Université Ibn Zohr
Faculté Polydisciplinaire
Ouarzazate, Maroc

جامعة ابن زهر
الكلية متعددة التخصصات
ورزازات، المغرب

**Travaux Dirigés de Thermodynamique II** *
**Proposés par** : H. Chaib
**Filière** : SMP, **Semestre** : 3, **Année** : 2018/2019, **Série** : 02

## Exercice 1

Un gaz parfait diatomique de masse molaire $M = 32\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ et de masse $m = 4\,\mathrm{kg}$ se trouve initialement dans l'état (1) de pression $p_1 = 90\,\mathrm{bar}$ et de température $T_1 = 50\,°\mathrm{C}$. Il traverse successivement des systèmes ouverts au cours d'un cycle d'une machine thermique, dans l'ordre suivant :

- il s'écoule à travers un échangeur de chaleur qui lui cède une quantité de chaleur $Q_{12} = 75\,\mathrm{kJ}$ à pression constante ;
- il se détend dans une turbine avec injection de carburant. Ceci se fait selon une transformation polytrope d'indice $\eta = 1{,}25$ ;
- il est comprimé dans un compresseur refroidi à température constante jusqu'à son état initial.

Ces différentes transformations se déroulent de façon réversible.

1. Représenter ce cycle dans un diagramme $(p, V)$.
2. Calculer la pression, le volume et la température de :
   (a) l'état (2).
   (b) l'état (3).
3. Sachant que $U_1 = 250\,\mathrm{kJ}$, calculer :
   (a) les énergies internes $U_2$ et $U_3$.
   (b) les enthalpies $H_1$, $H_2$ et $H_3$.
4. Calculer les travaux techniques $W_{12}$, $W_{23}$ et $W_{31}$ mis en jeu au cours du cycle ainsi que le travail utile $W_\mathrm{u}$ fourni par la machine.
5. Justifier le signe de $W_\mathrm{u}$.

## Exercice 2

Un cycle de Carnot d'un gaz parfait monoatomique comporte deux états extrêmes caractérisés par les valeurs suivantes des grandeurs thermiques :

- pour l'état (1) : $p_1 = 1\,\mathrm{bar}$ et $T_1 = 20\,°\mathrm{C}$.
- pour l'état (3) : $p_3 = 10\,\mathrm{bar}$, $T_3 = 250\,°\mathrm{C}$ et $V_3 = 1\,\mathrm{l}$.

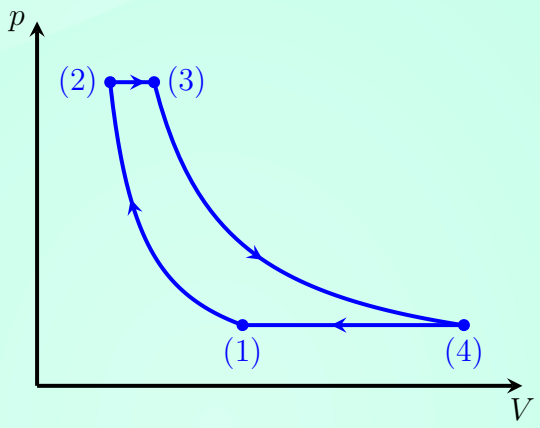
1. Représenter ce cycle sur le diagramme de Clapeyron.
2. Déterminer le volume de l'état (1).

*La version électronique de ces travaux dirigés et des épreuves relatives à la même matière sont disponibles, avec leurs corrections, sur le site Web : http://www.fpo.ma/chaib/teaching/.

3. Déterminer les coordonnées des états (2) et (4) de ce cycle sur le diagramme $(p, V)$.
4. Calculer les quantités de chaleur $Q_{12}$ et $Q_{34}$ mis en jeu au cours du cycle.
5. Calculer le travail utile $W_{\mathrm{u}}$ fourni par le cycle.

**Exercice 3**

Le cycle d'Ericsson est un cycle thermodynamique à quatre temps qui est composé de deux transformations isothermes et deux transformations isobares (figure ci-dessous). Ce cycle décrit le fonctionnement théorique d'un type de moteurs thermiques appelés moteurs Ericsson qui peuvent fonctionner soit en mode système fermé ou bien en mode système ouvert.




Soit un moteur Ericsson qui utilise $n = 10\,\mathrm{mol}$ d'air comme fluide de travail. L'état (1) est caractérisé par la pression $p_1 = 1\,\mathrm{bar}$ et la température $T_1 = 300\,\mathrm{K}$ et l'état (3) est caractérisé par la pression $p_3 = 5\,\mathrm{bar}$ et la température $T_3 = 700\,\mathrm{K}$. L'air est considéré comme un gaz parfait diatomique.

1. Déterminer les volumes $V_1$ et $V_3$.
2. Déterminer les grandeurs thermiques des états (2) et (4).

Supposons que ce moteur fonctionne en mode système fermé.

3. Calculer les travaux volumétriques mis en jeu $W_{12}$, $W_{23}$, $W_{34}$ et $W_{41}$.
4. Calculer les quantités de chaleur échangées $Q_{12}$, $Q_{23}$, $Q_{34}$ et $Q_{41}$.
5. Calculer le travail utile $W_{\mathrm{u}}$ de ce cycle.
6. Déduire de ces résultats l'efficacité thermique $\eta$ de ce cycle.

Supposons maintenant que ce moteur fonctionne en mode système ouvert. Dans ce cas, nous nous intéressons à utiliser la forme enthalpique du premier principe de la thermodynamique (c.-à-d. $\Delta H = W_{\mathrm{t}} + Q$) pour étudier ce cycle. Ceci fait intervenir le travail technique $W_{\mathrm{t}}$ au lieu du travail volumétrique $W_{\mathrm{v}}$.

7. Calculer les travaux techniques mis en jeu $W'_{12}$, $W'_{23}$, $W'_{34}$ et $W'_{41}$.
8. Calculer les quantités de chaleur échangées $Q'_{12}$, $Q'_{23}$, $Q'_{34}$ et $Q'_{41}$.
9. Calculer le travail utile $W'_{\mathrm{u}}$ de ce cycle.
10. Déduire de ces résultats l'efficacité thermique $\eta'$ de ce cycle.
11. Calculer le rendement $\rho$ du moteur en mode système fermé et son rendement $\rho'$ en mode système ouvert.
12. Quel est le mode le plus performant ? Justifier.