

TP4 : Cycle de Brayton (Joule)

I. Objectifs de ce TP.

Ce T.P est pour buts de:

- Maîtriser l'étude du **cycle de Brayton** en se basant sur le cours, les TDs, et les références disponibles.
- Maîtriser la manipulation du logiciel EES (Engineering Equation Solver).
- déterminer par le logiciel EES (Engineering Equation Solver), les valeurs caractérisantes du cycle.
- l'étude thermodynamique du **Cycle de Brayton** à travers **l'étude du compresseur puis l'étude de la Turbine.**
- Interpréter les résultats obtenus.

II. Partie Théorique.

Le **cycle de Brayton**, ou cycle de Joule, est un cycle thermodynamique à caloporteur gazeux. Il a été inventé par l'ingénieur anglais John Barber en 1791 et développé par l'ingénieur américain George Brayton à partir de 1872. Le cycle de Joule inverse lui est similaire, mais utilise une source de chaleur externe et incorpore un régénérateur.

I- Cycle de Brayton

Principe de fonctionnement:

Le cycle de Brayton est un cycle thermodynamique utilisé dans certains moteurs thermiques. Il est notamment utilisé pour les moteurs de **turbine à gaz** et certains moteurs à réaction. Le cycle consiste à comprimer l'air ambiant, à mélanger l'air avec du carburant, puis à enflammer le mélange, qui se dilate et produit du travail. Dans de nombreux moteurs à cycle de Brayton, l'air chaud peut ensuite être recyclé pour chauffer l'air frais qui arrive. Cela augmente le rendement, car il faut moins de carburant pour chauffer l'air frais. En termes de physique, le cycle consiste en une compression et une expansion adiabatique associée à un chauffage et à un refroidissement isobare, et permet d'augmenter le rendement par rapport à certains autres cycles.

(La figure.1.), montre la disposition générale d'une centrale thermique et la manière dont la turbine est incluse dans celle-ci.

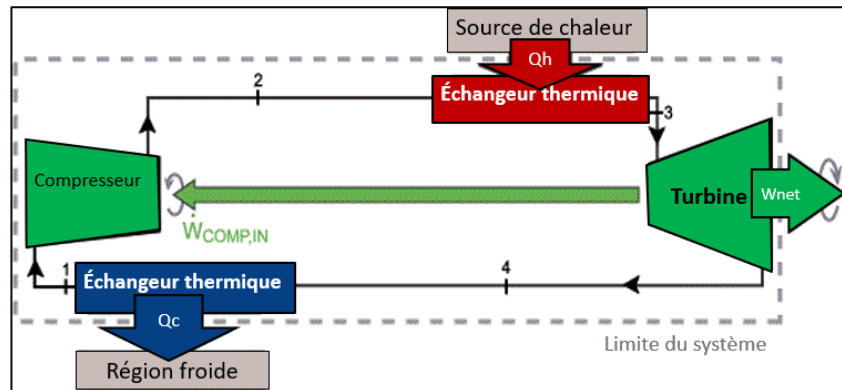


Figure.1 : Disposition générale d'une centrale thermique (cycle de Brayton)

Certaines conceptions de centrales nucléaires ont joué avec l'idée d'utiliser un cycle de Brayton, comme le réacteur modulaire à lit de galets sud-africain et certains réacteurs à sels fondus. Pour cela, il faudrait utiliser le gaz chauffé par le cœur du réacteur pour alimenter les turbines. Cependant, la quantité importante de recherche et de développement nécessaire à la mise en œuvre de ce système a constitué un obstacle au succès. La majorité des réacteurs nucléaires utilisent plutôt un moteur à vapeur à cycle de Rankine, de sorte que les modèles courants refroidis au gaz doivent utiliser ce gaz chauffé pour chauffer à son tour l'eau destinée aux turbines du moteur à vapeur.

Le cycle idéal

Le cycle de Brayton théorique est le cycle idéal correspondant à celui de la **turbine à gaz** élémentaire. Il est principalement utilisé pour la production d'électricité. Il existe deux types de cycles de Brayton selon qu'il est ouvert, ou refermé sur l'atmosphère, utilisant une combustion interne ou fermé utilisant un échangeur de chaleur. C'est la première variante qui retiendra notre attention puisque c'est celle qui est utilisée dans les centrales électriques **Turbines Gaz Vapeurs**.

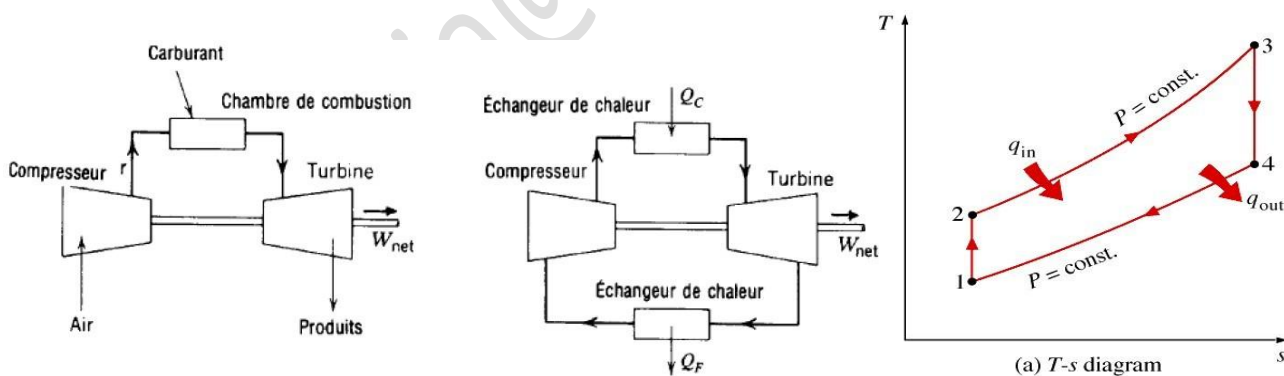


Figure.2. : Disposition générale d'un cycle de Brayton.

Les processus 1-2 et 3-4 sont isentropiques et $P_2 = P_3$ et $P_1 = P_4$, ainsi :

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left[\frac{P_3}{P_4} \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{T_3}{T_4}$$

Le cycle est parcouru par un débit d'air q (kg/s) aspiré de l'atmosphère, celui-ci est comprimé au moyen **d'un compresseur**. L'air comprimé est ensuite chauffé à pression constante dans **la chambre de combustion** pour être détendu dans **la turbine** qui entraîne le compresseur et l'alternateur. Compresseur, turbine et alternateur sont donc sur un même arbre. **Dans un cycle idéal, la compression et la détente sont supposées isentropiques et la combustion est supposée isobare.**

Cycle réel de turbine à gaz à partir d'un cycle idéal

Le cycle réel de la turbine à gaz diffère du cycle idéal de Brayton sur plusieurs points. D'une part, certaines pertes de charge (chute de pression) pendant les processus d'addition de chaleur et de rejet de chaleur sont inévitables. Plus important encore, le travail effectif du compresseur est plus important, et le rendement réel de la turbine est moindre en raison des irréversibilités. La déviation du comportement réel du compresseur et de la turbine par rapport au comportement isentropique idéal peut être présentée avec précision en utilisant les rendements isentropiques de la turbine et du compresseur.

$$\eta_{isc} = \frac{W_{isc}}{W_{as}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1} = T_{2s} - T_1 / T_{2a} - T_1$$

$$\eta_{ist} = \frac{W_{at}}{W_{ist}} = \frac{h_3 - h_{4a}}{h_3 - h_{4s}} = T_3 - T_{4a} / T_3 - T_{4s}$$

Où les états 2a et 4a sont les états réels de la sortie du compresseur et turbine, respectivement, et 2s et 4s sont les états correspondants pour le cas isentropique, comme illustré sur la figure (3).

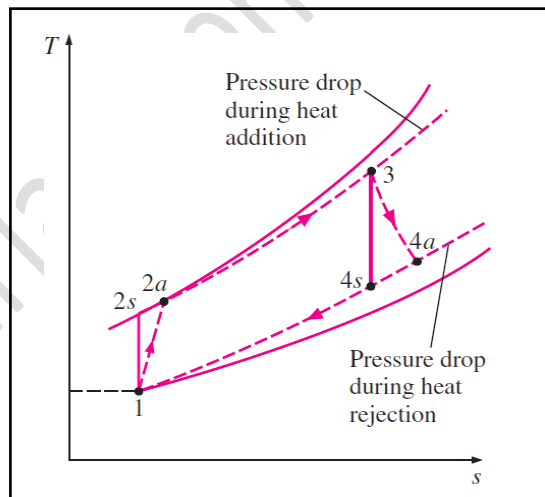


Figure (3): Déviation du cycle réel du cycle idéal causée par les irréversibilités

Problématique :

Si on considère **un compresseur** dans un cycle de **Brayton** dont le quel les conditions du travail sont :

- 1- La pression à l'entrée du compresseur est de **101325 pas**.
- 2- La température à l'entrée du compresseur est de **300 K**.
- 3- Le rapport de pression est de **$r = P_2 / P_1 = 4$** .
- 4- Gamma = **1,4**

III. Partie Pratique (simulation).

I- Les étapes :

5- Avant tout il faut préciser les unités : (*options / unit system / SI*), dans notre TP, sont :

Pression : *Pas*

Température : *Kelvin*

Energies (Enthalpie, Entropie) : *KJ*, où *specific properties : Mass basis*.

Commençons par saisir le programme sur EES.

II- Travail demandé.

On demande de :

1. Calculer la pression à la sortie du compresseur.
2. Calculer la température à la sortie du compresseur si ce dernier travail sous les conditions **IDEALS**.
3. Calculer la température effective à la sortie du compresseur si ce dernier travail sous des conditions **REELLES**, et d'efficacité de 70%.
4. La question qui se pose est :
Si l'efficacité change, comment varier la température ?
5. Refaire le même travail avec **la turbine**.
6. Interpréter les résultats.
7. Conclusion.

Bon courage