de Rochas ou cycle Otto :

Le cycle de Beau de Rochas est un cycle thermodynamique théorique, c'est le cycle des moteurs à combustion interne à allumage commandé (AC) (par exemple les moteurs à essence). IL est défini par cinq transformations élémentaires (figure**I-6**).



A- Diagramme Pression-Volume **B- Diagramme Température-Entropie**

Figure (I-6) : Cycle de Beau de Rochas.

I.3.3.1.1.2 : Description du cycle :

Cycle est caractérisé par quatre temps ou mouvements linéaires du piston (voir figure **I-7**)

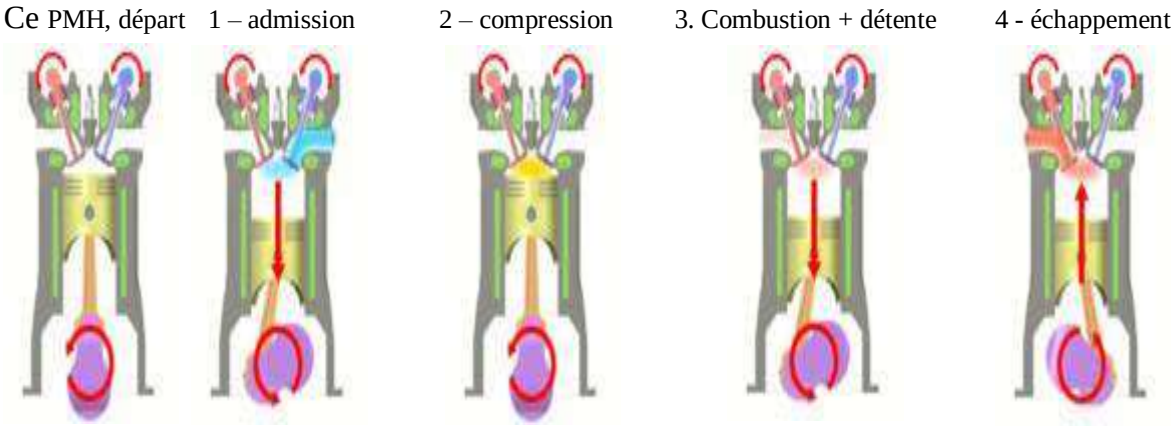


Figure (I-7). Principe de fonctionnement du moteur à combustion.

1. Admission

Le cycle commence au point mort haut. La soupape d'échappement est fermée, la soupape d'admission est ouverte, le piston descend, un mélange d'air et de carburant venant du carburateur ou de l'injection est aspiré dans le cylindre.

2. Compression

La soupape d'échappement reste fermée, la soupape d'admission se referme, le piston remontecomprimant le mélange admis.

3. Combustion-Détente

Les deux soupapes restent fermées. Aux environs du deuxième point mort haut, le mélange air-carburant est enflammé, habituellement par une bougie d'allumage. La combustion du mélange air-carburant provoque une forte augmentation de la pression dans le cylindre, ainsi l'expansion des gaz force le piston à descendre.

4. Échappement

La soupape d'échappement s'ouvre pour évacuer les gaz brûlés poussés par la remontée du piston.

I.3.3.1.1.3: Cycle Diesel Rudolf Diesel (1897) :

Le moteur Diesel est un moteur à combustion interne dont l'allumage est spontané par compression du carburant, dans ce cas, la combustion s'effectue à pression constante. L'allure du cycle dans le diagramme (P; V) est présentée dans la figure **I-8**.

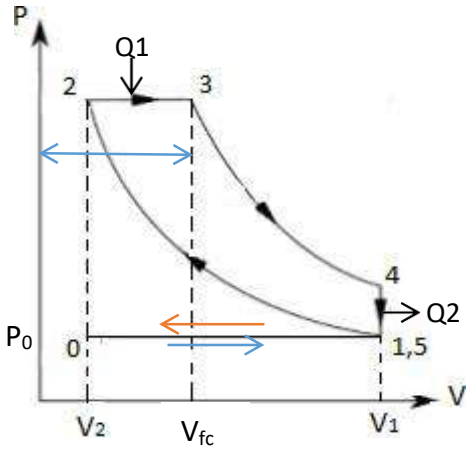


Figure (I-8) : Diagramme (P, V) du cycle Diesel.

Le cycle est modélisé par des transformations élémentaires (voir diagrammes de la figure 4) :

1. Admission de l'air pur (0-1)
2. Compression de l'air, supposée adiabatique (1-2)
3. Combustion isobare (2-3)
4. Détente Supposée adiabatique (3-4)
5. Echappement (refroidissement isochore) (4-5)

Le moteur turbocompressé combine donc un moteur à pistons et une turbine à gaz, les deux étant liés par une chambre de combustion commune. Il permet de concilier les avantages des deux types de moteurs tout en réduisant leurs inconvénients respectifs, en particulier pour les cycles Diesel. Ceci explique la généralisation actuelle de cette technique. Le problème majeur du turbocompresseur est le même que les autres turbines à gaz, à savoir la gestion de la marche à faible charge ou en régime transitoire. Il est en grande partie résolu aujourd'hui par les turbocompresseurs dits «à géométrie variable» munis d'aubages fixes à incidence variable.

I.3.3.1.2- Turbine à gaz d'avion :

Dans les moteurs d'avion, l'unité de turbine à gaz fonctionne entièrement comme générateur de gaz dans le turbo-jet et les moteurs de turboréacteur, tandis qu'elle fournit la puissance exigée d'axe au propulseur dans le moteur de turbopropulseur.

La centrale de turbine à gaz utilisée pour la propulsion d'avion travaille sur le cycle de circuit ouvert de pression constante. Une centrale de turbine à gaz d'avion utilisant un tel cycle montré dans figure (I-9). L'air entre dans le moteur à l'admission de diffuseur ; une partie de la compression se produit dans le diffuseur et le reste dans le compresseur. L'air à haute pression du compresseur pénètre la chambre de combustion (ou des chambres) en tant qu'air primaire, secondaire et tertiaire. Les gaz chauds de la chambre de combustion traversent l'étage de turbine (ou des étages) qui conduit le compresseur et le propulseur (s'il existe). Une

partie de la détente des gaz se produit également dans la tuyère.

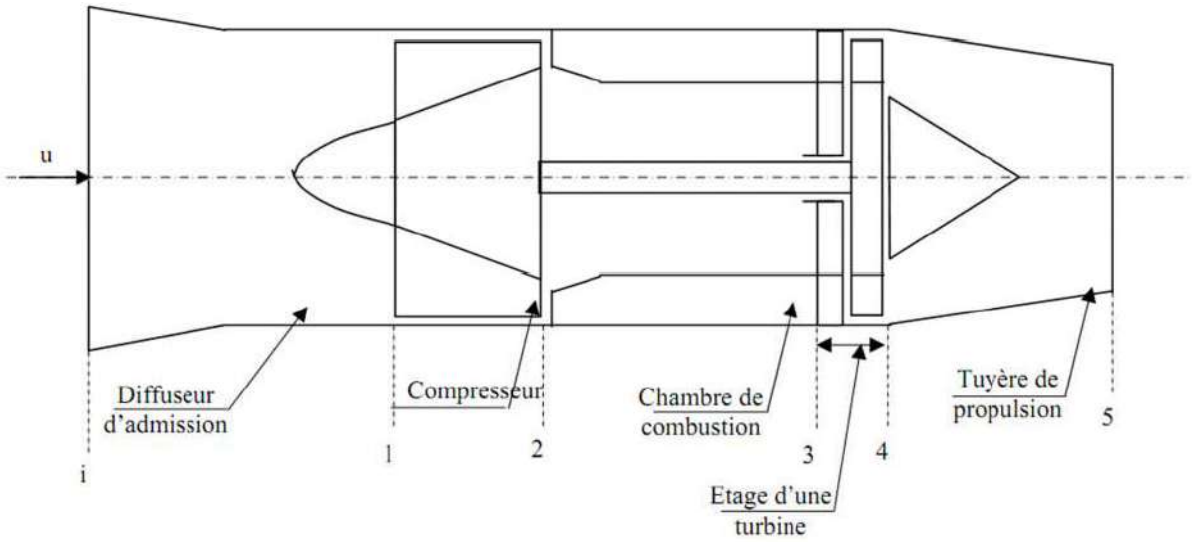


Figure (I-9) : Composants principaux d'un turbopropulseur.

I.3.3.1.3- Moteur de turbopropulseur :

Dans le système de turbopropulseur la centrale de turbine à gaz montrée à la figure (I-9) conduit un propulseur à une vitesse raisonnable relativement basse par une vitesse de réduction. La turbine extrait une grande proportion de l'énergie à partir des gaz chauds en développant la puissance requise pour conduire le propulseur. Par conséquent l'énergie restante dans les gaz d'échappement est comparativement basse. Ainsi la poussée due à la détente des gaz dans la tuyère de propulsion ne représente que (≈10%) de toute la poussée.

Le grand diamètre du propulseur manipule de très grandes quantités d'air avec une petite différence de vitesse. La masse d'air passant par le moteur est seulement une petite fraction d'air manipulé par le propulseur. Ainsi le moteur du turbopropulseur peut être considéré comme une sorte de réacteur à double flux avec un rapport très élevé de déviation [4].

I.3.3.1.4- Moteur de Turbojet :

Le turbojet diffère du moteur de turbopropulseur parce que la puissance de la turbine est complètement consommée par le compresseur. L'avion est complètement propulsé par la poussée de la tuyère. Par conséquent il y a une grande augmentation de la vitesse des gaz lorsqu'ils se détendent dans la tuyère de propulsion.

I.3.3.1.5- Moteur de turboréacteur :

La figure (I-10) montre les composants principaux d'un moteur de turboréacteur.

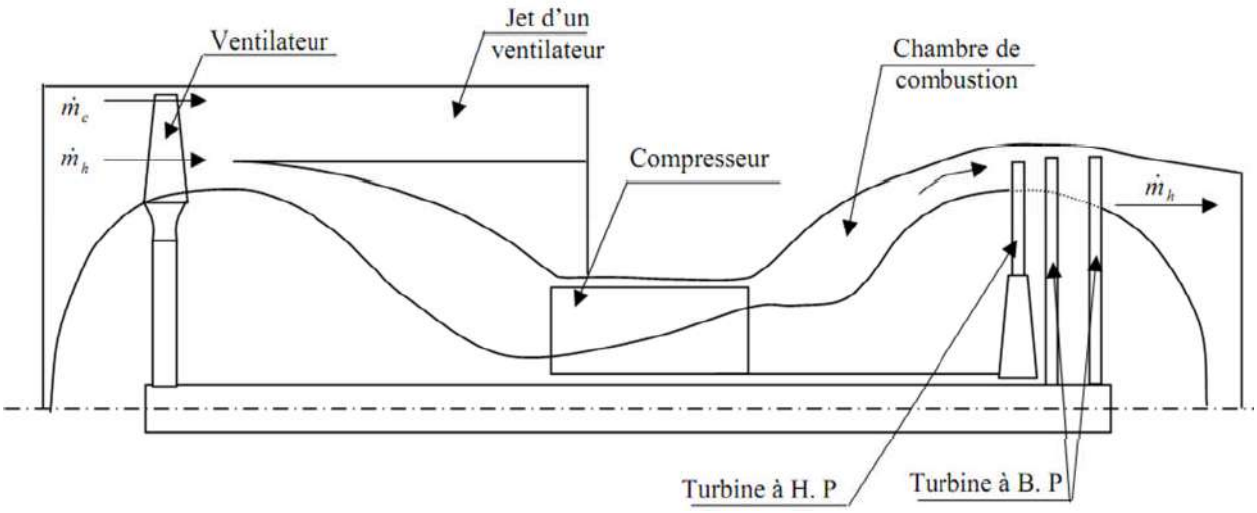


Figure (I-10) : Composants principaux d'un turboréacteur.

Les deux étages de turbine de B.P entraînent le ventilateur tandis que l'étage H.P de turbine entraîne le compresseur. L'air passant par le compresseur, après que l'addition de la chaleur dans la chambre de combustion fournis toute la puissance de conduire les trois étages de la turbine. Les gaz chauds partant du dernier étage de turbine alors se détendent dans la tuyère de propulsion (tuyère principale) et développent la poussée à une vitesse élevée et à un débit relativement bas.

La quantité totale du débit d'air entrant dans le ventilateur est :

$$\dot{m} = \dot{m}_c + \dot{m}_h \qquad \textbf{(I-5)}$$

Avec : $\dot{m}_h$: est la partie du débit massique d'air traversant l'unité conventionnelle du moteur.

$\dot{m}_c$: est la partie du débit massique d'air qui est déviée dans la tuyère du ventilateur.

Le facteur de déviation (bypass ratio) est défini par :

$$B = \frac{\dot{m}_c}{\dot{m}_h} \qquad \textbf{(I-6)}$$

La combinaison des deux équations (I-5) et (I-6) donne :

$$\boldsymbol{m^{\cdot}h = m^{\cdot}/(1+B)} \qquad \textbf{(I-7)}$$

$$\boldsymbol{mc^{\cdot}\ (m^{\cdot}\ .B)/(1+B)} \qquad \textbf{(I-8)}$$

Supposant que la détente dans les tuyères froides et chaudes se fait jusqu'à la pression atmosphérique, l'application de l'équation de quantité de mouvement nous donne la poussé.

$$F = \dot{m}_c.\, c_{jc} + \dot{m}_h\, .\, c_{jh} - \dot{m}.\, u \qquad \textbf{(I-9)}$$

Avec :

c_{jc}: Vitesse du jet corresponde au débit $\dot{m}_c$.

c_{jh}:Vitesse du jet corresponde au débit $\dot{m}_h$.

$$\boldsymbol{F = \frac{\dot{m}}{1+B}(B.\, c_{jc} + c_{jh}) - \dot{m}.\, u} \qquad \textbf{(I.10)}$$

La figure (I-11) montre le principe d'un moteur de turboréacteur. Dans ce cas les pales du ventilateur sont une prolongation des lames de rotor de turbine de B.P et la turbine de H.P entraîne le compresseur d'air.

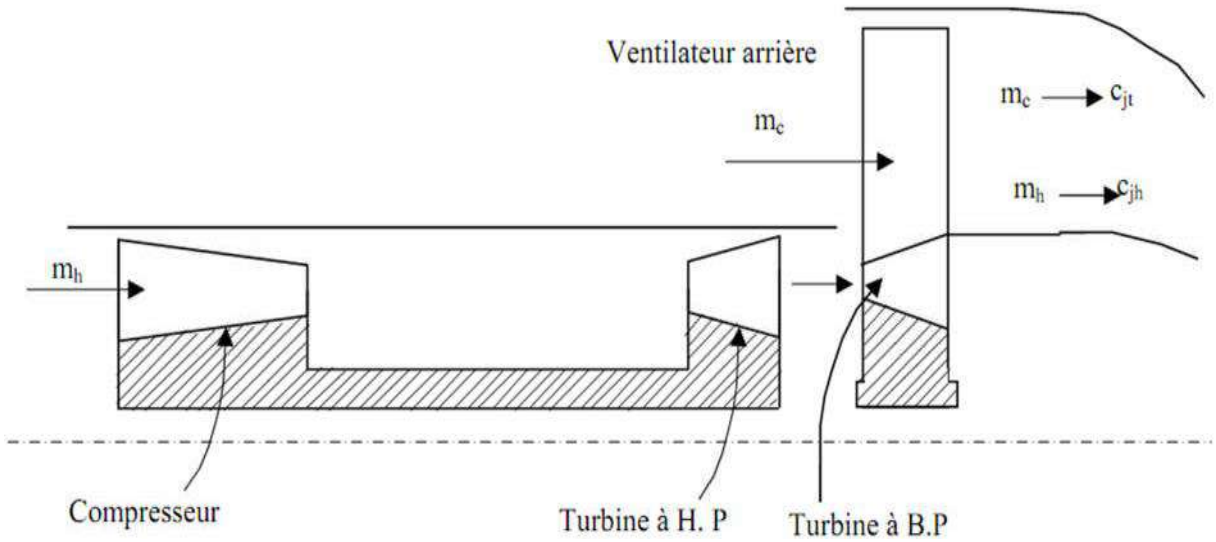


Figure (I-11):turboréacteur avec un ventilateur arrière.

Le poids spécifique pour des moteurs de turboréacteur est entre celui pour le turbopropulseur et le turbojet et il exige un gauchissement de décollage court.

I.3.3.1.6- Moteur de turbofusée :

Comme l'indique son nom, le moteur de turbofusée, figure (I-12), est situé entre le moteur de fusée et le moteur du turboréacteur. La turbine est entraînée par les gaz fournis à partir de la chambre de combustion de fusée qui est indépendant d'air atmosphérique.

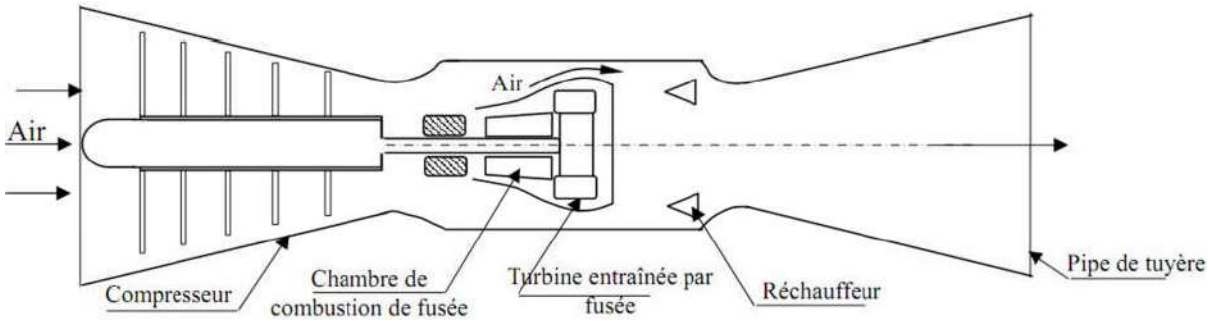


Figure (I-12): Turbofusée.

Un réchauffeur en aval de la turbine remplace la chambre de combustion des systèmes conventionnels de turboréacteur. De tels moteurs peuvent être utilisés pour aider les gros porteurs au décollage et en s'élevant sans chargement élevé d'aile. Des avions à fusée propulsée peuvent également être utilisés pour transporter les hommes et le matériel aux stations spatiales.

I.3.3.1.7- Moteur d'avion nucléaire :

La figure (I-13) montre un moteur d'air chaud d'un turbojet à propulsion nucléaire. La chambre de combustion du moteur turbojet conventionnel est remplacée ici par un échangeur de chaleur où s'effectue des transferts appropriés de la quantité de la chaleur d'un liquide

Réfrigérant requise du réacteur à l'air. Le compresseur d'air est entraîné par une turbine à air chaud qui fonctionne ici dans un environnement moins hostile comparé aux turbines à gaz [6].

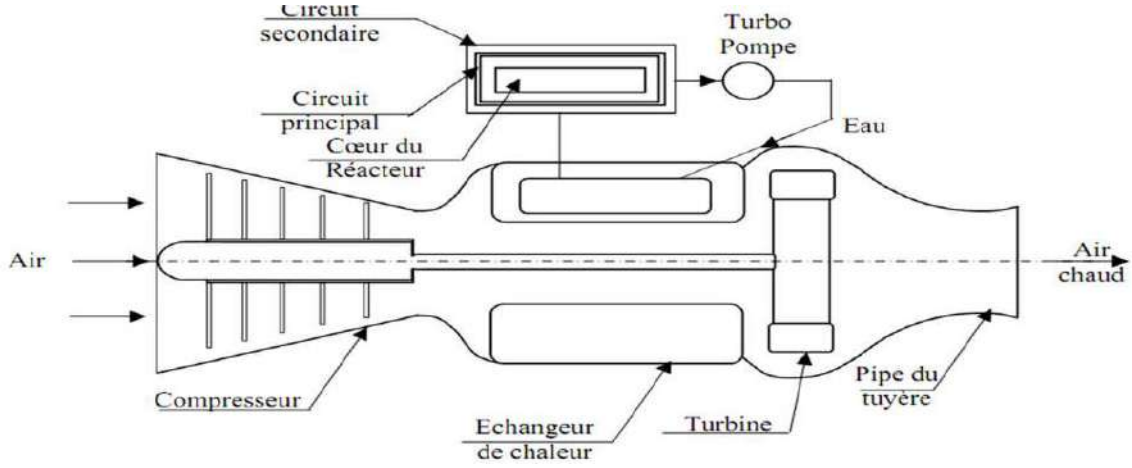


Figure (I-13): Avion nucléaire.

I.3.3.2- Turbine à gaz pour la production d'énergie électrique :

- Cycle de Brayton

Le cycle de Brayton est le procédé thermodynamique qui gouverne le fonctionnement des turbines à combustion ou à gaz.
Ces turbines font fonctionner trois types de centrale thermique (à cycle simple, à cycle combiné et en cogénération).
Il y a deux types de machines : celles dérivées des moteurs d'avion et les turbines de type industriel, de construction plus robuste. Ces machines nécessitent du combustible distillé de haute qualité, comme du kérosène ou du gaz naturel. La tendance actuelle appuie le développement de procédés qui permettront d'obtenir des combustibles gazeux fiables à partir de sources alternatives, comme le charbon ou la biomasse (La **biomasse** désigne l'ensemble des matières organiques pouvant se transformer en énergie. On entend par matière organique aussi bien les matières d'origine végétale (résidus alimentaires, bois, feuilles) que celles d'origine animale (cadavres d'animaux, êtres vivants du sol).
Les machines à cycle simple peuvent être installées, figure (I-14), et mises en service assez rapidement. Elles démarrent en peu de temps et servent de génératrice de secours ou d'urgence.
Quand le coût du combustible est faible, les machines à cycle simple peuvent aussi être utilisées pour la production de base.
Les turbines à combustion (à gaz) fonctionnent avec des volumes très élevés d'air (3 ou 4 fois plus que la quantité stœchiométrique). Elles produisent des volumes de combustion élevés.

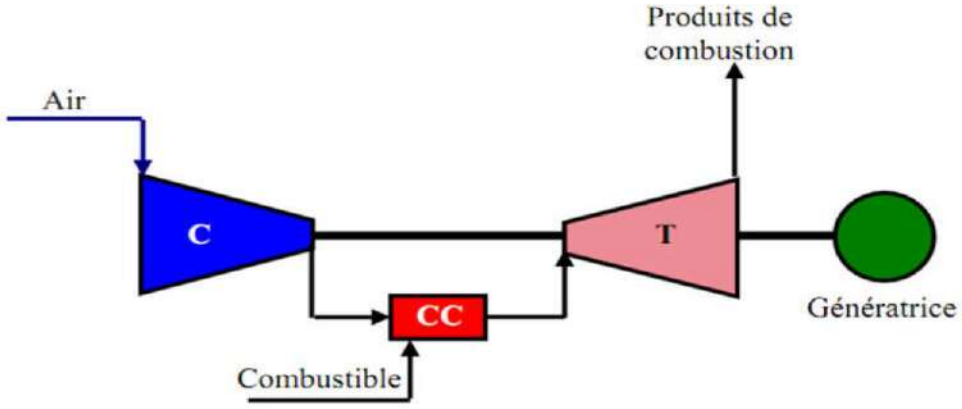


Figure (I-14) : Production d'électricité par Turbine à gaz- cycle simple.

Les centrales électriques à cycle combiné, figure (I-15), utilisent les gaz d'échappement de la turbine à gaz pour produire de la vapeur dans une chaudière de récupération de chaleur. La vapeur produite entraîne une turbine à vapeur, ce qui améliore l'efficacité de la centrale. Une unité à cycle combiné peut produire, à elle seule, environ 400 MW. Actuellement, ce sont les centrales électriques les plus efficaces [8].

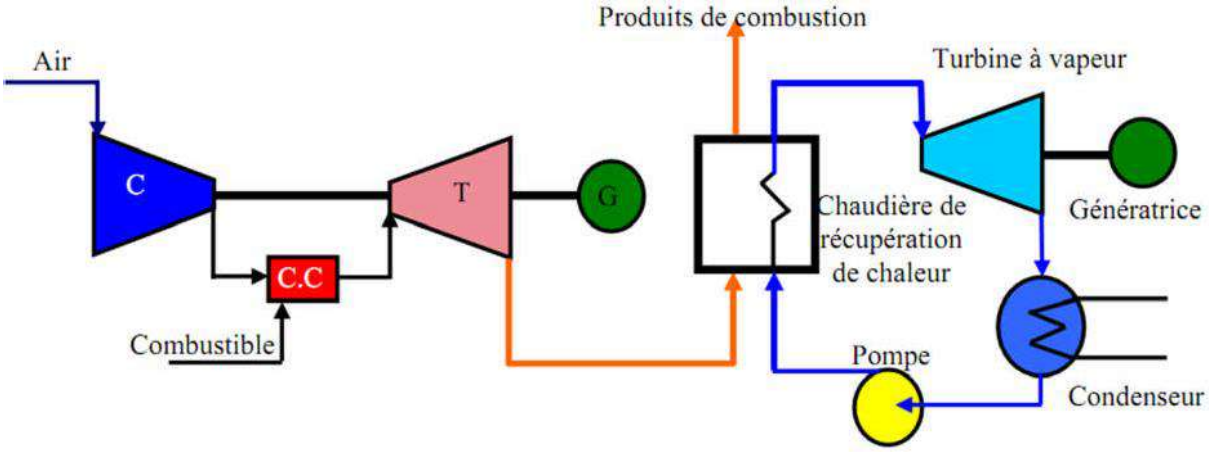


Figure (I-15) : Production d'électricité : centrale électrique à cycle combiné.

Une variante de la centrale à cycle combiné, figure (I-16), est une installation qui comprend une turbine à gaz avec une chaudière de récupération dont la vapeur peut également servir à un procédé industriel.

Souvent, une turbine à vapeur à contrepression est incorporée dans la centrale.

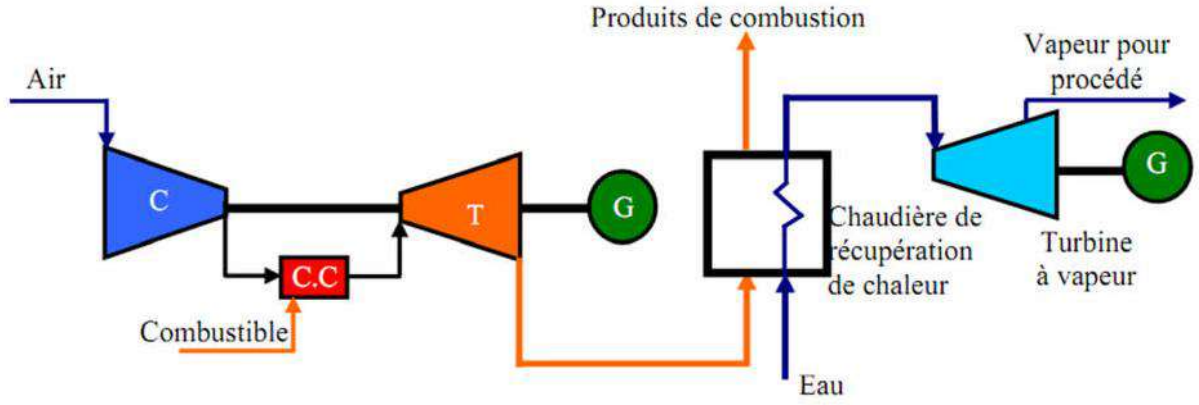


Figure (I-16) : Centrale de cogénération.

I.3.3.3- Unité d'énergie totale :

La figure (I-17) montre une unité de turbine à gaz dans le système d'énergie totale.
La chaudière à vapeur utilise l'énergie dans haute température des gaz d'échappement de la turbine. La vapeur peut être employée directement pour le chauffage d'espace. Pour le but de refroidissement, la vapeur est utilisée en produisant l'eau effrayante (eau minérale naturel) dans un réfrigérateur d'absorption. Le rendement global de toute l'unité d'énergie est entre 60 et 75% [8].

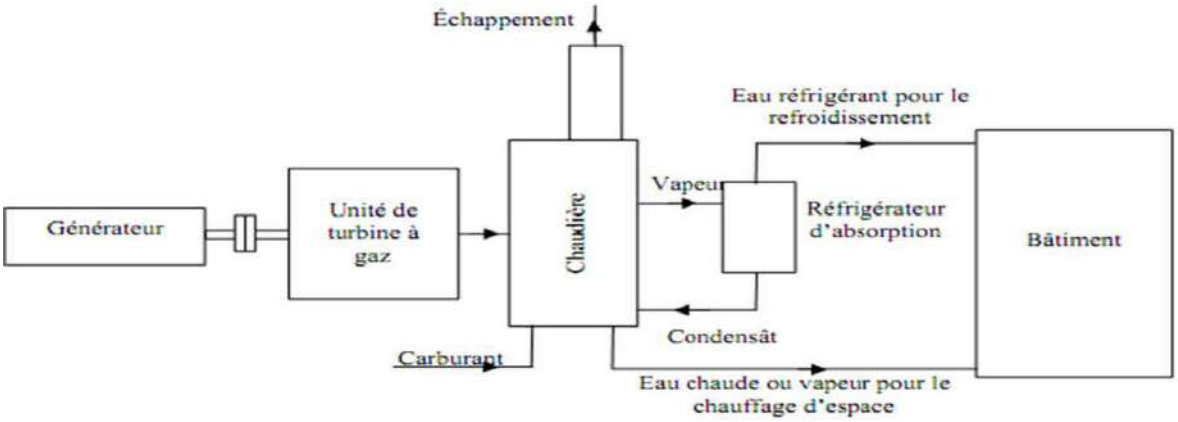


Figure (I-17) : unité de turbine à gaz dans le système d'énergie global.

I.3.3.4- Unité d'énergie totale :

Centrale nucléaire

La figure (I-18) montre une unité nucléaire de turbine à gaz à circuit fermé. L'hélium est employé comme liquide réfrigérant dans le réacteur et fluide de fonctionnement de l'unité de turbine à gaz à circuit fermé. Après la compression l'hélium, subit d'abord un chauffage dans l'échangeur de chaleur puis dans le réacteur puis une détente dans la turbine. Grace à la haute pression et température (P = 25-50 bar, T = 1000-1200 K) des gaz. La turbine entraîne le compresseur et la charge (générateur électrique).

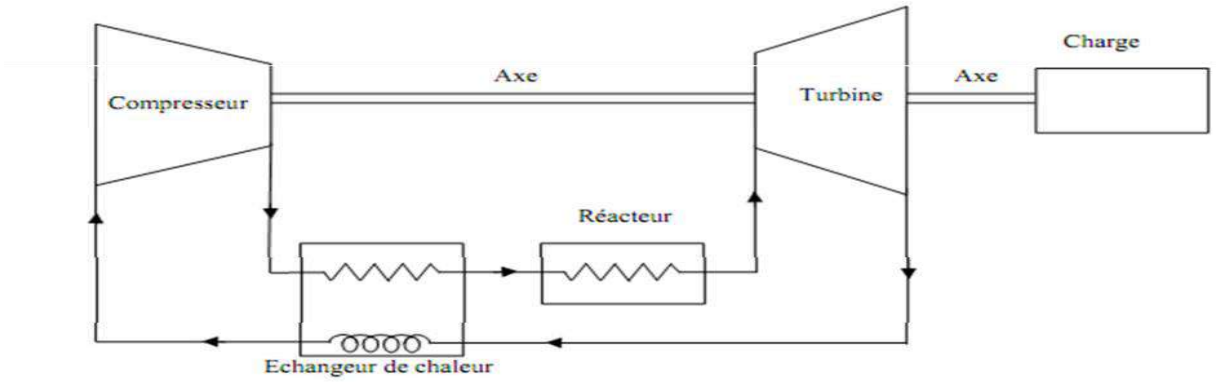


Figure (I-18) : Centrale nucléaire de turbine à gaz à circuit fermé.

La figure (II-19) représente le réacteur à neutrons rapides à caloporteur gaz.

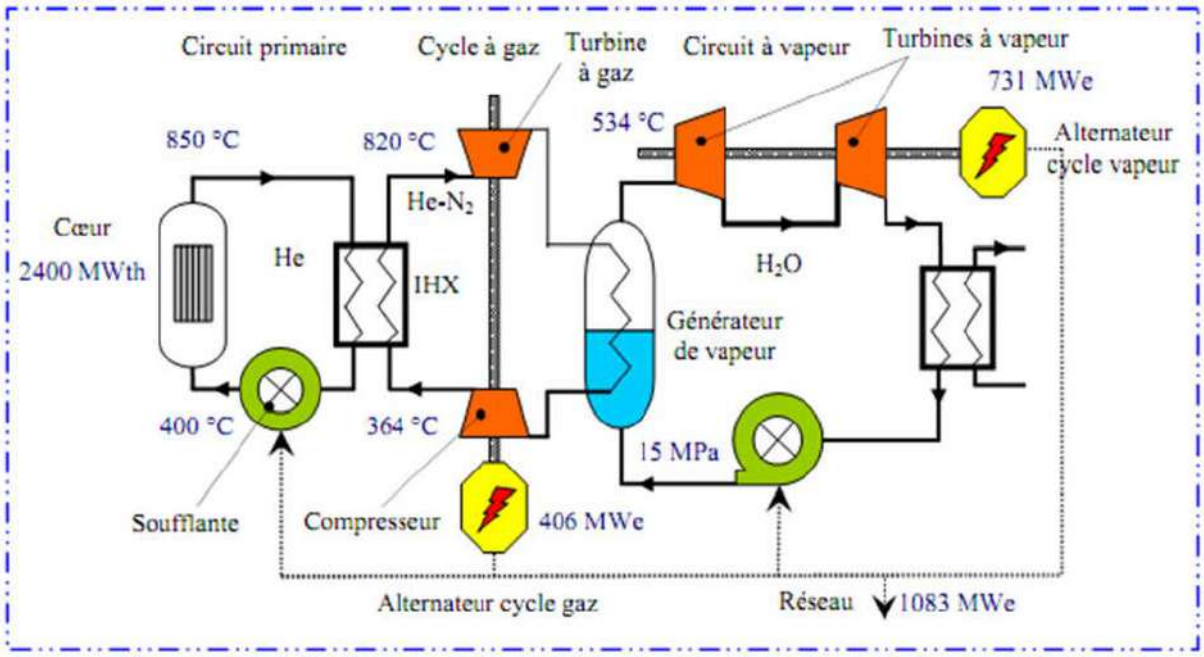


Figure (I-19) : Réacteurs à neutrons rapides à caloporteur gaz [8].

Dans ce système de conversion d'énergie, le fluide du circuit primaire, l'hélium (He), transmet son énergie au travers d'un échangeur intermédiaire à un circuit secondaire fonctionnant en gaz, un mélange hélium/azote (He-N2), et comprenant une turbine, un générateur de vapeur et un compresseur. La vapeur formée dans le générateur de vapeur est utilisée dans un cycle à vapeur classique. L'énergie électrique est produite en partie par la turbine à gaz sur le circuit secondaire et par les turbines à vapeur sur le circuit tertiaire. Une première estimation du rendement donne 45,1 %. Hormis ce type de réacteur, les composants sont de conception classique. En imaginant pouvoir utiliser un cycle eau/vapeur supercritique et en optimisant mieux la répartition de la production d'électricité entre le secondaire et le tertiaire, il deviendrait possible d'atteindre un rendement (~ 48 %).

I.3.3.5- Turbines à gaz dans l'industrie pétrochimique :

Les turbines à gaz ont des applications spéciales dans une variété d'industries. Quelques avantages des turbines à gaz dans ces applications sont :

1. Une variété de carburants peut être employée aux unités de turbine à gaz. Quelques processus de gaz (qui sont autrement perdus) peuvent également être employés.

2. La quantité d'énergie à l'échappement peut être employée dans divers processus.

3. Ils peuvent être employés commodément pour des utilités industrielles, telles que l'air comprimé, des gaz chauds, la vapeur, d'eau chaude, la puissance mécanique et électrique.

4. Il est facile à installer, bon marché, compact et concurrentiel, il a la capacité de combiner d'autres équipements.

5. Facilité dans le régulateur de vitesse dans les commandes industrielles.

La figure (I-20) montre une turbine à gaz fournissant l'air de combustion préchauffé aux chaudières. Le refroidissement de l'air à l'aspiration réduit la taille du compresseur et son travail

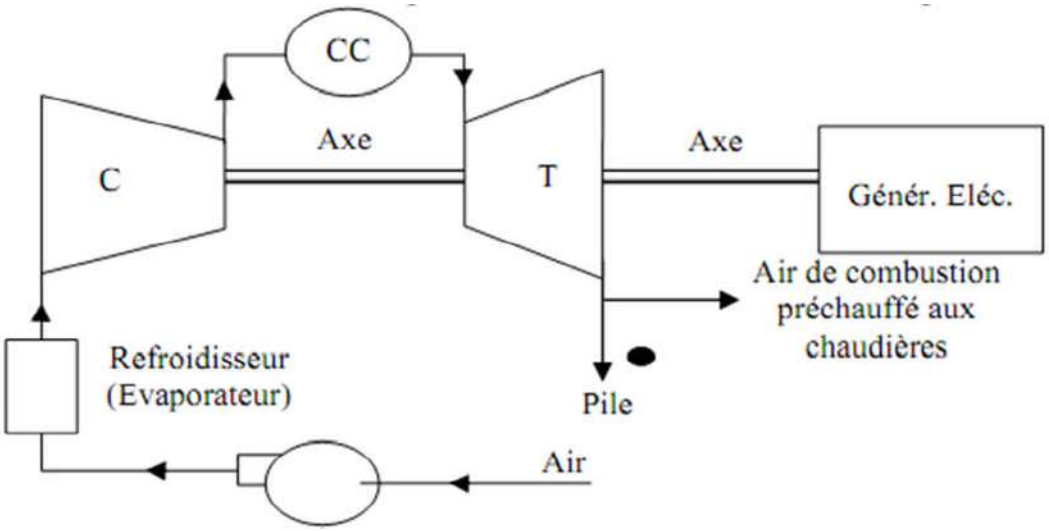


Figure (I-20): Turbine à gaz fournissant l'air de combustion préchauffé pour des chaudières à vapeur.

La figure (I-21) montre un générateur à gaz fourni les gaz chauds pour un processus industriel. Du carburant additionné est brûlé dans une chambre de combustion placée après la turbine. Les gaz chauds, après le processus peuvent être encore employés dans des chaudières à vapeur. Le démarrage de la turbine fonctionne sur l'air comprimé.

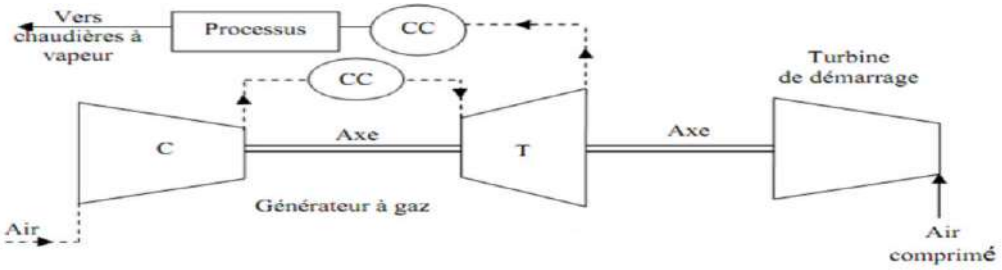


Figure (I-21): Générateur à gaz assurant les gaz chauds pour un processus industriel.

La figure (I-22) montre l'application de la turbine à gaz et des compresseurs dans la fabrication de l'acide nitrique. La turbine à gaz travaille avec la chaleur perdue du processus - elle entraîne les étages axial et centrifuge du compresseur. L'oxygène est enlevé de l'air à

Haute pression avant d'injecter la vapeur. La turbine à vapeur est utilisée pour le démarrage de la centrale.

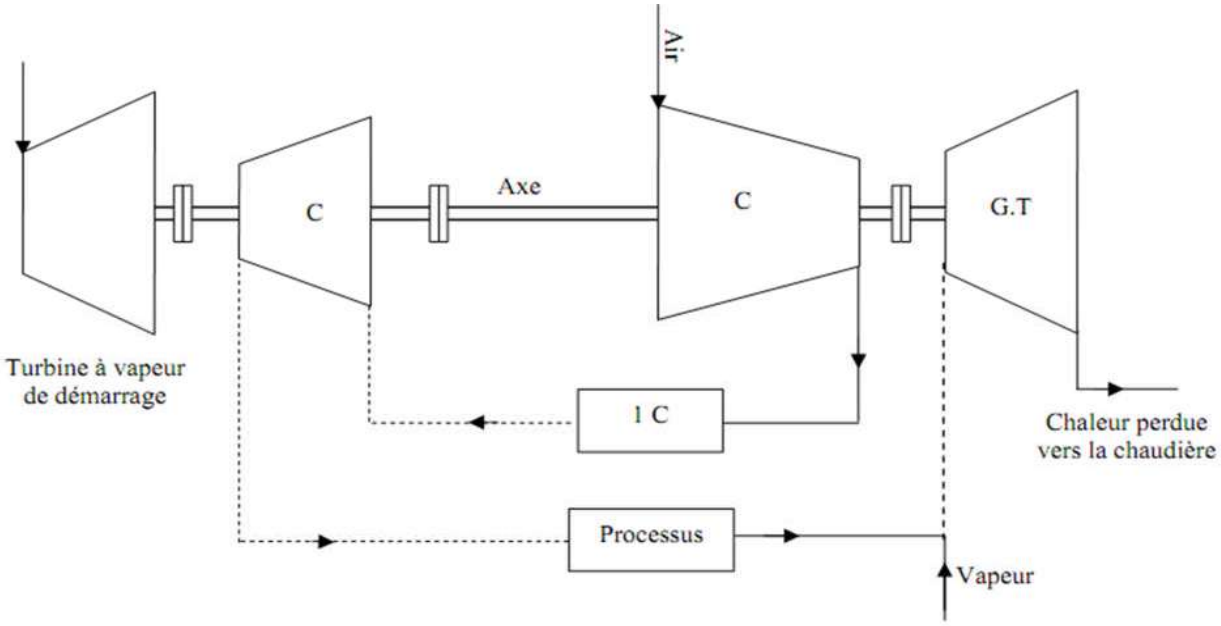


Figure (I-22): processus pressurisé utilise dans la fabrication de l `acide nitrique [8].

Centrifuge. En effet, ces deux appareils font appel à des technologies voisines, et de nombreux constructeurs sont capables de fournir un ensemble complet. Par ailleurs, les deux machines sont du type rotatif, et il est possible de transmettre directement la puissance motrice au compresseur entraîné, la plupart du temps par un accouplement direct entre la turbine de puissance et le compresseur.

Aussi, dans la majorité des cas en ce qui concerne le transport du gaz, les compresseurs centrifuges sont entraînés par des turbines à gaz à deux lignes d'arbres.

I.3.3.6- Utilisation des turbines à gaz dans les stations de réinjection dans un gisement de pétrole et de gaz :

Un des procédés utilisés pour améliorer la production des gisements de pétrole consiste à maintenir la pression du réservoir en injectant du gaz naturel dans le gisement. Compte tenu de la valeur élevée de la pression de réinjection (jusqu'à plusieurs centaines de bars), le taux de compression est très élevé. Il est donc nécessaire de prévoir plusieurs étages de compression avec refroidissement intermédiaire.

On trouve essentiellement trois types de machines assurant la compression du gaz sur les stations de réinjection.

- Compresseurs centrifuges entraînés par turbines à gaz,

- Compresseurs à pistons entraînés par moteurs à gaz,
- Compresseurs centrifuges ou des compresseurs à pistons entraînés par des moteurs électriques.

Les turbines à gaz sont particulièrement bien adaptées à l'entraînement des compresseurs centrifuges. En effet, ces deux appareils font appel à des technologies voisines, et de nombreux constructeurs sont capables de fournir un ensemble complet. Par ailleurs, les deux machines sont du type rotatif, et il est possible de transmettre directement la puissance motrice au compresseur entraîné, la plupart du temps par un accouplement direct entre la turbine de puissance et le compresseur.

Aussi, dans la majorité des cas en ce qui concerne le transport du gaz, les compresseurs centrifuges sont entraînés par des turbines à gaz à deux lignes d'arbres.

Cet ensemble est parfois appelé "turbocompresseur" terme impropre mais plus facile à manier. Compte tenu de leurs faibles encombrements, de leurs faibles poids et du peu d'auxiliaires nécessaires à leur fonctionnement, les groupes turbocompresseurs, tant que leur puissance n'est pas trop importante, et l'on peut dire jusqu'à 6 000 kW environ, peuvent être montés sur un seul socle, entièrement capotés avec tous leurs auxiliaires de fonctionnement et leur panneau de commande contrôle.

Dans le complexe gazier, la zone de réinjection comporte trois groupes identiques.
Chaque groupe contient deux compresseurs centrifuges haute pression – basse pression (HP-BP) entraînés par turbine à gaz et les accessoires. Le processus de réinjection est présenté sur la figure (I-23).

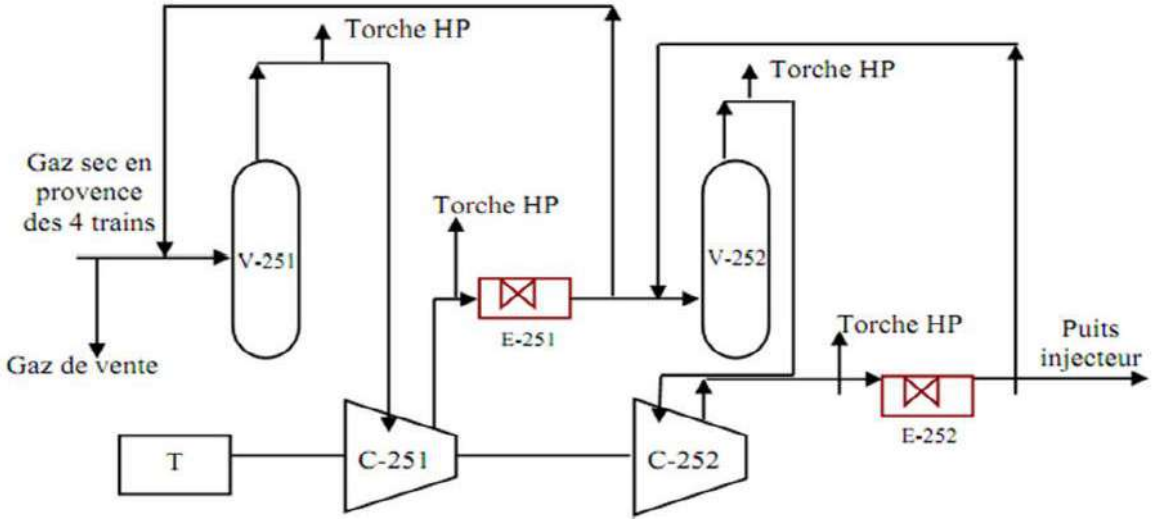


Figure (I-23) : Réinjection des gaz résiduels.

Le gaz résiduel est acheminé vers le ballon d'aspiration du 1er étage du compresseur de réinjection BP à une pression de 70 à 80 bars effectifs et une température de 60°C. Le compresseur HP porte la pression du gaz de 80 à 163 bars effectifs. Le gaz chaud refoulé par HP est refroidi jusqu'à 60°C dans l'aéro-réfrigérant ; ensuite il est introduit dans un second étage de HP par l'intermédiaire du ballon à une pression de 160 bars effectifs et une température de 60°C. Le gaz est comprimé à 321 bars effectifs. Le gaz chaud refoulé est refroidi à 85°C dans l'aéro-réfrigérant avant d'être acheminé vers le circuit de réinjection vers le puit pour le maintien de pression afin d'augmenter la durée de vie du gisement pétrolier.

I.3.4- Conclusion :

D'après cette étude on voit bien que les domaines d'utilisation des Turbine à gaz sont multiples et varies, néanmoins nous allons nous intéresser plus particulièrement à celles employées dans l'industrie des hydrocarbures compte tenu de la rudesse du climat sud saharien et du nombre élevé de machines en exploitation.

I.4:La turbine à vapeur :

Une turbine à vapeur est constituée d'un grand nombre de roues (une centaine pour un modèle de puissance) portant des ailettes. La vapeur sous pression traverse d'abord les roues de petit diamètre avant d'atteindre les roues de plus grand diamètre. La turbine tourne alors en entraînant l'alternateur qui lui est accouplé.

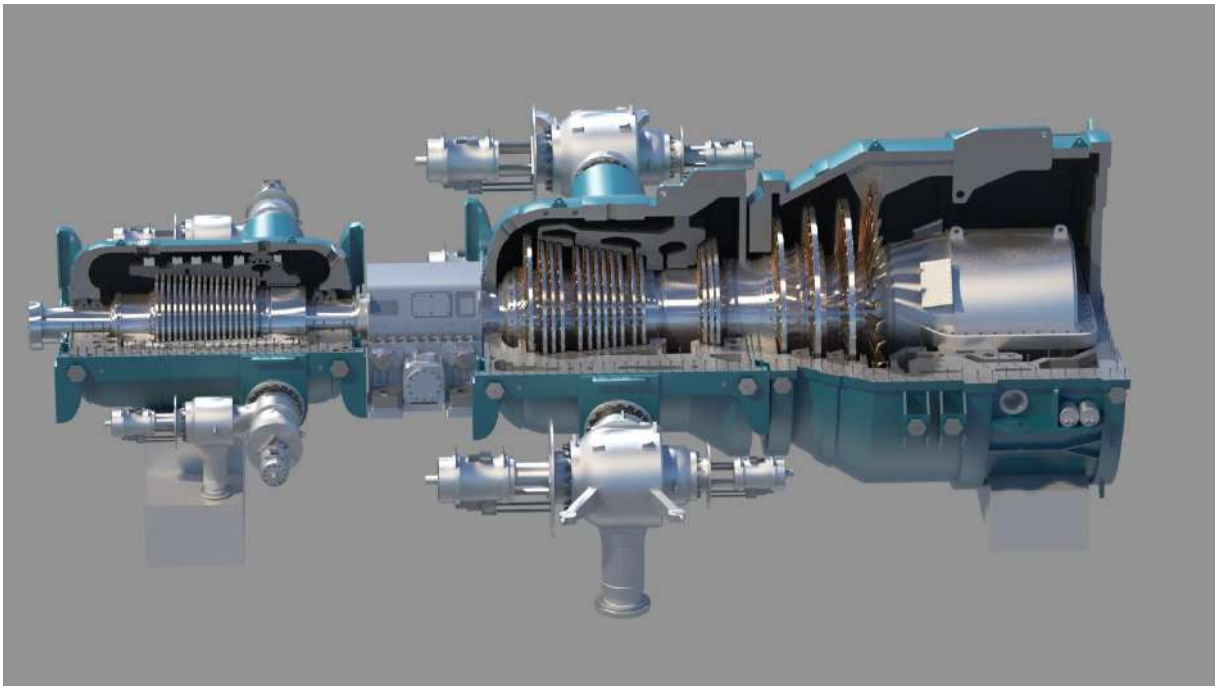


Figure (I-24) : la turbine à vapeur.

Elle est considérée comme un moteur à combustion externe, fonctionnant selon le cycle thermodynamique dit de Clausius-Rankine. Ce cycle se distingue par le changement d'état affectant le fluide moteur qui est en général de la vapeur d'eau. Ce cycle comprend au moins les étapes suivantes:

- une pompe qui envoi l'eau sous pression vers la chaudière,
- en passant par la chaudière l'eau se vaporise,
- La vapeur d'eau est acheminée vers la turbine où elle se détend. Fournissant, ainsi, de l'énergie cinétique que la turbine convertit en énergie mécanique,
- La vapeur détendue, issue de la turbine, se condense au contact d'une source froide.

Le fluide utilisé est donc le même que celui de la machine à vapeur à pistons, mais la turbine .en constitue une évolution exploitant les principaux avantages des turbomachines à savoir [8] :

- Puissance massique et puissance volumique élevées.

- Rendement amélioré par la multiplication des étages de détente.

- Le rendement croit avec la pression de la vapeur et avec la température de surchauffe.

Cependant, l'augmentation de ces caractéristiques est limitée par la teneur en eau de la vapeur en fin de détente. En effet, la courbe de détente peut atteindre la courbe de saturation avec formation de gouttelettes qui nuisent à l'efficacité des derniers étages de détente. La teneur en eau liquide du mélange doit être limitée à 15 ou 20 pourcent, c'est la pression dans le condenseur qui fixe de ce fait les pressions et température limites admissibles.

La turbine à vapeur est l'aboutissement d'un type de machines thermiques introduit par les machines à vapeur à piston. Les contraintes inhérentes à leur conception restreignent généralement leur usage à l'industrie. Dans ce cas on obtient de l'électricité bon marché car l'énergie thermique n'est pas « Gaspillée » dans un condenseur. On appellee ces turbines, « turbines à contre pression » [8].



Figure (I-25) : étages d'une turbine à vapeur.

I.4.1 : Composantes d'une turbine à vapeur:

Généralement, une turbine à vapeur contient quatre éléments principaux, et ces derniers défèrent d'une installation à une autre.
Les composants d'une turbine à vapeur sont :

I.4.1.1 : La pompe :

Les pompes sont des appareils qui génèrent une différence de pression entre le condenseur et la chaudière. Du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique.

Le rôle de la pompe dans la TAV c'est :

- d'alimenter la chaudière de l'eau condensée précédemment par le condenseur.
- élever la pression de l'eau liquide.

I.4.1.2 : La chaudière :

Chaque turbine à vapeur utilise une chaudière pour transformer l'eau en vapeur. Une chaudière est simplement un grand réservoir d'eau avec des tuyaux débouchant dans et hors de celui-ci, et un élément chauffant. En substance, il est d'une grande bouilloire. Gaz, le pétrole, le bois, le charbon et les déchets municipaux sont des combustibles typiques brûlés pour chauffer l'eau. Les centrales nucléaires utilisent des générateurs de turbines à vapeur pour transformer la chaleur de la fission nucléaire en électricité.

Le rôle du générateur de vapeur est d'extraire l'énergie calorifique du combustible pour la céder à l'eau et produire de la vapeur à des paramètres fixés. Il constitue la source chaude du cycle thermodynamique. Cette vapeur sera utilisée par la turbine pour fournir de l'énergie mécanique.

I.4.1.3 : La turbine :

Après que l'eau est chauffée en vapeur, elle quitte la chaudière par un tuyau renforcé et se déplace à la turbine. La turbine est un ensemble de filage de lames, disposées à des angles pour attraper la vapeur entrante. La vapeur d'eau dans le tuyau est sous haute pression. Quand elle entre dans la turbine plus spacieuse, elle se dilate pour remplir l'espace disponible. Cela pousse contre les fans de la turbine, tournant sur son axe. Certains générateurs de turbines à vapeur ont une turbine, d'autres ont de multiples étages de turbines de différentes tailles, pour obtenir plus de travail hors de la vapeur. Il existe plusieurs styles différents de pale de turbine, chacun avec ses propres avantages et inconvénients.

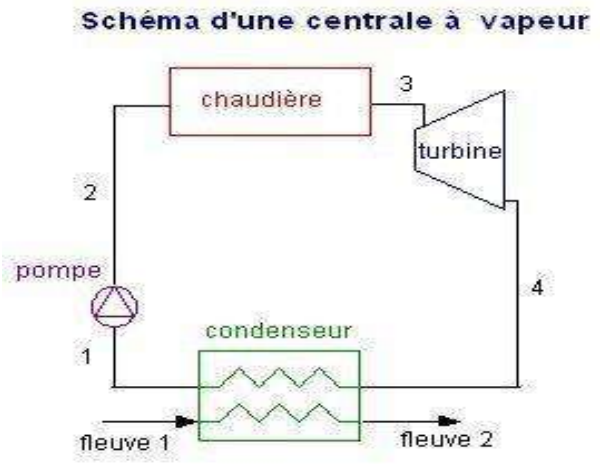


Figure (I-26): schéma d'une centrale à vapeur.

I.4.1.4 : Le condenseur :

Afin de maximiser le rendement de la turbine à vapeur, la pression et la température de la sortie de vapeur doivent être aussi basses que possible. Pour cela, la vapeur qui sort de la turbine est dirigée vers le condenseur où elle est refroidie et condensée. Le condenseur est un échangeur de chaleur avec des milliers de tubes dans lesquels l'eau du circuit de refroidissement circule. La vapeur circule sur les tubes et se condense au contact de ceux-ci. L'eau du circuit de refroidissement extrait alors la chaleur de la vapeur.

I.5 : Les turbines hydrauliques :

Depuis la roue à aubes entraînant un moulin, les machines hydrauliques ont subi une évolution technique considérable.

Il est donc important pour l'ingénieur s'occupant de l'acquisition d'une turbine, de posséder un certain nombre de connaissances au sujet de ces machines, de leur implantation et de leur fonctionnement. En collectant de l'eau dans un barrage, il est possible d'extraire l'énergie potentielle stockée pour produire de l'électricité en phase avec la demande. Les turbines hydrauliques servent à transformer l'énergie potentielle de fluide en énergie mécanique lors de l'écoulement d'un réservoir supérieur à un réservoir inférieur. Il existe actuellement plusieurs types de turbines hydrauliques, regroupés en deux catégories : les turbines à action et les turbines à réaction, et pour chaque type, une large plage de caractéristiques. La turbine entraîne un générateur qui convertit ensuite cette énergie en électricité qui peut être utilisée sur place ou vendue.

I.5.1 : Les turbines à Action :

Les turbines à action sont dénoyées, c'est à dire qu'elles ne sont pas entourées d'eau. L'énergie produite dépend uniquement des conditions de l'écoulement avant la roue. Un jet libre agit sur des augets ou des aubes profilées placées sur la périphérie d'une roue (action). Ce jet exerce une force sur l'auget en mouvement de rotation, qui est transformée en couple et puissance mécanique sur l'arbre de la turbine. La turbine à action est caractérisée par le fait que l'énergie à disposition de l'aubage est entièrement sous forme d'énergie cinétique. L'échange d'énergie entre l'eau et l'aubage a lieu à pression constante, généralement la pression atmosphérique. La roue de la turbine dénoyée tourne dans l'air.

I.5.2 : Turbine Pelton :

La turbine à action typique est la turbine Pelton. L'énergie potentielle de l'eau est transformée en jet qui frappe une roue, constituée principalement de godets et d'un moyeu, et l'entraîne en rotation.

L'un des moyens pour résoudre cette nécessité en énergie est d'utiliser l'énergie hydraulique et les turbines Pelton en particulier. En effet, ce type de turbine convient très bien pour les grandes hauteurs hydrauliques et les petits débits. Elles ont de plus un bon rendement pour les petites et moyennes puissances (de quelques centaines de watts à quelques centaines de kilowatts), ce qui est souvent le cas des applications dans les pays en voie de développement. Enfin, elles sont relativement faciles à réaliser localement [9].

Dans une telle turbine, le couple est généré par la force exercée par un jet d'eau provenant d'un injecteur sur un ensemble d'augets que l'on pourrait comparer à des sortes de cuillères fixées sur un rotor. Les augets sont profilés pour obtenir un rendement maximum tout en permettant à l'eau de s'échapper sur les côtés de la roue.

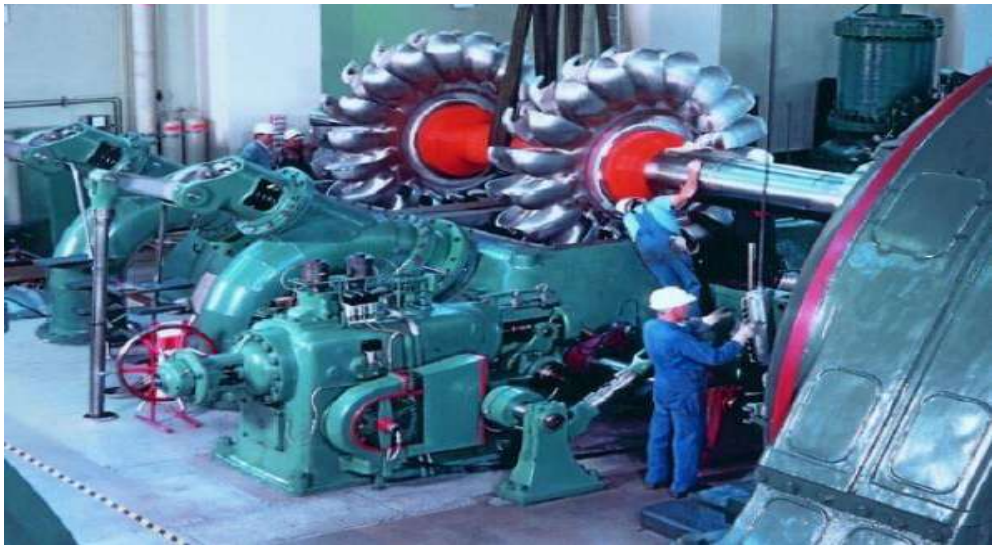


Figure (I-27) : Turbine hydraulique de type Pelton.

I.5.3 : Les turbines à Réaction :

Une turbine à réaction est une machine fermée (noyée) qui utilise à la fois la vitesse de l'eau (énergie cinétique) et une différence de pression. Les turbines à réaction fonctionnent complètement immergées. Le transfert d'énergie à la turbine dépend des conditions de l'écoulement avant et après la roue.

Deux principes sont à la base de son fonctionnement :

a. La création d'un tourbillon au moyen d'une bâche spirale, d'aubages directeurs, ou les deux à la fois,
b. La récupération du mouvement circulaire du tourbillon par les aubages d'une roue en rotation qui dévient les filets d'eau pour leur donner une direction parallèle à l'axe de rotation. Ces aubages se comportent comme une aile d'avion : l'écoulement de fluide provoque sur le profil de l'aube une force hydrodynamique qui induit un couple sur l'arbre de la turbine. Les turbines à réaction les plus fréquemment rencontrées sont les turbines Francis et les turbines axiales. La turbine axiale peut avoir les aubes fixes (turbine hélice) ou mobiles (turbine Kaplan).



Figure (I-28) : Turbine Francis.

CHAPITRE

II

DESCRIPTION DE LA TURBINE GE MS 3002

II.1 : Description de la turbine à gaz GE MS 3002

II.1.1 Introduction.

La turbine à gaz GE MS 3002 est une machine tournante à entrainement mécanique, appartenant à la famille des moteurs à combustion interne, dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure. Elle EST conçue pour les services intensifs.

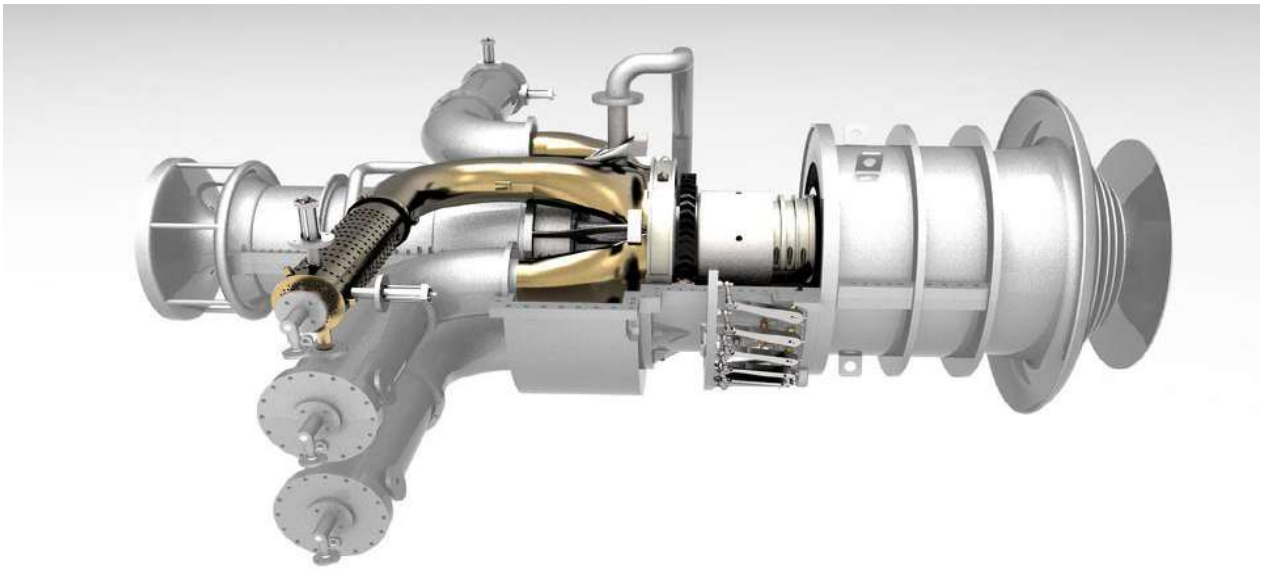


Figure (II-1):turbine à gaz GE MS 3002.

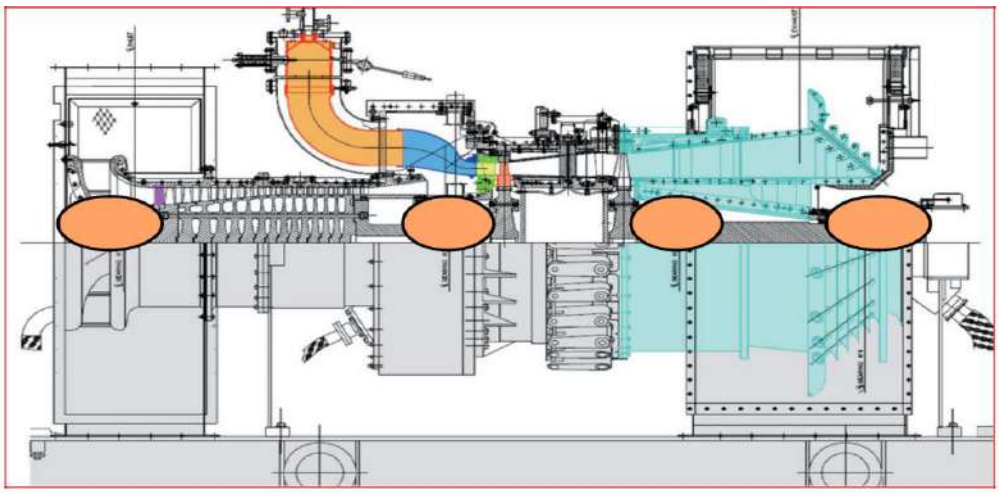


Figure (II-2) : schéma turbine à gaz GE MS 3002.

II.1.2 : Description de fonctionnement :

L'air aspiré passe au travers des 11 étages rotoriques du compresseur axial où il est comprimé et dirigé vers la chambre de combustion. C'est ici qu'en se mélangeant au combustible dans les proportions voulues, l'air se transforme en fluide moteur qui se détend au travers des quatre étages de la turbine, transformant ainsi son énergie thermique en travail mécanique.

Après s'être détendus, les gaz sont dirigés dans la caisse d'échappement et, en fonction du type d'installation, il est possible ou impossible de récupérer leur énergie thermique résiduelle au moyen des chaudières de récupération de la chaleur (production de vapeur) ou des cycles de régénération.

La compression de l'air s'effectue dans les deux premiers étages de la turbine et dans le compresseur axial qui ensemble constituent, pour les machines bi-arbre, le module rotorique de Haute Pression, qui est séparé mécaniquement du module rotorique de Basse Pression ou "arbre de puissance".

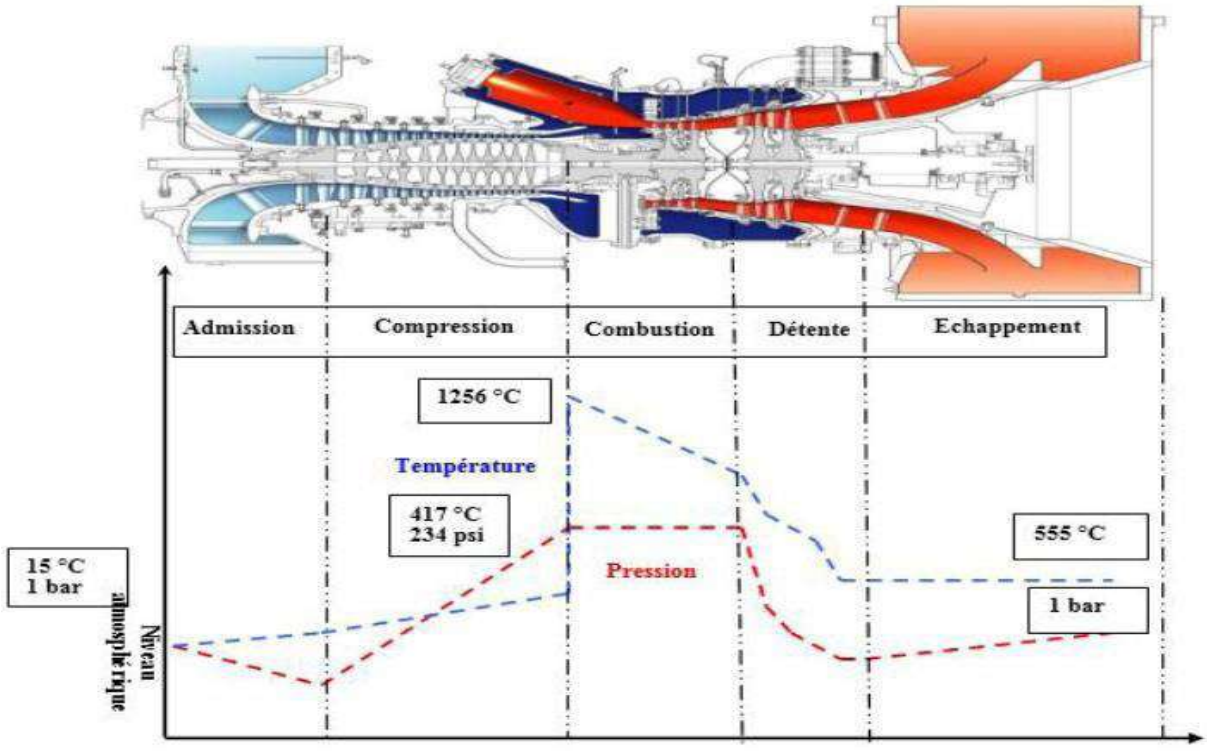
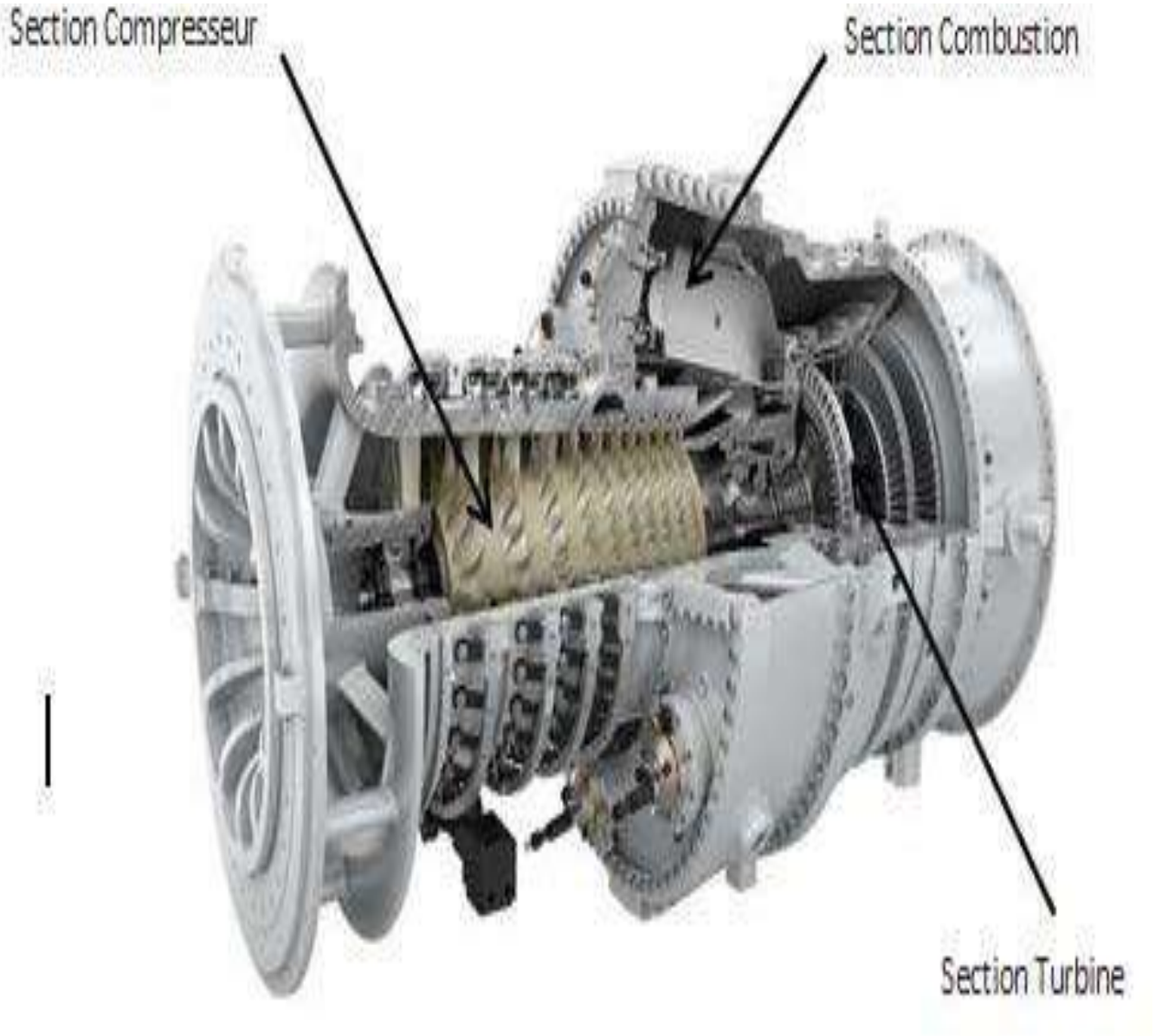


Figure (II-3) : Principe d'une turbine à gaz bi-arbre.

II.1.3 : Sections de la turbine à gaz :



La turbine à gaz se divise en trois sections principales

Figure (II-4) : sections *turbine* à gaz GE MS 3002.

II.1.3.1: Compression:

- **compresseur axial :**

L'ensemble des aubages statoriques et rotoriques et des caisses d'admission et d'échappement du compresseur constituent le compresseur axial de la turbine (voir Fig **II-5**.).
Les aubes statoriques, installées dans la caisse d'admission de l'air et dans la caisse de décharge du compresseur, comprennent douze étages au total. Les trois premiers étages se composent d'aubes variables. Les aubages rotoriques se composent de onze étages.

La compression de l'air se produit à travers une série d'ouvertures dans des chambres annulaires dont les sections, déterminées par les dimensions des aubages rotoriques et statoriques, décroissent au fur et à mesure qu'augmente le numéro progressif des étages.

Les performances sont caractérisées par un rapport élevé de compression et par un rendement quasiment constant dans la plage de débits d'air compris entre 70 et 100%.

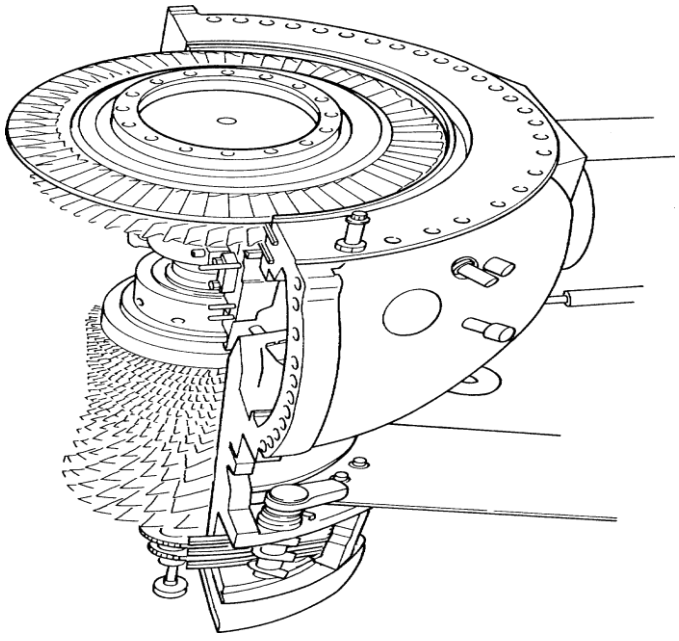


Figure (II-5):compresseur axiale.

II.1.3.2 : Combustion.

La chambre de combustion est bridée sur la caisse turbine haute pression. Elle comprend: l'enveloppe externe, le brûleur, la chemise dans laquelle a lieu la combustion, et la bougie d'allumage (voir Fig. I-34).

L'air qui provient du refoulement du compresseur axial pénètre dans l'espace annulaire délimité par l'enveloppe externe et la chemise. Son écoulement est opposé à celui des gaz qui parcourent la chemise et la pièce de transition des gaz.

La totalité de l'air est utilisée pour assurer les trois fonctions fondamentales suivantes:

Air de combustion (air primaire)
Cet air, introduit par les orifices du générateur de tourbillonnement et par les orifices primaires de combustion, contribue à réaliser le rapport air/combustible approprié et la turbulence requise pour assurer la stabilité de la flamme.

Air de dilution (air secondaire)
Cet air, introduit en aval de la zone primaire de combustion, abaisse la température de la flamme en la ramenant à des valeurs compatibles avec la durée de vie des pièces frappées par les gaz.

Air de refroidissement
Cet air lèche l'extérieur et l'intérieur de la paroi de la chemise. Il forme une pellicule continue d'air qui permet de maintenir la température du métal à des valeurs acceptables.

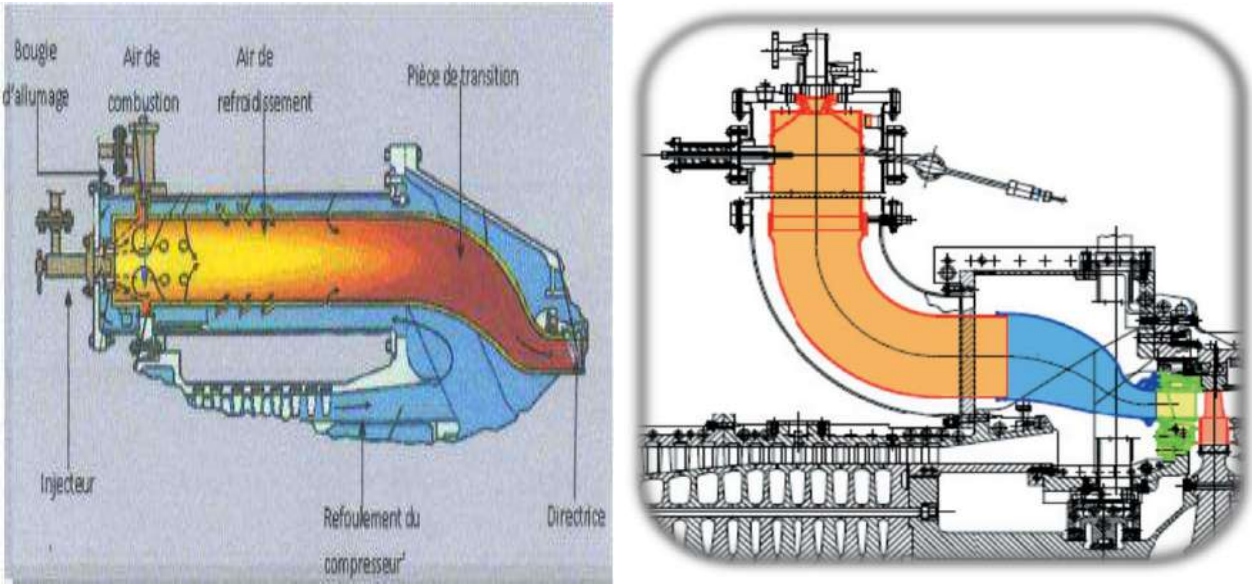


Figure (II-6) : section combustion.

II.1.3.3 : Turbine.

La section turbine est celle où les gaz à haute températures de la section combustion sont convertis en énergie mécanique (cheval vapeur de l'arbre). La section contient aussi les suivants composants : le corps de la turbine, la directrice fixe de premier étage, la roue HP de la turbine premier étage, la directrice à aubes variable (nozzle) de deuxième étage et la roue BP de la turbine deuxième étage. En plus la section inclut l'ensemble de diaphragme, étanchéité à air et les pièces de la voie des gaz entre étages. Toutes les pièces du stator ont été fabriquées de manière qu'elles puissent être divisées en deux moitiés horizontales pour faciliter l'entretien.

- **Directrice fixe de premier étage :**

Elle se compose de segments montés dans une bague de retenue, soutenue dans la veine des gaz par un dispositif de fixation du carter de la turbine. L'air de refoulement du compresseur en provenance du carter des chambres de combustion passe autour de la bague de retenue, puis dans les parois percées de la directrice et sort enfin par les trous de purge de la veine des gaz d'échappement. Ce flux d'air sert à refroidir les profils de la directrice.

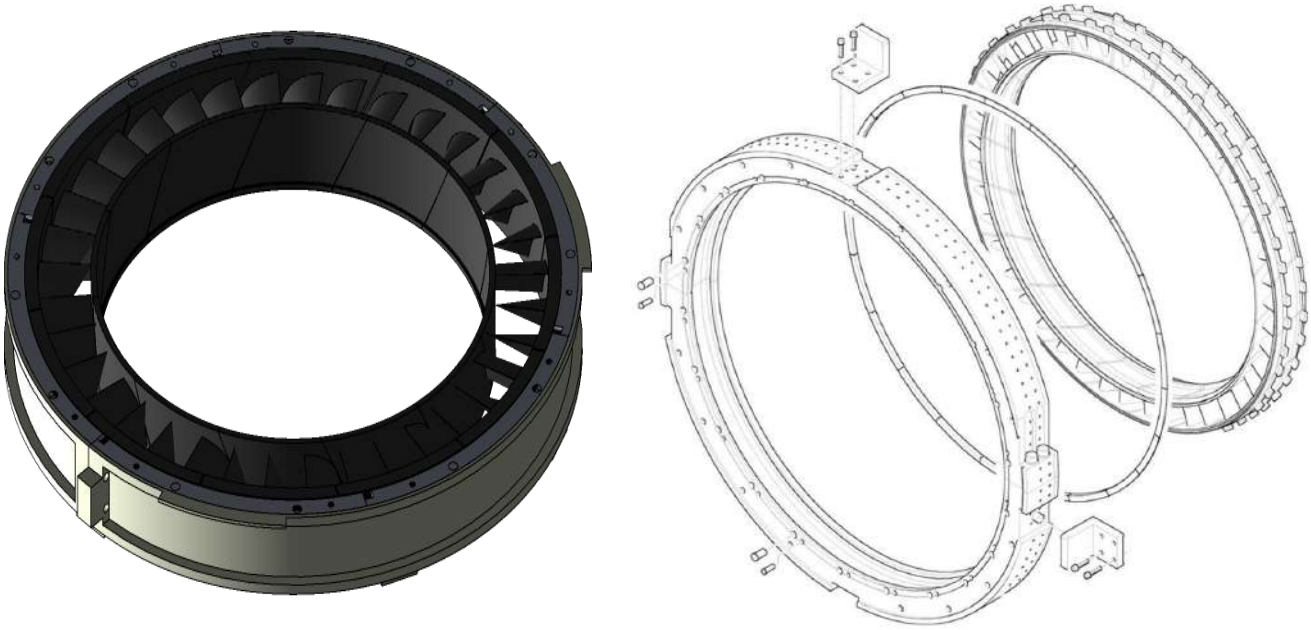


Figure (II-7) : directrice fixe de premier étage [11].

- **Directrice de deuxième étage :**

Elle se compose de séparations (déflecteurs) qui forment une directrice à angle variable avec la directrice d'écoulement des gaz dans la section annulaire juste avant le deuxième étage de la turbine BP. On peut donner une rotation grâce à des axes qui dépassent des manchons prévus dans le corps de la turbine. Les leviers clavetés à l'extrémité de ces axes et sont reliés par des biellettes à des points de la couronne de contrôle qui sont actionnés par un piston hydraulique.

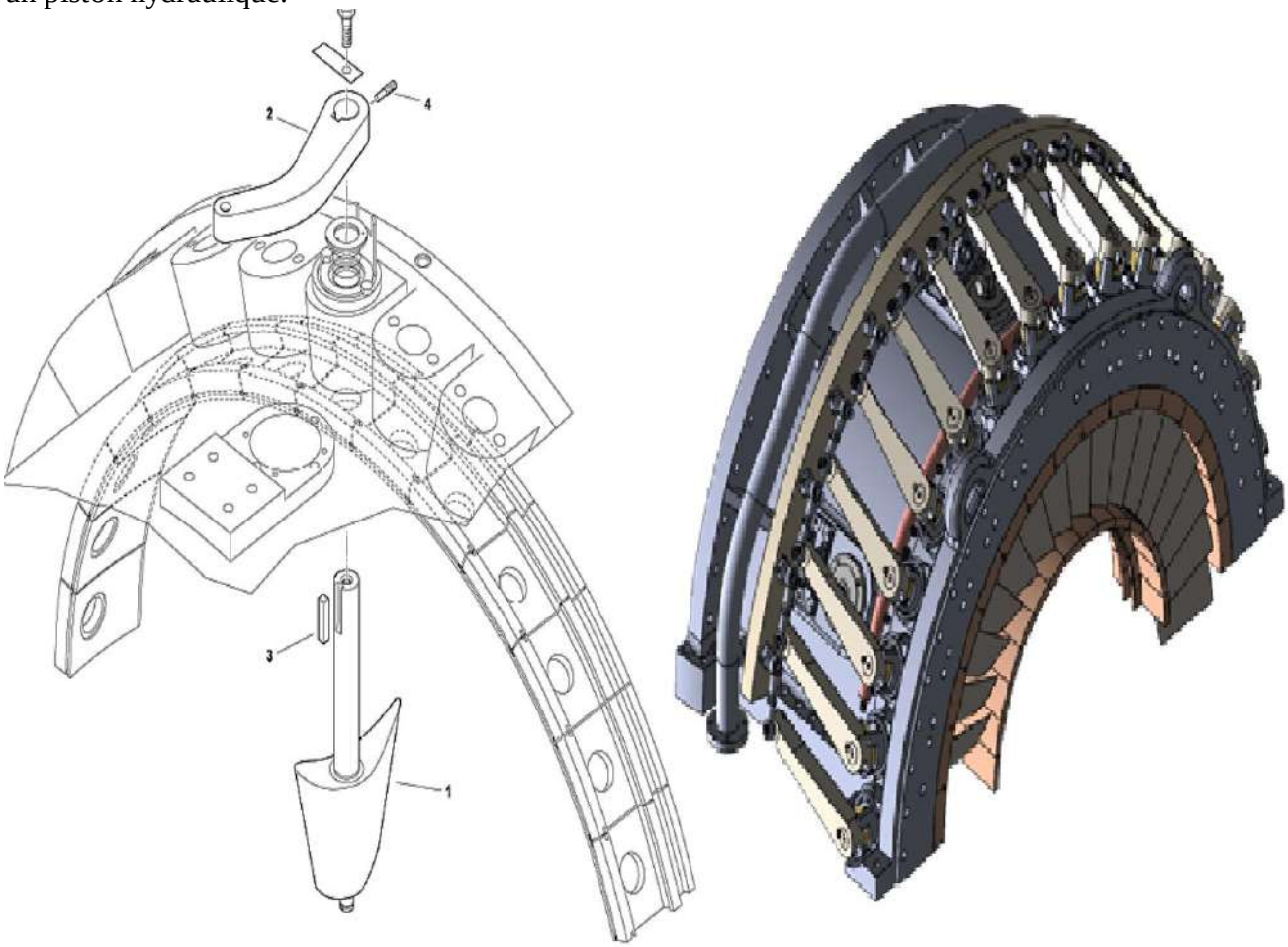


Figure (II-8): directrice de deuxième étage [11].

- **Rotors de la turbine :**

La turbine à gaz dispose de deux rotors séparés : celui de la turbine de première étage 'HP', qui entraîne le compresseur à flux axial, et le rotor de la turbine deuxième étage 'BP' qui entraîne la charge.

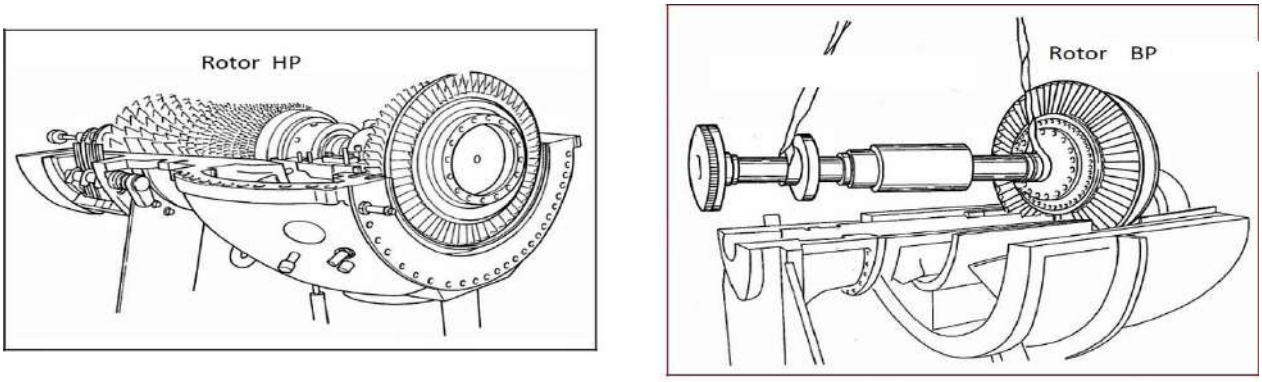


Figure (II-9): les rotors HP ET BP [12].

- **Les paliers:**

La turbine a quatre paliers principaux de type à patins oscillant et elliptique qui supportent le compresseur et les rotors de la turbine. Les paliers elliptiques 1 et 2 supportent le compresseur/rotor de la turbine à haute pression et les paliers à patin oscillant 3 et 4 supportent la basse pression/rotor.

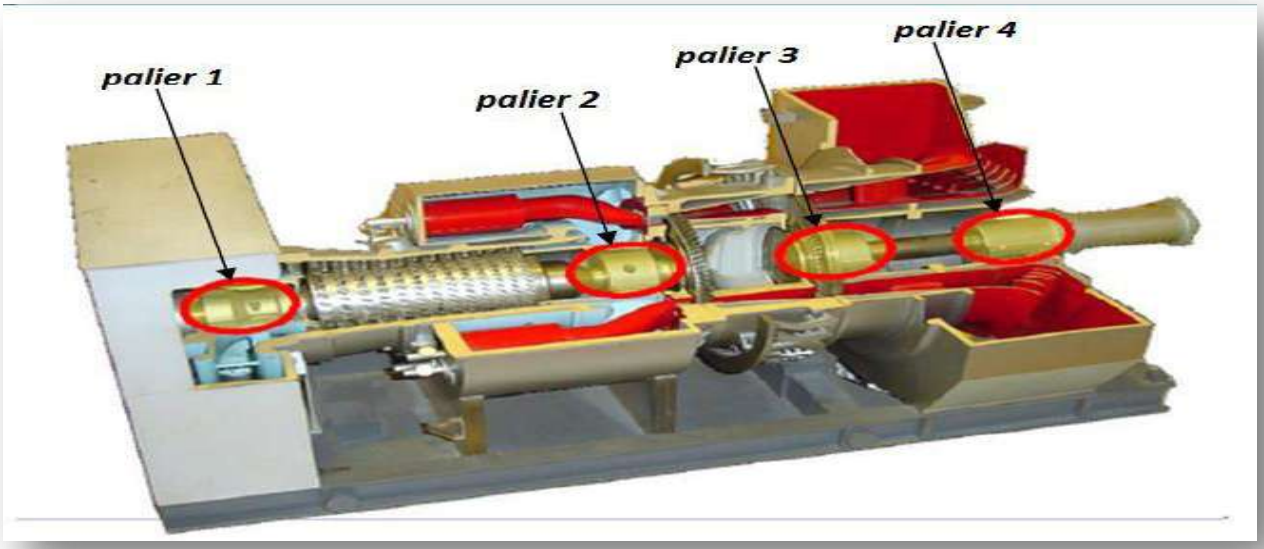


Figure (II-10): les paliers d'une turbine à gaz [12].

II.1.4 : Le compartiment des auxiliaires :

Il est situé à l'avant du caisson d'aspiration d'air, et comprend tous les auxiliaires Nécessaires au fonctionnement indépendant de la turbine :

- **Tableau des manomètres.**

C'est un panneau situé au bout de compartiment des auxiliaires et regroupe un certain nombre de manomètres permettant de contrôler la pression des fluides depuis le compartiment contrôle.

- **Turbine de lancement.**

Elle sert à entrainer l'engrenage des accessoires et le rotor haute pression de la turbine à une Vitesse bien déterminée.

- **Convertisseur de couple**

C'est un élément couplé au dispositif de démarrage de la turbine ; cet appareil transfère et augmente le couple pour produire la rotation de l'arbre de la turbine.

- **Embrayage de lancement.**

Un embrayage de démarrage connecte l'arbre de sortie de l'ensemble de convertisseur de couple à l'arbre principal de réducteur auxiliaire de vitesse. L'embrayage est engagé par les cylindres hydrauliques et il est désactiver par les ressorts de retour dans les cylindres. Le système est conçu pour maintenir l'embrayage dans la position active toutes les fois exceptant les fois où la turbine à gaz fonctionne.

- **Réducteur des auxiliaires**

C'est un ensemble de roues dentées actionnées directement par le rotor de la turbine et il est utilisé pour entrainer les divers auxiliaires. Le réducteur auxiliaire qui est placé sur le socle des auxiliaires, comprend le train d'engrenages nécessaires pour permettre une réduction de vitesse pour mener les systèmes auxiliaires aux vitesses désirées, à l'extérieur du corps du réducteur on trouve un déclencheur de survitesse de la turbine haute pression qui peut mécaniquement déverser l'huile dans le circuit de déclenchement, ce qui provoque l'arrêt de la turbine à gaz lorsque la vitesse du premier étage de la turbine excède les limites prescrites dans les spécifications de contrôle. Les accessoires entrainés par le réducteur auxiliaire, comprennent la pompe hydraulique principale, ainsi que la pompe à huile de graissage principal.

Pendant le démarrage, le réducteur transmet le couple communique par le moteur de lancement à expansion vers la turbine à gaz.

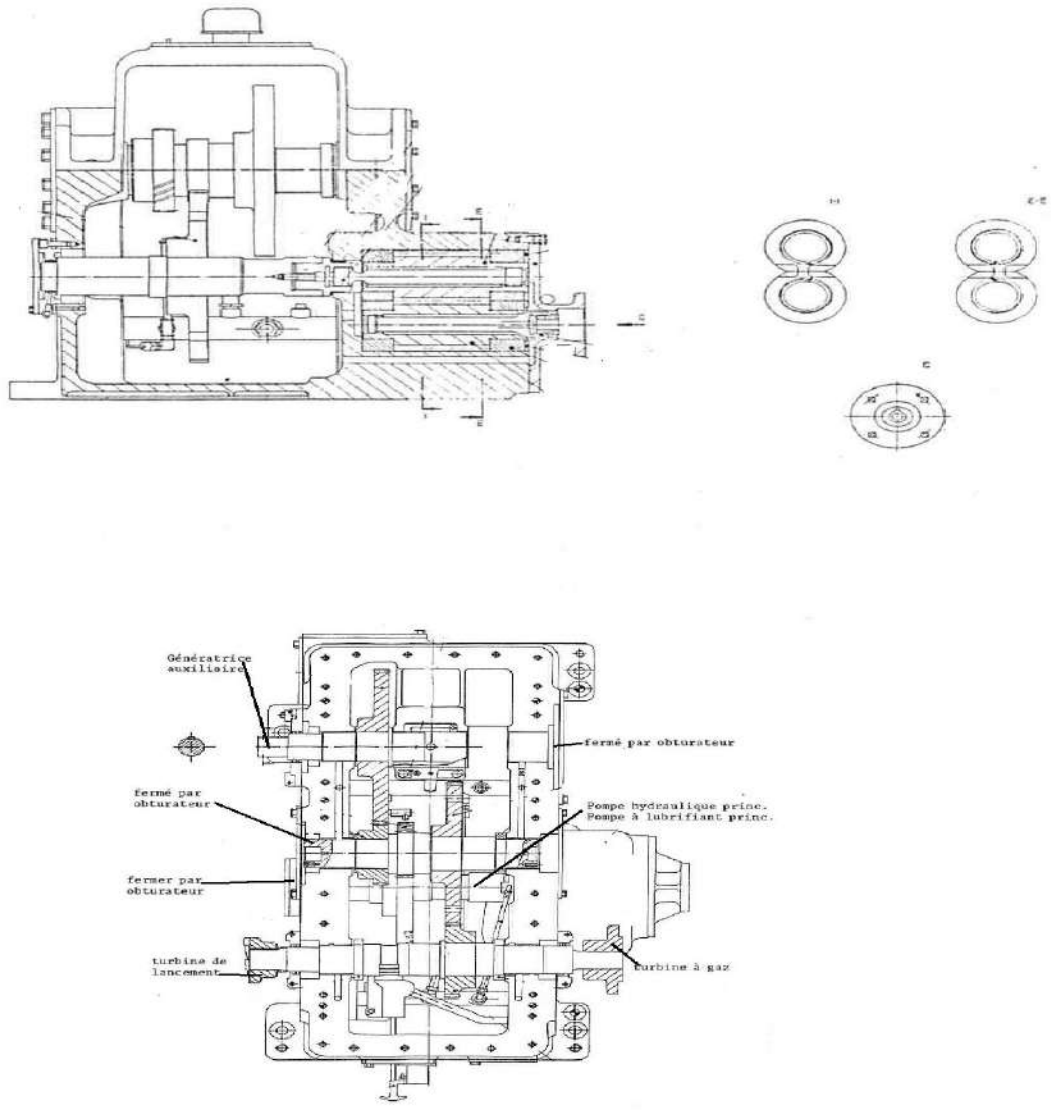


Figure (II-11) : réducteur des auxiliaires [13].

➢ **Accouplement :**

Les accouplements sont élastiques à la flexion et la torsion dans le sens transversal et longitudinal. Les fonctions de base des accouplements utilisés sur cette turbine sont :

- de relier deux arbres en rotation, de manière à transmettre le couple de l'un à l'autre
- de compenser les trois types de désalignements (parallèles, angulaires et la combinaison des deux)
- de compenser tout mouvement axial des arbres, de manière qu'aucun des deux n'exerce une poussée excessive sur l'autre.

Les accouplements utilises sur cette turbine sont destinés à accoupler le réducteur des auxiliaires a l'arbre de la turbine et l'arbre de la turbine à l'équipement de puissance.

II.1.5 : Les systèmes de la turbine à gaz :

II.1.5.1 : Système admission :

Les turbines à gaz consomment une grande quantité d'air pour la combustion et le refroidissement des pièces internes. Le système d'admission d'air est formé d'un compartiment d'entrée d'air développé et une tuyauterie d'entrée doué des silencieuses et un système de filtration à aspiration autonettoyant qui atténue la haute fréquence de bruit connectées au compactage d'entrée de la turbine et aussi un séparateur d'air inerte qui enlève les particules étrangères avant que l'air entre dans la turbine. Ce système combine la fonction de filtrage et de silence d'air d'entée avec la fonction de diriger l'air dans le compresseur.

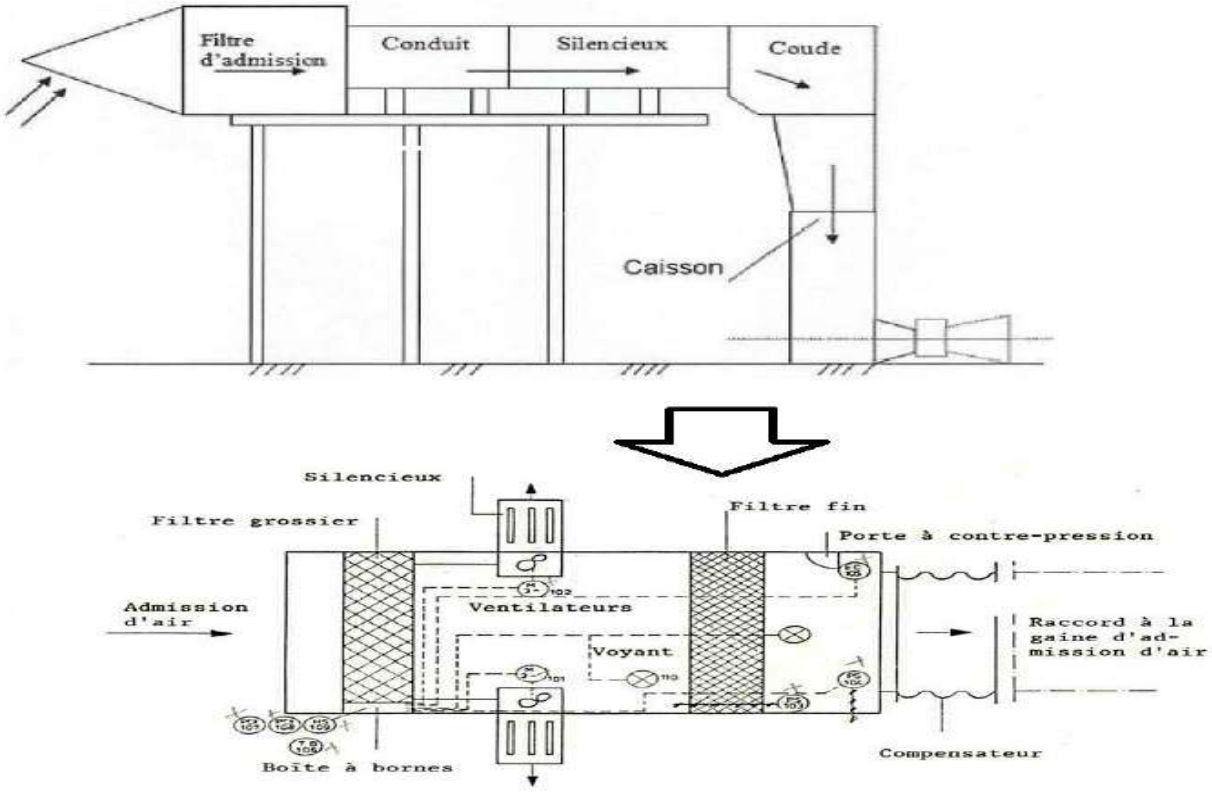


Figure (II-12): système d'admission [13].

II.1.5.2 : Système d'échappement :

La section échappement se compose essentiellement du cadre d'échappement et du caisson d'échappement. Lorsque la turbine marche les gaz d'échappement en provenance de la turbine sont déchargés dans le diffuseur et dans la section des déflecteurs du cadre d'échappement puis la cheminée d'échappement.

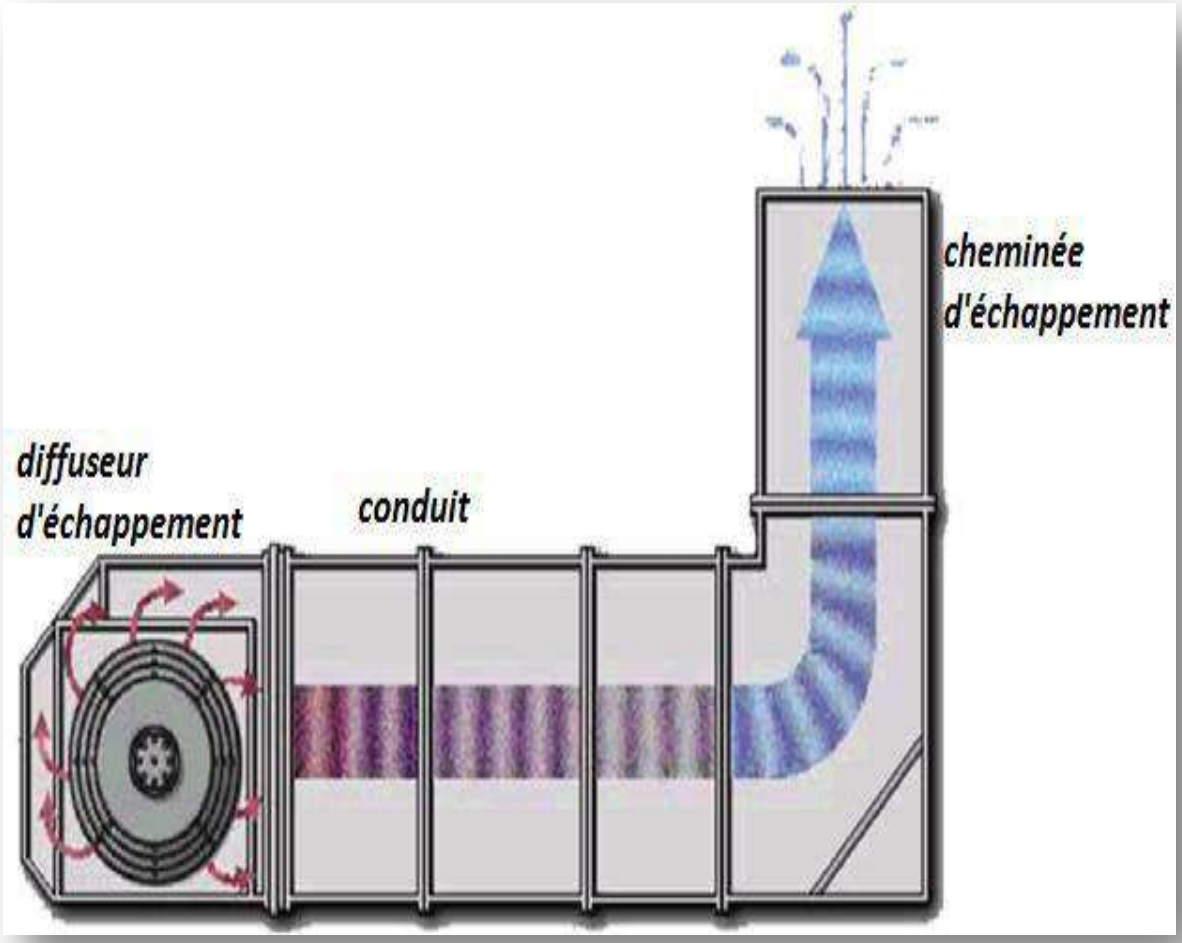


Figure (II-13) : Système d'échappement.

II.1.5.3 : Système de démarrage :

Pendant la séquence de démarrage, la turbine à gaz est entrainée par une turbine à détente fait accélérer le rotor haute pression de la turbine depuis l'arrêt jusqu'à 22% de la vitesse nominale pendant trois minutes, à ce moment en assurant le cycle de purge de compresseur axiale. A 32% de la vitesse nominale en assurant l'allumage, puis contribue à l'accélération jusqu'au désaccouplement à 60% de sa vitesse nominale et elle devient autonome.

II.1.5.4 : Système d'huile de graissage :

La lubrification de la turbine est assurée par un système d'huile sous pression en boucle fermée comprenant, un réservoir d'huile, des pompes, des régénérateurs (réfrigérateurs d'huile), des filtres, valves et des divers dispositifs qui assurent la commande et la protection du système.

L'huile de lubrification du système est envoyée aux quatre paliers principaux de la turbine, les accessoires de la turbine et l'équipement de charge entrainé.

Le système d'huile de graissage comporte trois pompes :

- **Pompe principale:**

C'est une pompe volumétrique, montée et entrainée par le réducteur auxiliaire.
Elle pompe l'huile de graissage du réservoir vers les différents points de graissage de l'installation durant la marche normale.

- **Pompe auxiliaire:**

La pompe auxiliaire pour l'huile de graissage est du type vertical à un seul étage et une seule aspiration, fonctionnant en centrifuge et entrainée par un moteur CA. Elle sert à fournir la pression d'huile lors du lancement et de la mise à l'arrêt de la turbine, alors que la pompe principale ne fournit pas une pression suffisante pour la sécurité du fonctionnement à des vitesses inferieures à 80 % de la vitesse nominale de la turbine.

- **Pompe de secours;**

La pompe de secours pour l'huile de graissage est également une pompe du type verticale, submergé, à un seul étage et à une seule section, fonctionnant en centrifuge : toute fois, elle est entrainée par un moteur CC.

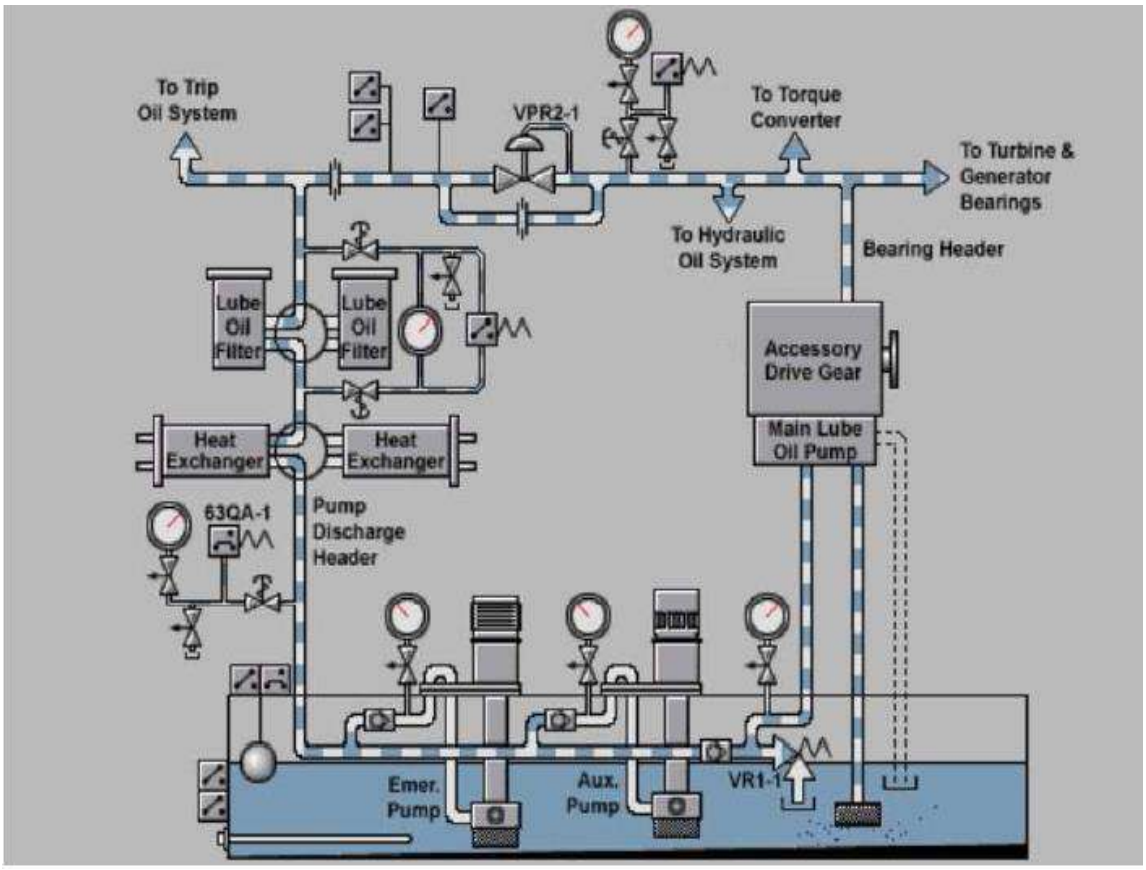


Figure (II-14) : système d'huile de graissage.

II.1.5.5: Système hydraulique:

Les fonctions principales de ce système est l'alimentation de fluide hydraulique pour la commande de position de la vanne de commande de combustible, de la vanne d'arrêt-rapport de vitesse, de la directrice du deuxième étage (nozzle), le fonctionnement du système de déclenchement de la turbine à gaz, et la mise en prise de l'embrayage de lancement. La description de ce système est divisée en trois parties :

- **Système alimentation :**

Il fournit de l'huile haute pression au système hydraulique, il fait monter la pression de l'huile de graissage à environ 84 bar, avec filtration de l'huile utilisé par les vannes d'asservissement, il comprend également les dispositifs de protection de la turbine en cas de pression insuffisante dans le système hydraulique pour maintenir les fonctions de commande essentielles.

- **Système de déclenchement hydraulique :**

Il forme l'interface primaire de protection entre le tableau de commande de la turbine et les composants installés sur la turbine admettant ou coupant l'arrivé du combustible à la turbine, ce système sert également à ouvrir les directrices **(Les directrices sont des pièces aux propriétés mécaniques ayant un profil hydraulique permettant de diriger le flux es gaz brulées vers la turbine)**. Lors des séquences normales de lancement et de mise la turbine à l'arrêt.

- **Système d'huile de commande :**

Il remplit deux fonctions de commande : position des nozzle, et position de la vanne combinée de combustible gazeux et d'arrêt-rapport de vitesse. Les composants principaux de Ce système sont les suivants.

a) Déclenchements de survitesse.

Ces déclenchements de type mécanique fonctionnent conjointement avec les masses de déclenchement de survitesse de l'arbre HP et BP. Quand ces mécanismes entrent en action, ils provoquent une chute rapide de pression dans le système d'huile de commande, produisant la fermeture de la vanne d'arrêt de combustible et l'ouverture des directrices.

b) Vanne de décharge.

La vanne actionnée par solénoïde avec ressort de rappel est utilisée pour commander le système d'huile de commande à partir d'un signal provenant du circuit principale de protection de commande, la vanne est sous tension quand la turbine est en marche. Elle produit le déclenchement de la turbine de façon semblable à qui a été décrit ci-dessus pour le déclenchement de survitesse. Orifice d'entrée elle est installée dans la tuyauterie allant du distributeur d'alimentation des paliers au système d'huile de commande. Son diamètre est choisi de façon à limiter le débit d'huile vers le système de l'huile de commande, assurant ainsi une capacité adéquate pour tous les dispositifs de déclenchement, tout en évitant un manque d'alimentation du système de graissage quand le système d'huile de commande déclenche.

c) Contact manométrique :

Il est prévu pour envoyer un signal électrique au système de commande SPEEDTRONIC et assurer le déclenchement de la turbine au cas où la pression deviendrait insuffisante dans le système d'huile de commande.

II.1.5.6 : Système de protection de la turbine à gaz :

- **Protection de vitesse :**

Le mécanisme de déclenchement de survitesse est un dispositif qui conjointement avec l'ensemble de la masse de survitesse, donne un moyen mécanique pour mettre la turbine à

L'arrêt automatiquement quand la vitesse de l'arbre atteint une vitesse de déclenchement spécifiée.

Le mécanisme de déclenchement de survitesse est un ensemble hydraulique. Il comprend une vanne hydraulique pilote, qui ouvre une lumière de décharge quand elle se trouve en position déclenchement, reliant ainsi le système de déclenchement hydraulique à la vidange, la vanne hydraulique pilote est munie d'un ressort de rappel, et elle est maintenue en position armée par une gâchette fermant la lumière de vidange. De cette façon, les autres dispositifs du système de déclenchement hydraulique peuvent contrôler la pression dans ce système. Quand la masse de survitesse se déplace, elle vient frapper la gâchette qui débloque la vanne hydraulique pilote, cette vanne se met en position de décharge très rapidement sous effet de son ressort. La pression du système de déclenchement hydraulique tombe rapidement ce qui fait que la vanne d'arrêt de combustible et les autres dispositifs du système de protection se ferme et mettent la turbine à l'arrêt.

Le contact électrique monté sur le mécanisme de déclenchement est également actionné quand la vanne hydraulique pilote se met en position de déclenchement. Ce contact met en route la mise à l'arrêt de la turbine par voie électrique au moyen du tableau de commande de la turbine tout en déchargeant simultanément la pression du système de déclenchement hydraulique au moyen d'électrovanne 20 HD. Cette décharge de pression du système par voie électrique est en redondance avec la décharge par voie mécanique à l'aide de la vanne pilote.

La masse de survitesse (plongeur) est réalisé de telle sorte que son centre de gravité soit décentré par rapport à l'axe de rotation. Elle est soumise à la force d'un ressort qui est supérieurs à la force centrifuge jusqu'à ce que la vitesse de consigne de déclenchement soit atteints, la force centrifuge agissent sur la masse devient supérieur à la force du ressort de rappel, ce déséquilibre provoque le déplacement très rapide de la masse sur toute sa course, elle vient frapper la gâchette du mécanisme de déclenchement de survitesse mettant en route la mise à l'arrêt de la turbine par survitesse.

Le groupe peut également être déclenché par voie électronique si une survitesse se produit. Des détecteurs constitués par des capteurs magnétiques à niveau de sortie élevé sont utilisés à cet effet. Ils sont réalisés avec un aimant permanent entouré d'une bobine et enfermé dans une gaine en acier avec un connecteur à l'arrière. Une roue dentée comportant 60 dents est incorporée à l'arbre de la turbine et forme le rotor d'un alternateur à induction. Cette roue dentée agit sur quatre capteurs indépendants. La variation de flux magnétique induit un courant alternatif dans la bobine, proportionnel au changement de flux déterminé par la vitesse de la turbine et dépendant de la distance entre le capteur et la roue dentée, il y a deux voies en redondance, chacune ayant sa propre redondance.

Un signal de déclenchement est émis si une des conditions se produit :

- Le point de consigne de déclenchement est atteint ou dépassé.
- Le signal CA du détecteur est trop élevé (capteur trop près de la roue).
- Capteurs en court-circuit ou en circuit ouvert.
- panne d'alimentation des cartes de circuit correspondances.

Quand le système électronique de survitesse détecte une condition de déclenchement, les circuits coupent l'alimentation de la vanne hydraulique de décharge, ce qui fait communiquer le circuit d'huile de déclenchement hydraulique et la décharge, provoquant la fermeture de la vanne d'arrêt de combustible

. Avec son alimentation en combustion coupée, la machine s'arrête.

- **Protection contre excès de température :**

Deux canaux de déclenchement d'excès de température sont installés indépendants l'un à l'autre, chacun comprenant un amplificateur de thermocouple et un circuit de déclenchement à seuil de niveau. Les amplificateurs reçoivent leurs signaux provenant de thermocouples installés dans le caisson d'échappement de la turbine. Le signal de sortie de l'amplificateur de thermocouple attaque un système détecteur de niveau dont le seuil de déclenchement est réglable, en vue de déclencher la turbine quand la température maximale admissible à l'échappement est atteinte. Quand le système d'excès de température détecte une condition de déclenchement, les circuits coupent l'alimentation de la vanne hydraulique de décharge, provoquant ainsi la fermeture de la vanne d'arrêt de combustible et mettant la turbine à l'arrêt de ce fait.

- **Protection contre les vibrations :**

La protection contre les vibrations est généralement assurée par des capteurs de vitesse, deux sur la turbine à gaz, et un sur la charge entraînée. Les transmetteurs de ces capteurs produisent un signal proportionnel à la vitesse de la vibration. Le système de déclenchement est réglé par un point de consigne spécifié par les spécifications de la commande. Au cas où il se produirait un circuit ouvert, un court-circuit ou un point de masse dans l'un des trois canaux indépendant, une alarme est émise, mais le groupe peut rester en marche. Une carte d'étalonnage est fournie afin de régler et de vérifier chaque canal.

- **Protection de flamme :**

Quatre détecteurs de flamme sont utilisés dans la séquence de lancement et pendant le fonctionnement normal de la turbine à gaz. Pendant le lancement, dès qu'un détecteur de chaque côté de la turbine détecte la flamme, la séquence de lancement poursuivre. En cas de défaillance d'un détecteur, une alarme est émise, le groupe peut rester en marche. Les détecteurs de flamme sont de type sensible aux rayons ultra-violet. Ils sont constitués par deux électrodes de tungstène enfermés dans une enveloppe de quartz ou de borosilicate contenant de l'hydrogène sous pression. La haute tension appliquée entre les électrodes produits une décharge d'effluves.

CHAPITRE III

L`ETUDE DE L'ANCIEN SYSTEME DE LANCEMENT DE LA TURBINE MS3002 ET LA CONCEPTION DE NOUVEAU SYSTEME

III.1 : PRSENTATION : Une turbine à gaz, comme tous les moteurs à combustion Interne, ne peut démarrer par elle-même et nécessite, par conséquent, une source externe pour fournir la puissance nécessaire au lancement. Cette source est généralement un moteur Diesel ou un moteur électrique combiné avec un convertisseur de couple ; elle peut aussi être une turbine à vapeur, où à détente de gaz si une alimentation locale en vapeur ou à gaz est disponible. Certaines des grosses turbines utilisent l'alternateur par l'intermédiaire d'alimentations à fréquence variables. Une puissance de lancement suffisante est fournie pour faire tourner la turbine avant allumage à 20 % de sa vitesse nominal, selon les conditions
Ambiantes. Bien que la vitesse d'allumage ne soit que de 10 à 15 %, Cette puissance de
Lancement supplémentaire est utilisé pour faire la purge de la veine des gaz avant 1′allumage, le lavage à 1′ eau du compresseur, et pour accélérer le refroidissement.
La figure (II.1) illustre une séquence typique de lancement automatique. Après l'achèvement des vérifications automatiques du système et établissement de la pression de l'huile de graissage, le dispositif de lancement est mis en marche ; dans le cas d'un moteur Diesel, une période de préchauffage est prévue. Les turbines à gaz à cycle simple avec échappements ordinaires orientés vers le haut n'ont pas besoin d'être purgées avant l'allumage. La séquence d'allumage peut être appliquée quand la vitesse du rotor passe par la vitesse d'allumage. Si l'allumage ne se produit pas dans les soixante secondes de la temporisation de transfert d'allumage, le système de commande passe automatiquement à une séquence de purge, décrite ci-après, et fait une nouvelle tentative d'allumage. La séquence d'allumage comprend l'alimentation des bougies et l'établissement du débit de combustible correspondant à l'allumage. Quand la flamme est détectée par les détecteurs de flamme, qui sont situés du côté opposé de la turbine par rapport aux bougies, l'allumage et le transfert de la flamme sont achevés. Le débit du combustible est réduit à la valeur de préchauffage et la puissance du dispositif de lancement est augmentée à sa valeur maximale. Si l'allumage et le transfert de flamme ne sont pas obtenus dans une limite de temps appropriée, le système de commande revient automatiquement à la séquence de purge, et fait une deuxième tentative d'allumage sans que l'opérateur ait à intervenir. Dans le cas improbable d'un transfert de flamme incomplet, cet incident serait détecté par la surveillance de combustion sous la forme d'un écart important des températures à l'échappement avant que la turbine ne soit mise en charge.

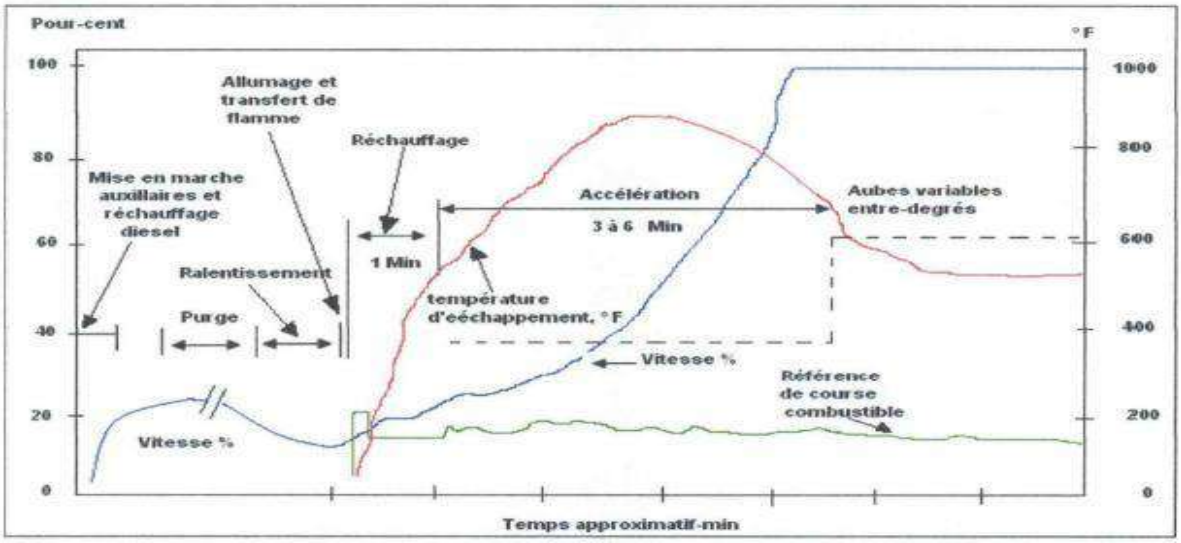


Figure (III-1) : Séquence typique de lancement automatique de la turbine à gaz.

III.2 : Etude du L'ancien système de lancement et la conception de nouveau système de lancement :

III.2.1 :l'Ancien système de lancement :

L'ancien système de lancement comporte principalement une turbine de détente a étage unique et ses équipements de contrôle associes, tels que soupape, électrovanne, etc. la turbine, avec ses équipement auxiliaires, est montée sur une plate-forme surélevée devant l'engrenage accessoire et, durant la phase de lancement, est couplée à l'arbre NO .1 des engrenages accessoires au moyen d'un accouplement a griffes.

La turbine est alimentée par le gaz naturel provenant du gazoduc, traite dans le skid de traitement du carburant, dans lequel sa pression est réduite au niveau de travail requis. Le gaz passe ensuite dans un régulateur de pression est réduite au niveau de travail requis. Le gaz passe ensuite dans un régulateur de pression d'admission qui le dirige vers la turbine selon les instructions de commutation de la robinetterie de commande connexe.

III.2.1.1 : Etat 1 : avant lancement.

Le régulateur est maintenu ferme par un ressort aucun courant n'est fourni à l'électrovanne 20SV, qui bloque donc l'alimentation en gaz de commande.

III.2.1.2 : Etat 2-lancement.

Lorsqu'il s'agit de lancer la turbine à gaz 'les deux électrovannes 20SV et 20SG sont excitée le rotor de turbine demeure stationnaire et, pour le faire tourner, il faut que la turbine de lancement atteigne son couple maximum.la pression de gaz de commande est fournie à la vanne VPR -15 par l'entremise de 20 SV et d'un régulateur de pression. Etant donné que VPR-15 est maintenue ouverte par un ressort de commande, la pression peut la traverser. Simultanément, une pression de commande supplémentaire est appliquée à VPR -15 par l'entremise de VPR-40 et 20SG.

La force de ressort et la pression de commande sur le ressort ont été calculées de manière à ce que VPR -15 s'ouvre complètement lorsque les deux pressions sont appliquées ; la pression de commande en résultant ouvre le régulateur en contrecarrent la pression exercée par le ressort .la turbine de lancement peut donc développer son couple maximale et rotation du rotor de la turbine principale.

Dès que le ressort de turbine commence à tourner, l'électrovanne 20SG est désexcitée par commande émanant du speedtronic et VPR-15 est maintenue ouverte par la seule pression de son ressort. La pression du gaz en aval de la soupape de commande est envoyée dans un tuyau afin de refermer partiellement VPR -15 sur la soupape de commande qui se referme davantage ; à ce moment le débit de gaz traversant la soupape de commande est réduit encore davantage.

III.2.1.3 : Etat 3-arrêt.

Dès que le rotor de la turbine a atteint 60% environ de sa vitesse nominale, l'électrovanne 20 SV est désexcitée. Il s'ensuit que la pression du gaz de commande au niveau de VPR-15 tombe à zéro, ce qui fait refermer la soupape de commande.

Le signale de mise à l'arrêt de 20 SV est amorce par un capteur de vitesse77S est envoyer à la turbine de lancement par le speedtronic.

- Le couple et la puissance de sortie de la turbine de lancement sont régules par les fonctions de commande

décrites et correspondent aux exigences d'accélération du rotor de la turbine de l'arrêt jusqu'au point ou le rotor atteint sa vitesse auto –entretenue, ce qui signifie que le processus a lieu sans consommation excessive de gaz.
La soupape du dispositif de survitesse remplit une fonction purement protectrice et coupe l'alimentation en gaz de la turbine de lancement si la vitesse de cette dernière devient excessive suite à un défaut de fonctionnement des dispositifs de commande. Le limiteur 12SA signale toute mise en œuvre du mécanisme de déclenchement.
A également été prévu une soupape de sûreté, VR-6 qui empêche toute augmentation de pression de gaz excessive entre la soupape de commande et la soupape de survitesse.
Une dérivation dotée d'une soupape d'essai est également montée sur la soupape de commande. L'ouverture de la soupape d'essai permet de mettre en route la turbine de lancement à n'importe quel moment et de réaliser un contrôle du système de déclenchement.

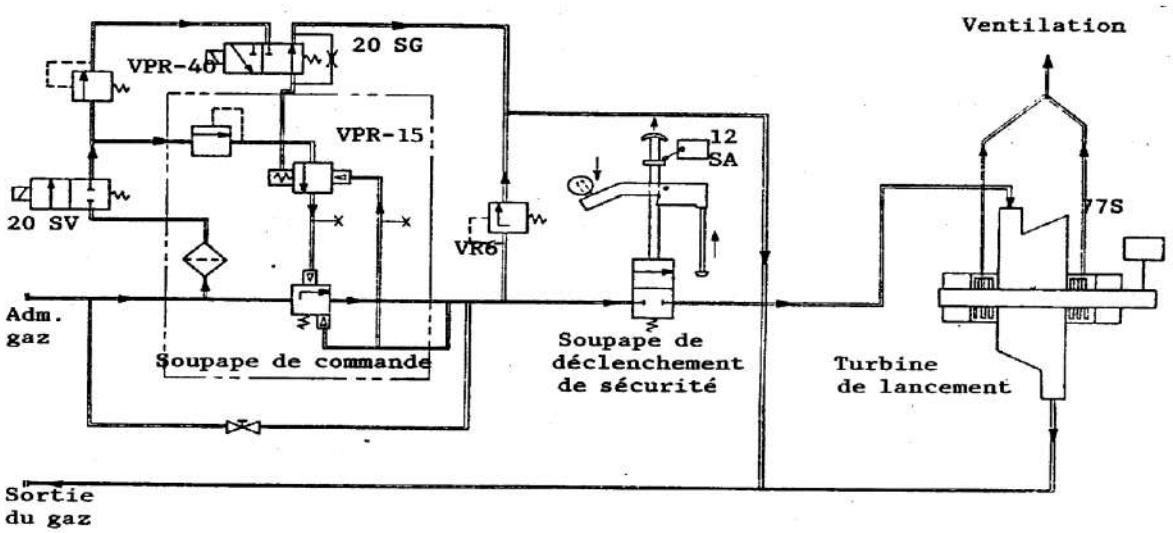


Figure III.2 : schéma descriptive des défirent mécanisme intervenant dans le système de lancement [13].

■La turbine coppus RL est une turbine à étage unique avec rotor à deux rangées d'aubes, plus une rangée d'aubes réversibles fixes montée entre les deux rangées d'aubes rotatives. Le rotor est enferme entre l'enveloppe de turbine qui contient le raccord d'admission et de turbine qui contient le raccord d'échappement.
Toutes les turbines coppus sont dotées d'un frein périphérique qui fait partie intégrante de l'enveloppe de la turbine. en cas d'emballement , et si tous les autre dispositifs régulateurs et de survitesse sont inopérantes , le rotor de turbine se dilatera légèrement et viendra frotter contre le frein périphérique , ce qui limitera la survitesse .

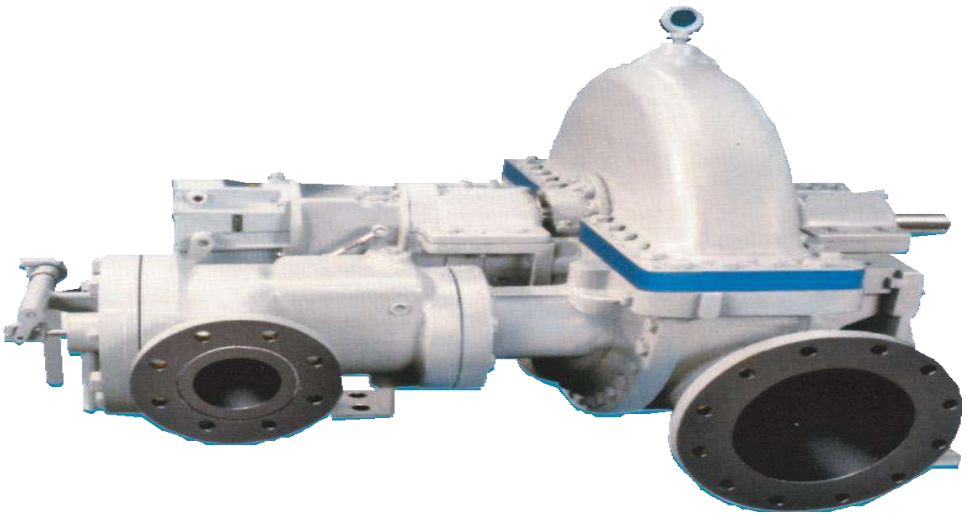
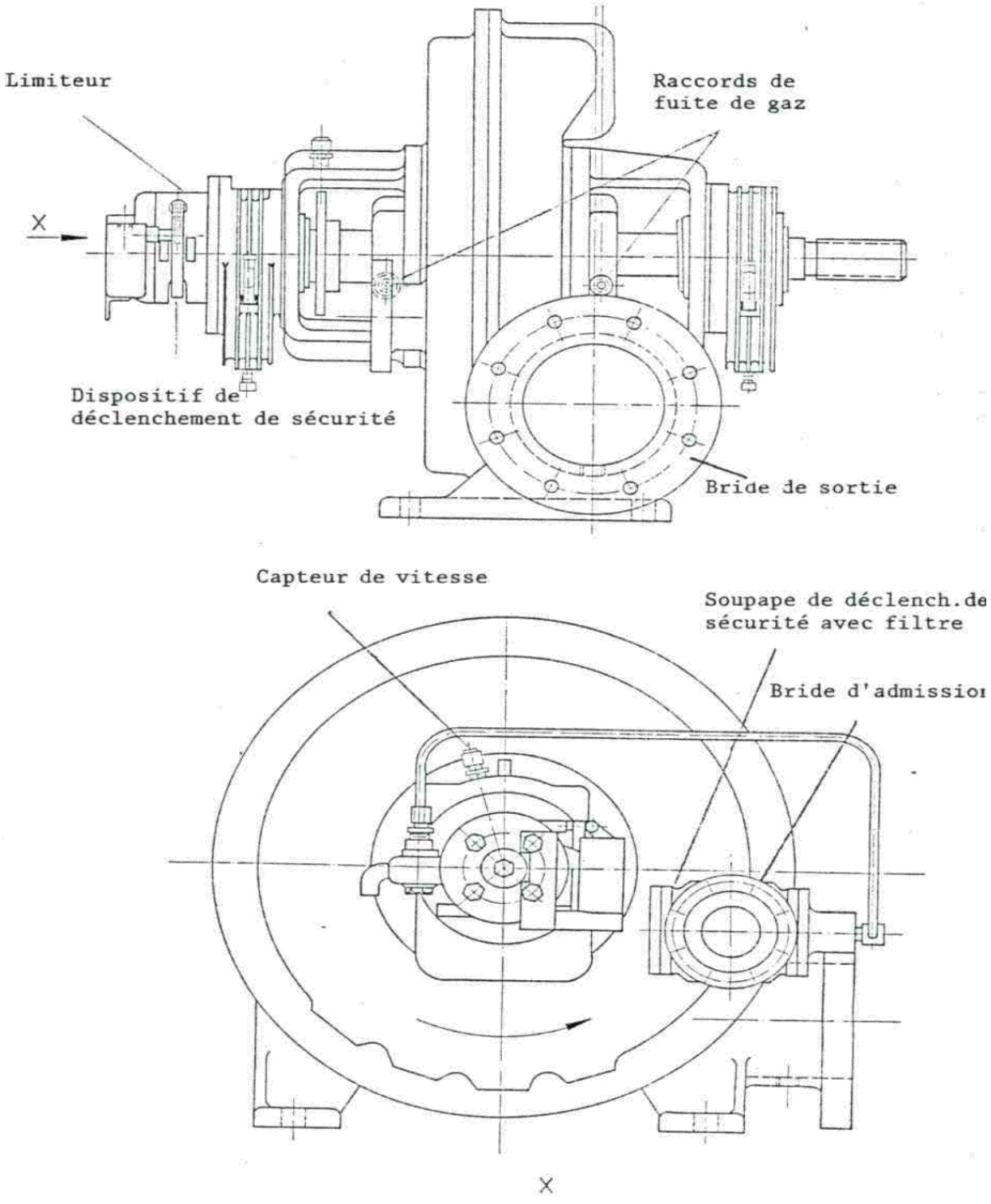


Figure III.3 : turbine de lancement coppus RL [14].



FigureIII.4 : turbine de lancement coppus RL (Schéma industrielle) [13].

III.2.2 : Description de système de déclenchement de sécurité :

Le mécanisme de déclenchement de sécurité referme un clapet de sectionnement monté dans la conduite d'arrivée si la turbine atteint une vitesse prédéterminée, dépassent la vitesse nominale.
Le système de sécurité comporte un dispositif capteur de vitesse monté sur l'arbre de la turbine, un mécanisme de verrouillage, une soupape pilote de gaz, et le clapet de sectionnement de gaz actionné par piston et commandé par pilote.

III.2.3: Désavantages:

- Moins sécurisé que les autres systèmes de lancement à cause de la complicité du système quand la vitesse atteint plus que la vitesse admissible de turbine de détente ce qui provoquée le Déplacement de sa place ou le vol hors de sa place en cas le système de déclenchement ne fonctionne pas..

- Les turbines à détente sont moins efficaces que les moteurs alternatifs en fonctionnement à charge partielle.
- Ils ont un démarrage plus long que les moteur électrique et sûrement que les moteurs alternatifs.
- Moins sensible aux changements de la demande de puissance par rapport moteur électrique aux moteurs alternatifs.
- Givrage au niveau dispositif de régulation quand la température diminue à la température de service.
  *Si la température de gaz est insuffisante, des gouttelettes d'eau se forment au cours de la détente. Ces gouttelettes provoquent une érosion des aubages et une perte de rendement de 1% [13].
  *la diminution de température influe sur la pression de soupape, en cas de fuites excessive ce qui provoque un endommagement des éléments constitutifs ou l'uses de celle-ci.
- Gaspillage de gaz au refoulement de turbine à détente à l'atmosphère.

III.2.4: Les avantages:

- En général, la turbine se déplace dans une seule direction, avec beaucoup moins de vibrations qu'un moteur alternatif.
- Les turbines à détente ont une plus grande fiabilité, en particulier dans les applications où une puissance élevée et soutenue est requise.
- Rapport puissance / poids très élevé par rapport aux moteurs alternatifs.
- La totalité de la détente étant effectuée dans le stator, le rotor n'est pas soumis à une différence de pression élevée, ce qui limite les contraintes mécaniques.

III.3 : La conception d'un nouveau système de lancement ;

La conception du nouveau système de lancement est basée sur la recherche d'une solution appropriée pour minimiser les inconvénients de l'ancien système en premier et sur le choix d'un système convenable qui permet de respecter les critères suivants.

- La résistance de la structure face à des conditions sévères d'exploitation tout en minimisant les coûts de maintenance par rapport à l'ancien système de lancement.
- Éliminer la complexité de vérification des dispositifs de l'ancien système et les défauts d'exploitation (comme le givrage en cas de fuite ou de la diminution de température).
- Opération sans surveillance (sans contrôle des paramètres come l'ancien de système, pression de détente de turbine de lancement).
- Faible coût d'exploitation.
- Peu de maintenance nécessaire.

Notre étude porte sur un convertisseur de couple, un mécanisme d'encliquetage hydraulique et un moteur électrique d'entrainement pour l'ensemble du système de lancement, en conservant l'ancien système d'embrayage.

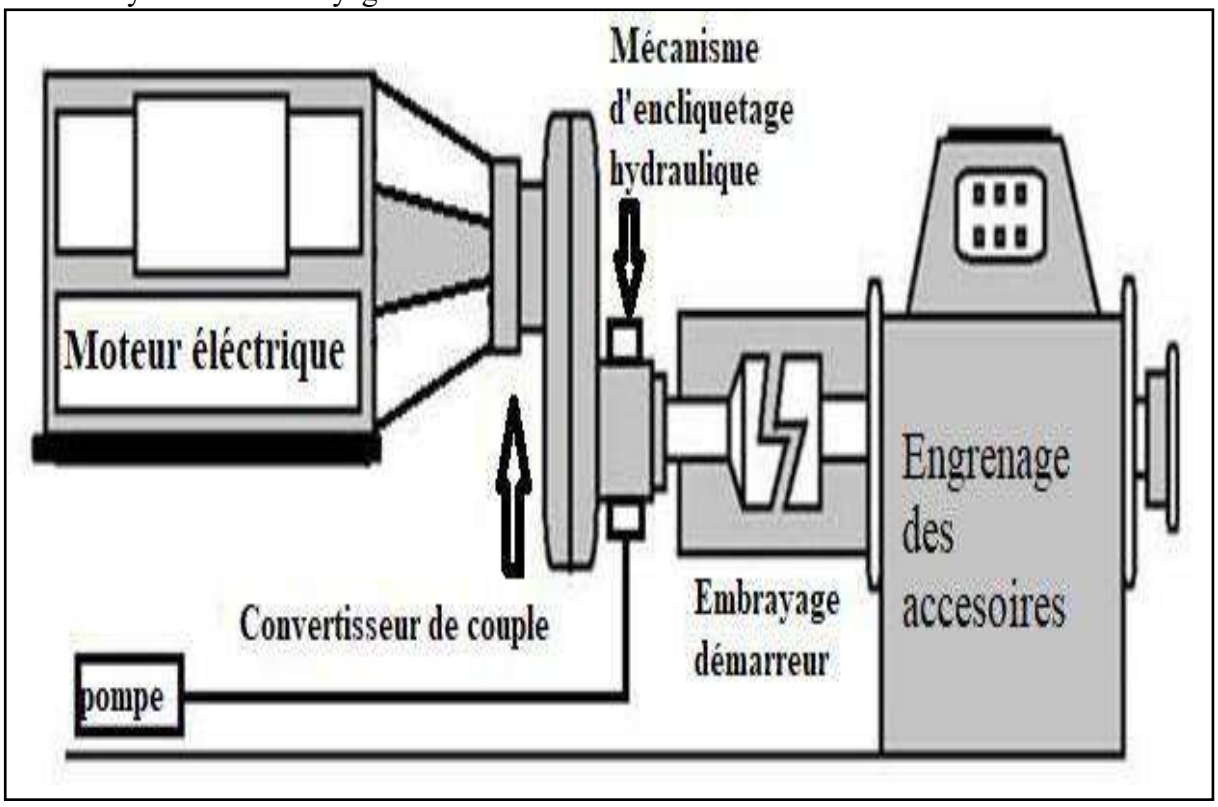


Figure III.5 : schéma significatif de nouveau système de lancement.

III.3.1 : Un convertisseur de couple :

C'est, généralement, un type de couplage de fluide hydrodynamique qui est utilisé pour transférer la puissance de rotation d'un moteur principal, tel qu'un moteur à combustion interne ou un moteur électrique, à une charge entraînée en rotation[12].

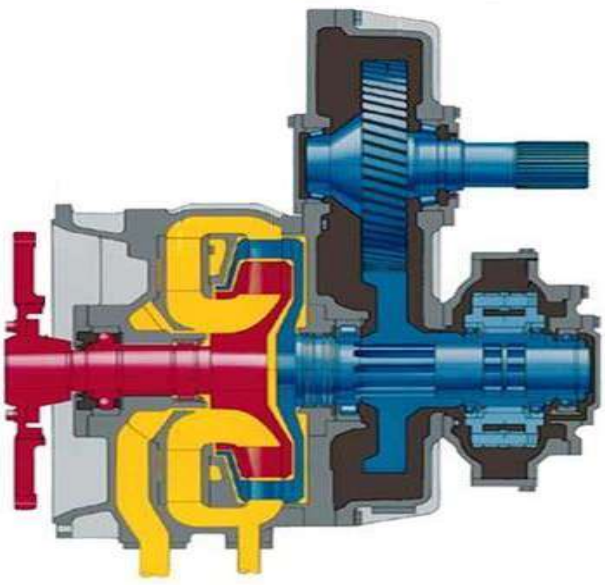


Figure III.6: Convertisseur de couple [12].

La principale caractéristique d'un **convertisseur de couple** est sa capacité à multiplier le couple lorsqu'il existe une différence consistante entre la vitesse de rotation d'entrée et de sortie. Certains de ces dispositifs sont également équipés d'un mécanisme de verrouillage temporaire qui lie rigidement le moteur à la transmission lorsque leurs vitesses sont presque égales, afin d'éviter le glissement et une perte d'efficacité qui en résulte.
Dans notre cas on utilise un convertisseur à double disque.

Pour notre installation nous avons choisir le convertisseur model 4-SGE-1607-2 pour des raisons d'Expérience industrielle dans le domaine pétrolier.

III.3.2 : Une description de model 4-SGE-1607-2 :

Ce modèle de convertisseur de couple est à un étage. Double disque, conception de circuit de t utilisant le groupe de dispositifs à cliquet.
Le dispositif à cliquet se compose d'un embrayage unidirectionnel ou d'un ensemble roue libre activé par deux crémaillères. Les crémaillères utilisent chacune deux pistons qui fournissent quatre zones de cylindre. (Remarque : la crémaillère et le piston sont d'une seule pièce.)voir la page 58.
Le but de ce dispositif est d'aider au démarrage de la turbine à gaz en cassant les frottements statiques. En outre, le dispositif à cliquet est utilisé pour faire tourner la turbine à gaz pendant le refroidissement après l'arrêt de la turbine à gaz.

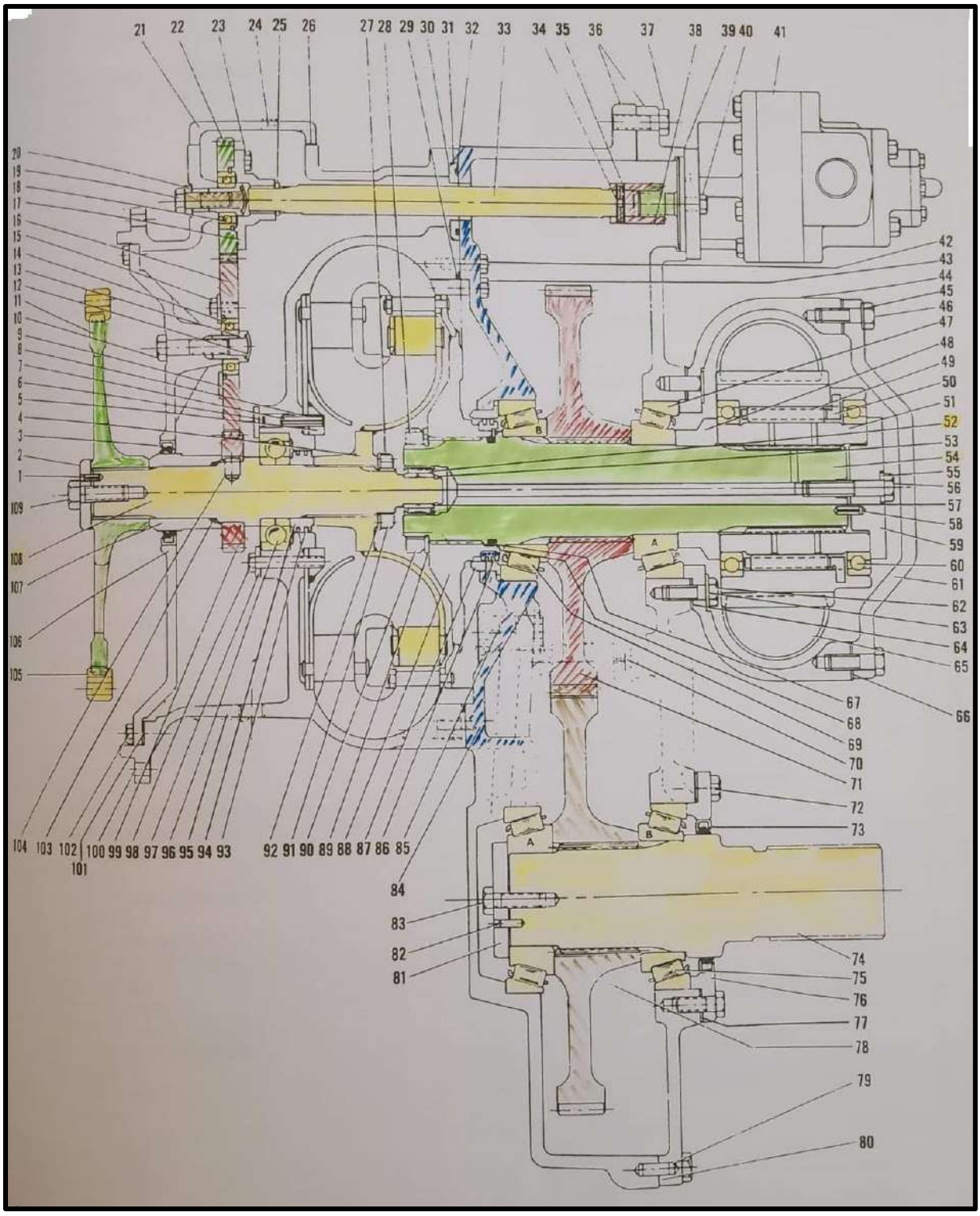


Figure III.7 : vue en coupe du model 4-SGE-1607-2

III.3.3 : système d'encliquetage hydraulique:

Le système d'encliquetage est monter a le boitier du convertisseur de couple .

■ C'est une structure coposée par un convertisseur de couple (pour une transmission automatique) et une pompe à huile (dans laquelle le couple du convertisseur est transmis).

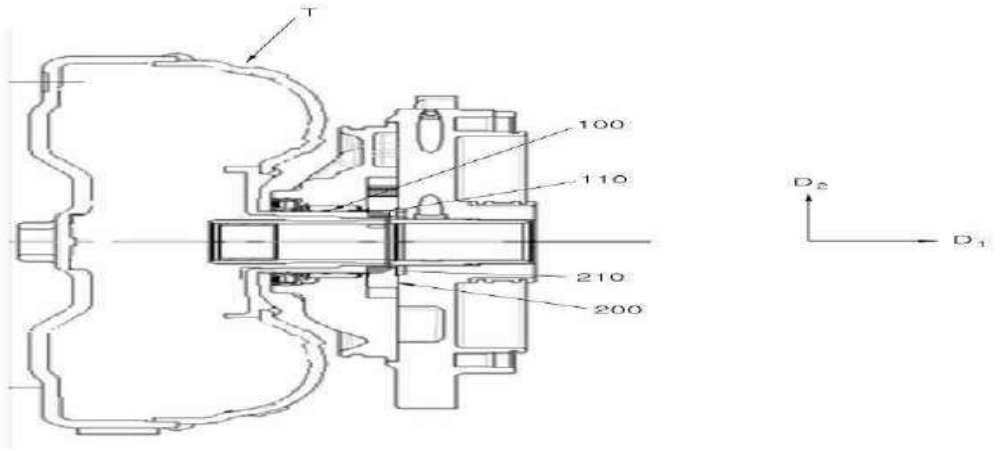


Figure III.8 : représentative de système d'encliquetage.

III.3.4 : Système d'embrayage a griffes (on conserve l'ancien système).

■L'embrayage de type à friction fait partie d'une machine, telle qu'une turbine, qui utilise le contact direct et le frottement pour faire fonctionner une autre partie de la machine, généralement en la faisant tourner.

Dans le cas d'une turbine, l'embrayage permet à la transmission et au turbine de tourner à la même vitesse, qui transmet le mouvement de rotation a l'arbre HP de turbine, La friction entre disque monte sur l'arbre boitier d'engrenage et disque monté sur l'arbre convertisseur de couple, la translation crée par deux vérins a simple effet et un ressort de rappelle -A- qui rendre le disque monté sur le convertisseur de couple a l'état de débrayage et que la turbine atteint son régime autonome.

CHAPITRE IV

Etude numérique de nouveau système de lancement

En fonction de la vitesse de sortie de l'arbre de transmission où sera installé le convertisseur de couple (arbre de roue de turbine HP), nous calculerons les paramètres de couple correspondant à la rotation de l'arbre de turbine et sélectionnerons le convertisseur de couple. Couple adapté et choisirons également le moteur courant électrique qui donne la vitesse et la puissance nécessaires pour l'entrainement.

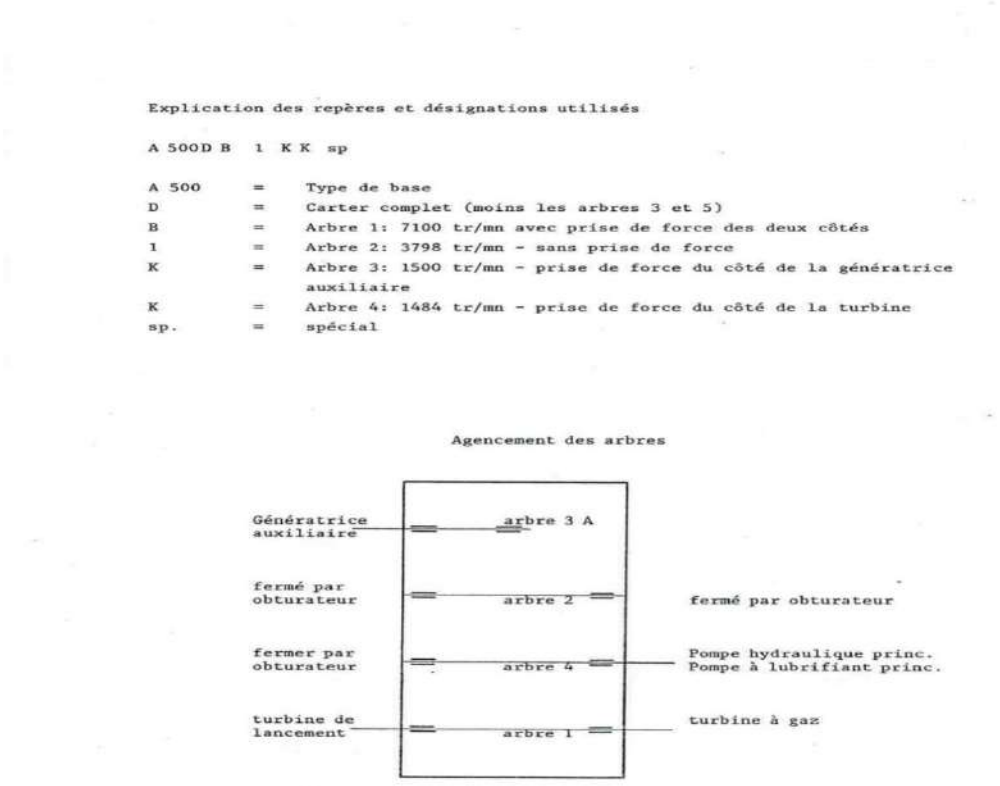


Figure VI.1 : schéma description des défèrent vitesse des arbres de sortie auxiliaire de turbine
Donc la vitesse de rotation de l'arbre numéro 1 (de lancement est 7100tr/min), 60% de la vitesse est 7100tr/min x0, 6=4260tr/min

L'ancien système de lancement avec les données suivant :

■On va calculer le couple de l'ancien système pour faire la comparaison avec le nouveau système.

Calcule vitesse angulaire : $\mathbf{w=\frac{\pi N}{30}=\frac{3,14X4260}{30}}$ = 445,88 rad×s −1

Le couple de transmission : $\mathbf{C=\frac{P}{W}=\frac{388}{445.88}}$ **= 869,748 Nm**

Type ……turbine de détente
Fluide de service ……..gaz naturel
Vitesse ……..4000 min^{-1}
Puissance ……388 kW

VI.1 : Modalisation et simulation d'embrayage de friction :

La modélisation et la simulation d'embrayage à griffe joue un rôle important dans le transfert de puissance d'un arbre moteur à l'arbre de transmission, simulant.
Le comportement dynamique de ce composant dans différents modes de fonctionnement est d'une grande importance. Notre modèle d'embrayage à griffe est validé avec les résultats expérimentaux du TWIN DISC pendant le fonctionnement.
L'objectif principal de cette simulation est l'application du modèle d'embrayage a griffe proposé pour évaluées les caractéristiques d'Amortissement (étude statique d'embrayage). Logiciel solide Works et simulation dans le logiciel ANSYS WORK BENCH.

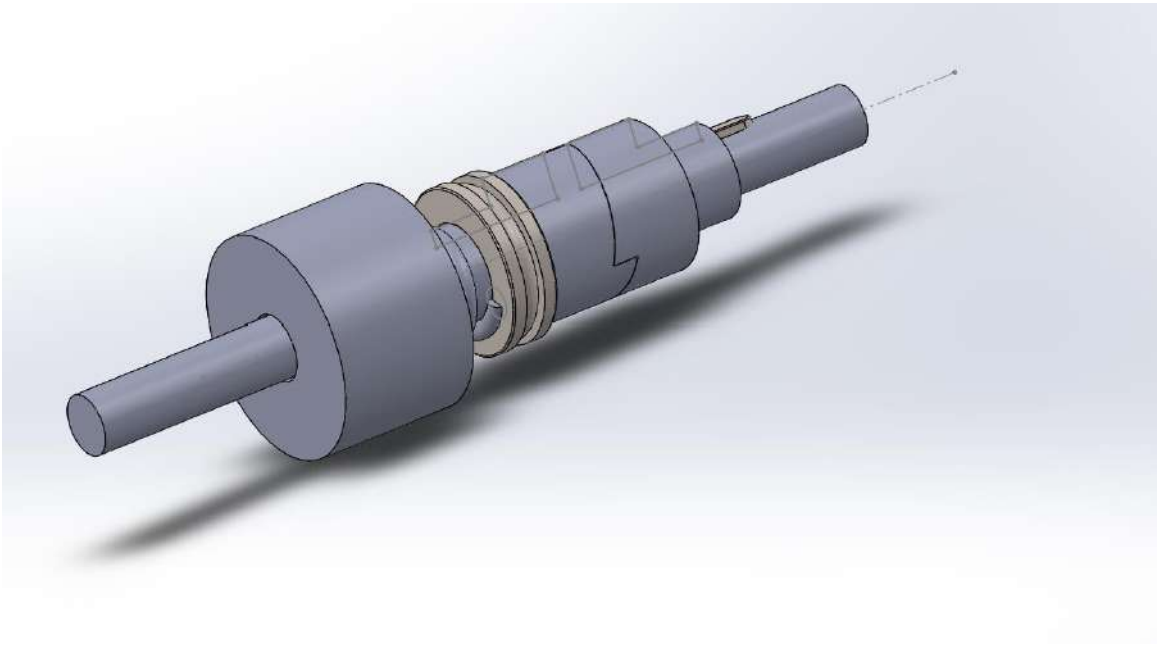
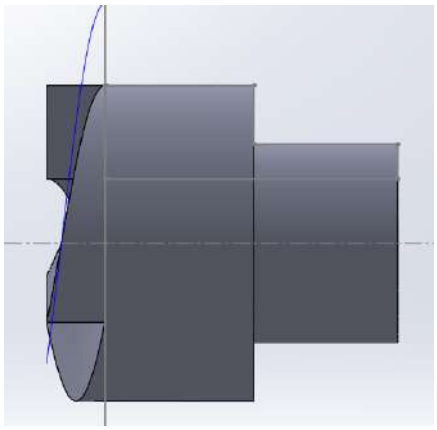


Figure VI.2 : Dessin d'ensemble système d'embrayage SOLIDE WORKS.



F

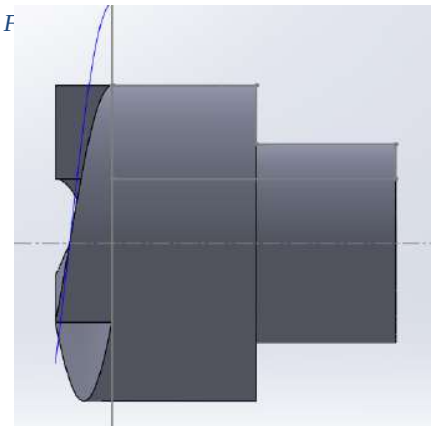


Figure 4: CRABOT SYSTEME DE LANCEMENT

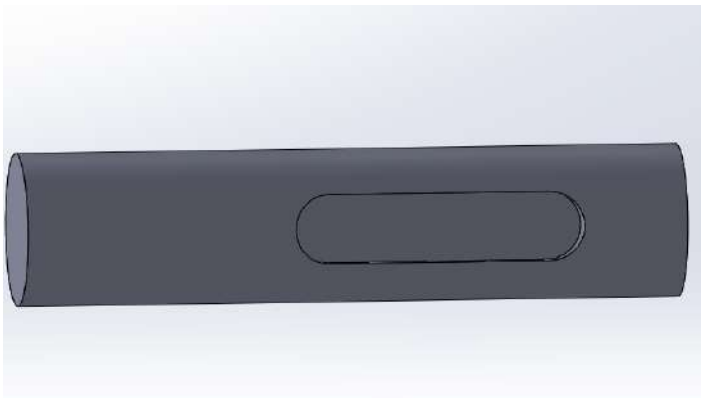


Figure 1: ARBRE MONTE COTR TURBINE



Figure 3ARBRE MONTE COTE SYSTEME DE LANCEMET



Figure 8: BUTE

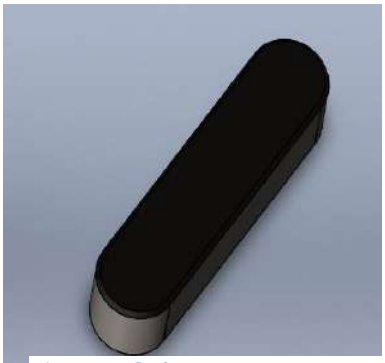


Figure 5: CLAVETTE -2-

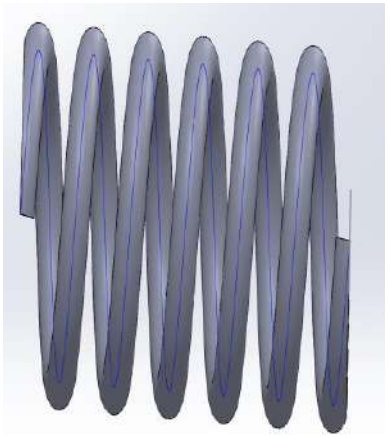


Figure 6: RESSORT DE RAPPELLE

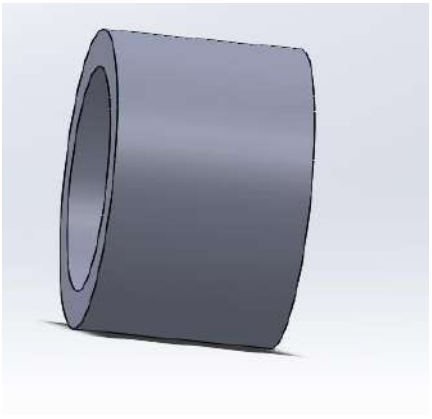
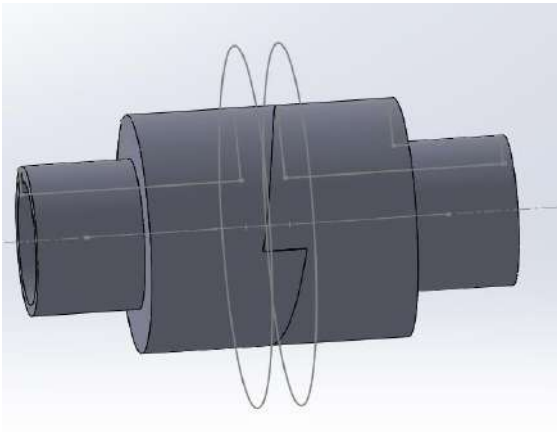


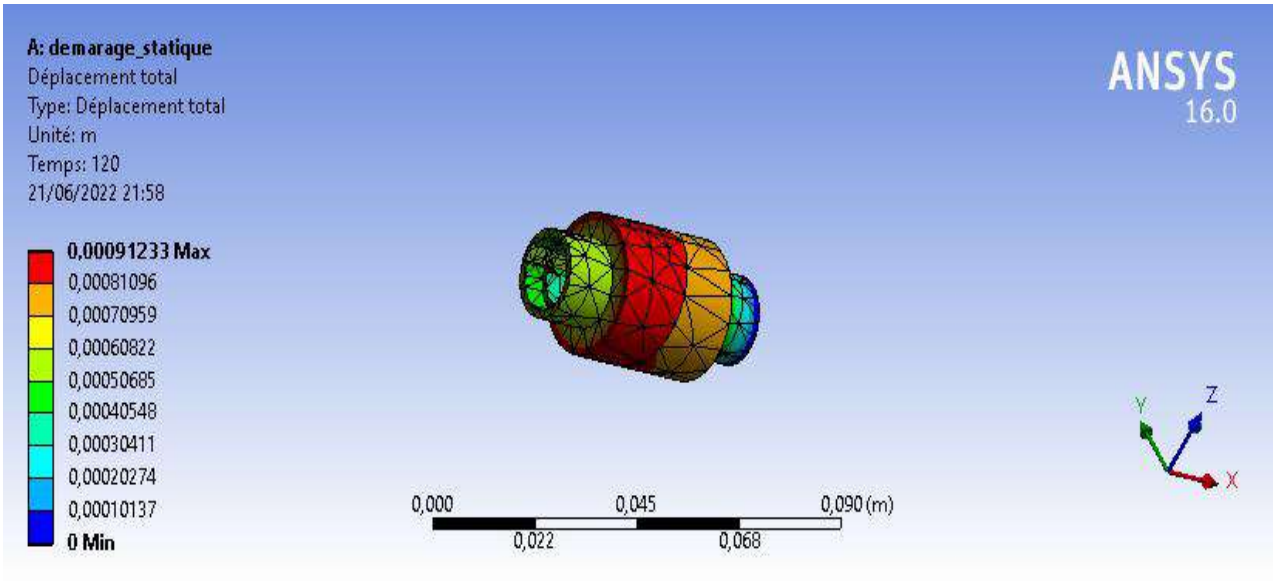
Figure 7: BUTE

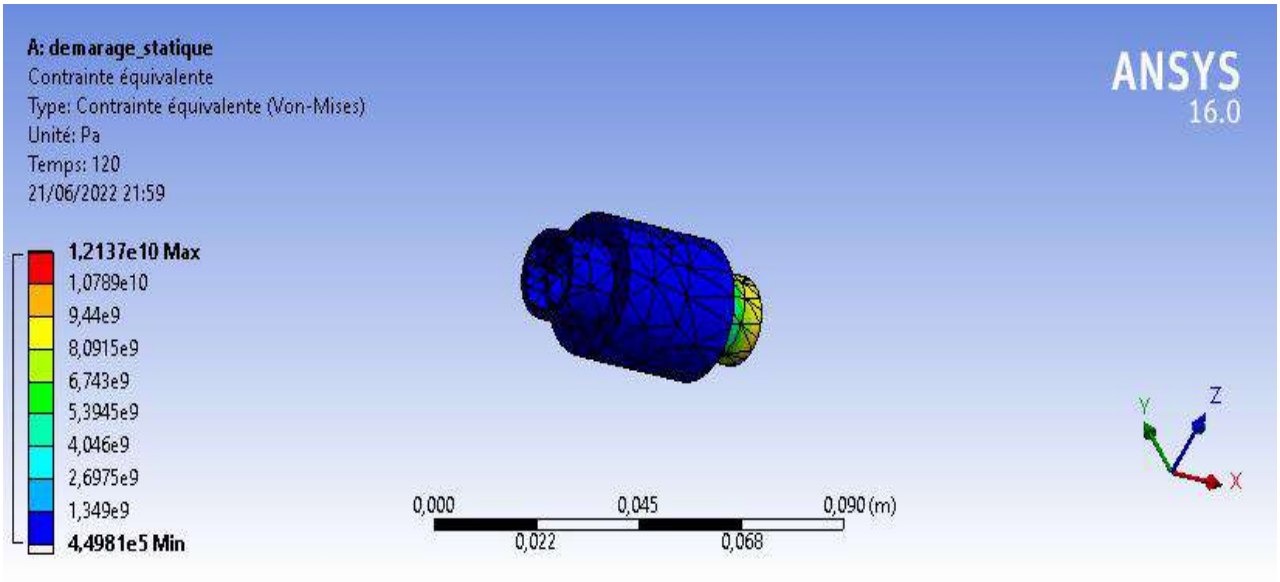
Figure VI .3 : Ensemble des pièces constituant l'embrayage.

La simulation dans le logicielle ANSYS WORK BENCH permet d'étudier le contrainte équivalente maximale et le déplacement maximal de l'embrayage pendent le démarrage et l'arrêt de l'embrayage.

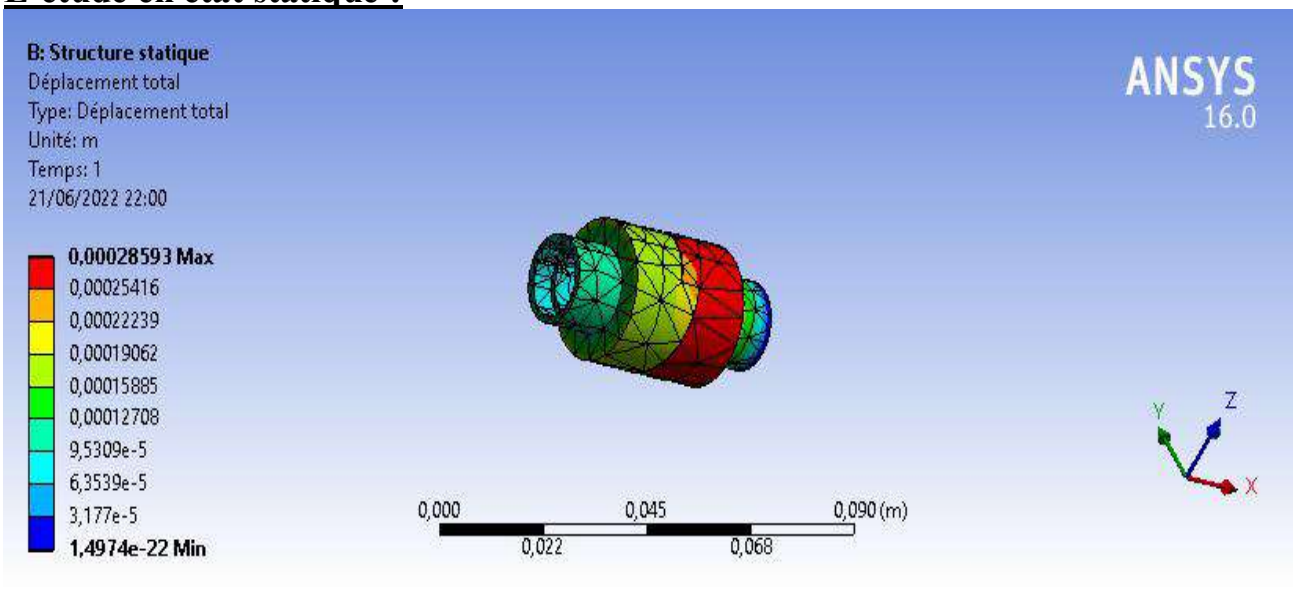


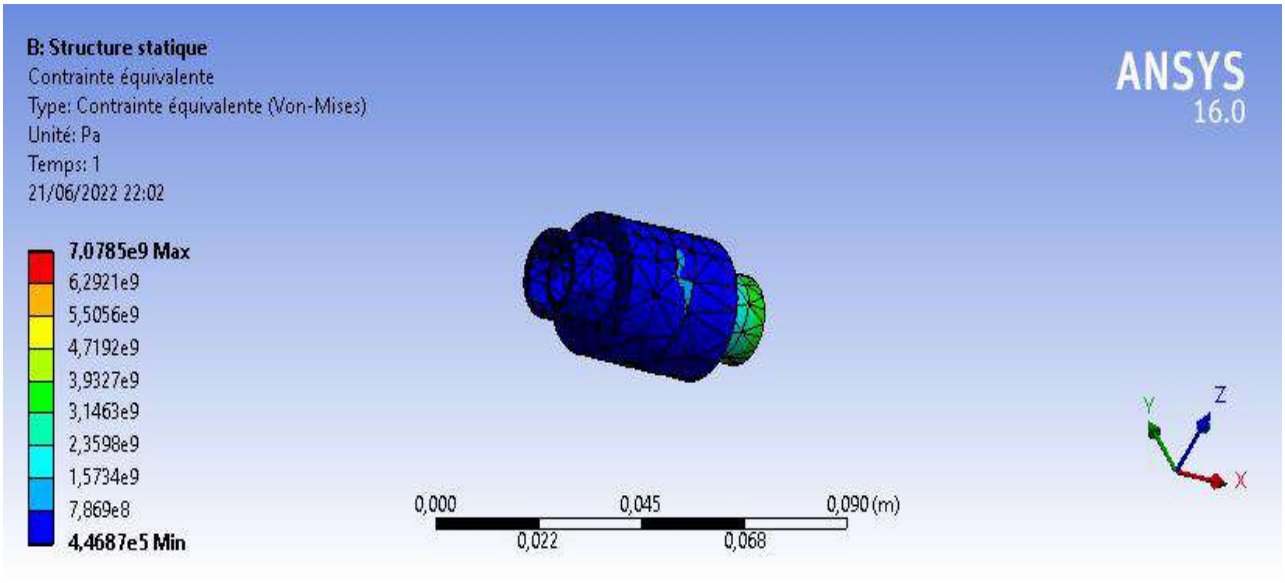
L'étude au démarrage :





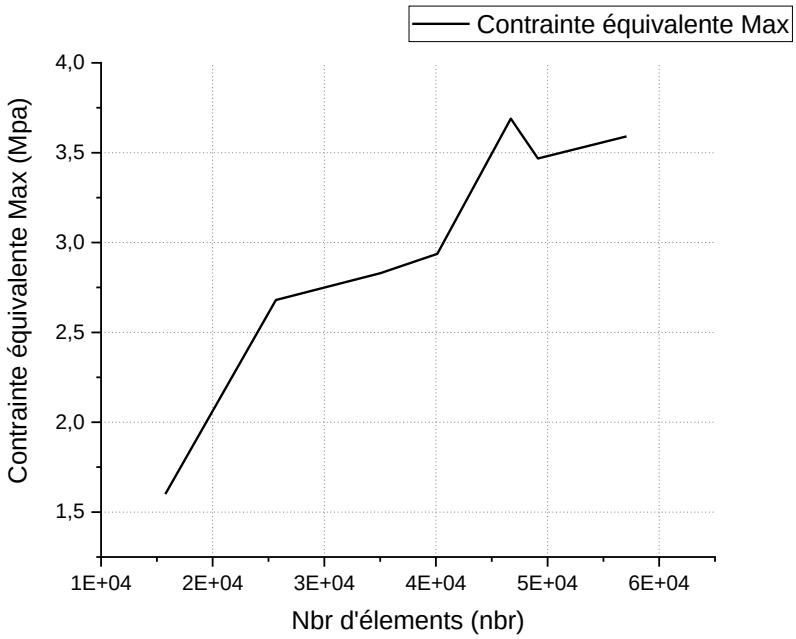
L’étude en état statique :



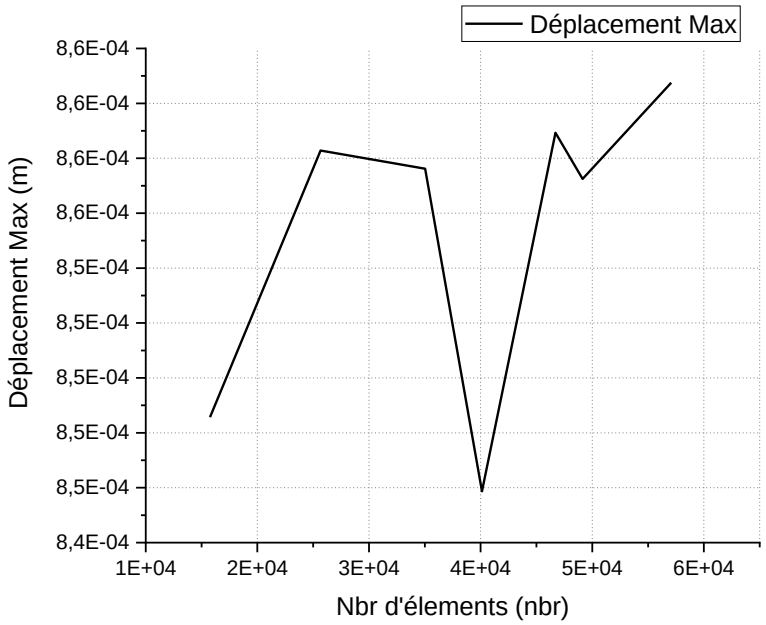


Les graphes suivant permettent de justifier l'évaluation de contrainte équivalente maximale et le déplacement total dans le système d'embrayage.

Etat au démarrage :

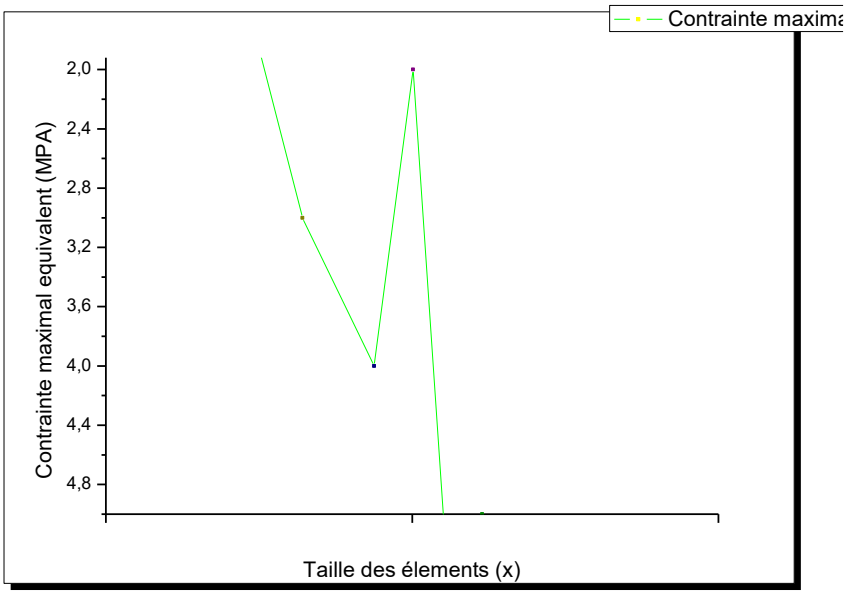


L'instabilité de système va débuter à partir de la taille des éléments 0.58mm

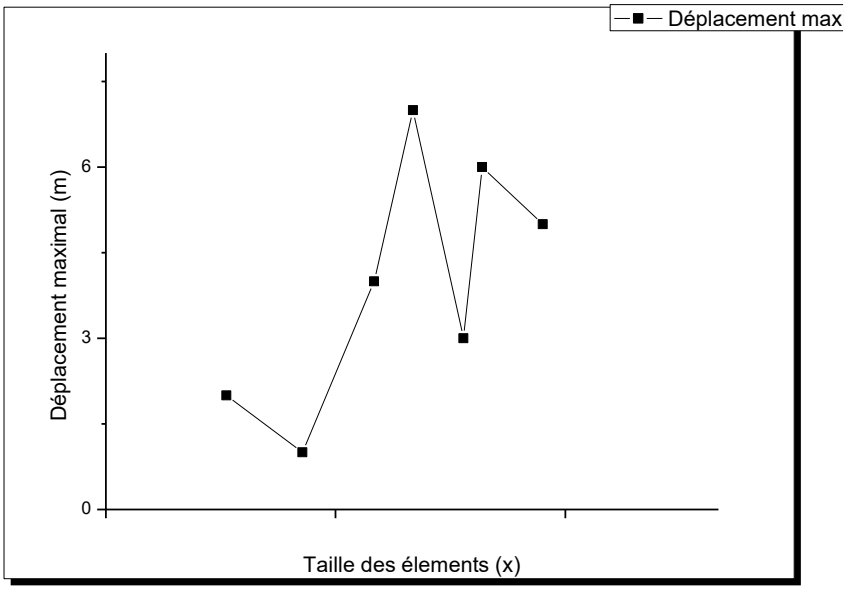


L'instabilité de système va débuter à partir de la taille des éléments 0.58 mm

L'étude en état statique :

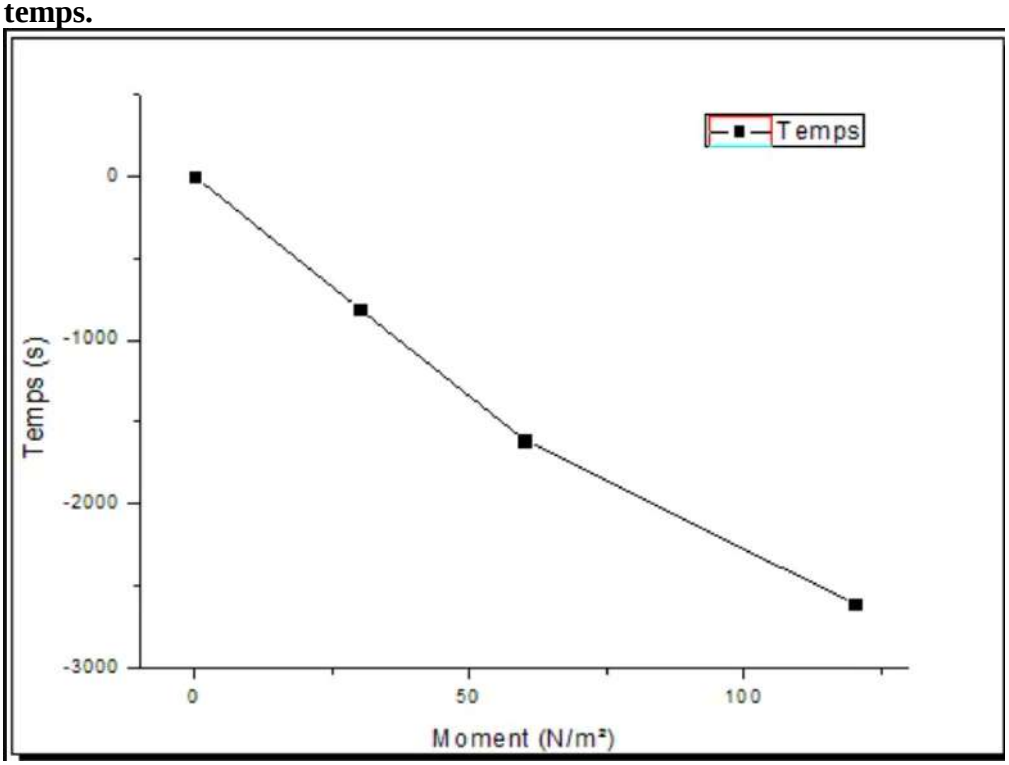


L'instabilité de système va débuter à partir de la taille des éléments 0,58



L'instabilité de système va débuter à partir de la taille des éléments 0,58mm

Le moment applique au système d'embrayage va augmenter progressivement avec le temps.



VI.2 Conclusion : le matériau acier standard qui constituer le système d'embrayage va supporter les efforts agissant.

CONCLUSION GENERALE

Les turbines à gaz sont utilisées dans le monde entier dans la génération de l'électricité, des centrales thermique et de l'industrie des hydrocarbures.

La réalisation de ce mémoire nous a permis d'acquérir des connaissances sur le rôle des turbines à gaz dans le module de compression du gaz sur lequel repose l'industrie gazière de notre pays.

Une étude de la turbine à gaz GE MS3002 et conception un nouveau système de lancement qui permet de minimiser le coût de maintenance, notre modèle de système de lancement contient un système d'encliquetage C'est une motopompe pour éviter le flèche de l'arbre turbine, il fait tourner l'ensemble de 1/8 de tour chaque 3 mn avant le lancement et après l'arrêt de la turbine. Par contre dans l'ancien système

Est la nécessité de démarrer la turbine (test mensuel). Qui rendre mal sur les heures de marche par exemple dans l'opération de l'inspection de tube a flamme est de 4000hrs donc le nouvelle système permet de diminuer les heures de marche.

BIBLIOGRAPHIE

[1] S. L. Dixon, 1978, “Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery”, 3rd Edition Pergamon Press oxford (New York, Toronto, Sydney, Frankfurt).

[2] Olav Bolland, 2004, “Thermal power generation”, Thermal power generation –2004.

[3] Ohno, Y., Zhao, D. Furuhata, T., Yamashita, H., Arai, N., & Hisazumi, Y., 2000,“Combustion characteristics and NOx formation of a gas turbine system with steam injection and two-stage combustion ” .

[4] S.M. Yahia, 1984, “Turbines compressors and fans”, published by tata Mc Graw-HillPublishing Company Limited National Aeronautical Laboratory Bangalor – INDIA, janvier 1984.

[5] Philip P. Walsh, Paul Fletcher, 2004, “Gas Turbine Performance”, Second Edition by Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company, Editorial Offices: Blackwell Science Ltd,9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK.

[6] Boisse qunin, Y., Moliere, M., et Remy, P., 1994, “Les atouts de la turbine à gaz MS6001 B en cogénération –exemple de l’usine d’électricité de Metz”, Revue technique GE Alsthom N°15.

[7] André LALLEMAND, 1195, “Production d’énergie électrique par centrales thermiques”, Techniques de l’Ingénieur, D 4 002, pp.1-11.

[8] Pascal Anzieu, Jean François Parisot et Bernard BIGOT, 2006, “Les réacteurs nucléaires à caloporteur gaz”, CEA Saclay et Groupe Moniteur (Edition du Moniteur), Paris.

[9] Site internet l’alimentation électrique –Philippe Jamet –pages perso-orange .Fr.

[10] Guides énergie renouvelables office fédérale des questions conjoncturelles turbine hydrauliques.

[11] Bibliothèque de modèles CAO3D, CRAB CAD MS 3002 GAS TURBINE BELAID AMINE

[12] TRAINING MANUEL TUGA –GE 10.

[13] GAS TURBINE ENGENERING HAND BOOCK turbine GE MS 3002.

[14] COPPUS STRAM TURBINES –PRODUCT GUIDE...DRESSER RAND TURBINE COPPUS.

ANNEXES

Convertisseur de couple:

1-bouchon à vis tête hexagonale 3/13 24 x 11/2
2-sher retenue .araignée.
3- huile sel.
4-Ensemble de roues à roues
5- roues de guidage
6- fiches, broches de guidage du boîtier
7-Guide à broches (gouille roll)
8-Guide à broches (gouille roll)
9- roulements de retenue
10- vis, capuchon Tête hexagonal.
11-lecteur d'araignée
12- expansion de bouchon
13-Tendeur à arbres
14-roulement à billes
15-vis, capuchon hexagonal -tête 3/8-24x 5/8
16- vitesses, PTO, Ideler
17-adaptateur .arbre PTO.
18-Roulement à billes
19-vis .cap tête hexagonale 1/2-20x 1-1/2.
20-rondelle, entraînée, retenue d'engrenage.
21-Couvercle plaques
22 -vitesses entraînées par la prise de force
23- vis, capuchon hexagonal, tête 3/8.24x, 7/8
24-fiche. Tuyau
25- anneaux, instantané externe.
26-joint, plaque de recouvrement
27-siege crawl dog point 1/4 -20
28-ensemble craw.dog pont 5/16 -18 x3/4
29-joint, anneau
30 -plug pompe, bride
31-joint torique
32 -joint torique
33-pompe à arbres
34- broches, rouleau (adaptateur cannelé)
35- broches, rouleau, (adaptateur cannelé
36 -ensemble carter boite de vitesses
Caisse, boîte de vitesses
Couvercle, boîte de vitesses
37-vis, cap hexagonal, tête ½
vis à tête hexagonale 1/2-13x, 1-1/2
38-adaptateur cannelé
39-joint .pompe
40-vis .cap hex -tête 3/8-16x 1-1/8
41-assemblage pompe.
Cale(0,020
Cale(0,020
42-vis, capuchon tête hexagonale 3/8-16x 1-1/4
43-capuchon a vis hexagonal 51/16-18x 7/8
44- vis.
45-roulement à rouleaux coniques
46-casquette .roulement
47 rouleaux. Palier
48-anneau.instantane
49-Prise. Orifice du tuyau
50 -
51-Entrée arbres
52-Verrou de roulement, lentes
53 -vitesses. Eperon
54-joint torique
55-porteur, assemblage de joint d'huile
56-Jeu de cales
Cale (0,002)
Cale (0,005)
57-Roulement à rouleaux coniques
58-Orifice de tuyau à 58 bouchons
59-vis .cap tête hexagonale 1/2 -13x.1-1/4
60-huile de phoque.
61-Sortie arbres.
62-Roulement à rouleaux coniques
63-Joint porteur
64 vitesses. Eperon
65-Cheville à broches.
66-Plaque joints
67 -rondelles de retenue x 1-1/2
68-Rouleau broches
69-vis .cap tête hexagonale 1/2-1
70-Prise
71-bouchon, orifice de tuyau
72- bagues d'étanchéité (type piston)
73-manchon, anneau d'huile
74-Assemblage de roue de turbines
75-rondelle.roulement, serrure
76-ferme à clé écrou, roulement.
77-
78-Verrou de roulement à rondelles
79-Rouleau broches
80-casquette, lubrifiant, orifice d'huile
81-Type de piston à joint d'étanchéité à segments
82- vis, capuchon à tête hexagonale 3/8-16x1-1/4
83-porteur .bague d'étanchéité
84 – roulement à billes.
85- roulement de retenue
86 vis tête hexagonale 3/8-16x 1-1/4
87-Prise de force vitesses
88-Convertisseur logements
89-Plaque couvercle joints
90-vis, capuchon, tête hexagonale 3/8-16x7/8

91- joint torique
92-lecteur broches
93-anneau .conduire
94 plaques, capot avant
95-Entretoise, arbre d'entrée
96-Entrée à arbres
97-Pack arbres (arbre d'entrée)
Cale 0,025
Cale 0.010
Cale 0,003
98-Serrure à fils

LOGITIEL SOLIDE WORKS :
SolidWorks est un logiciel incontournable dans le domaine de la CAO en 3D. Il propose une foule de fonctionnalités dédiées à la conception de pièces et d'assemblages. Créé en 1993, **SolidWorks** est un logiciel de CAO, pour Conception Assistée par Ordinateur, qui vous permettra de réaliser des pièces en trois dimensions. Cet outil est idéal pour réaliser des plans détaillés dans les domaines de la mécanique, de la manufacture et de l'industrie dans son ensemble.

LOGITIEL ANSYS:est un éditeur de logiciels spécialisé en simulation numérique. L'entreprise a son siège à Canonsburg en Pennsylvanie aux États-Unis. ANSYS développe, promeut et assure le support de ses logiciels de simulation servant à prédire le comportement d'un produit dans son environnement. Ses produits majeurs sont des logiciels qui mettent en œuvre la méthode des éléments finis, afin de résoudre des modèles préalablement discrétisés. La société possède de nombreuses filiales[3] à travers le monde, notamment en Europe et en Asie.

LOGITIEL ORIGINE : est un traceur de courbes planes sous Windows permettant de représenter de nombreux types de courbes (en coordonnées cartésiennes, polaires, paramétriques)