جامعة مولاي إسماعيل
UNIVERSITÉ MOULAY ISMAÏL
كلية العلوم
FACULTÉ DES SCIENCES
Département de Chimie

Année universitaire 2020/2021
Filière SMC, S4
Module : Thermodynamique Chimique

TD Série N°2

Pr ABDALLAOUI A.

Exercice 1 : Cycle de Joule

Soit une machine thermique utilisant comme fluide l'air assimilé à un gaz parfait diatomique. Cette machine fonctionne selon le cycle de Joule composé de :

- deux transformations adiabatiques réversibles **1 → 2** et **3 → 4**
- deux transformations isobares 2 → 3 et 4 → 1.

Au cours de ces transformations le gaz se met progressivement en équilibre de température avec la source chaude à température T3 ou la source froide à T1.

$$P_1 = 10^5\ Pa \quad ; \quad P_3 = 5.10^5\ Pa \quad T_1 = 300\ K \quad ; \quad T_3 = 500\ K \quad ; \quad C_V = \frac{5}{2}R$$

1) Tracer le cycle sur un diagramme de Clapeyron.
2) Trouver les relations entre T_1 et T_2 et entre T_3 et T_4.
3) Calculer T_2 et T_4.
4) Calculer pour une mole de gaz les quantités de chaleur Q_{12} ; Q_{23} ; Q_{34} et Q_{41} échangées.
5) Calculer le travail W échangé par une mole au cours de chaque transformation.
6) En déduire le travail W échangé par une mole au cours du cycle,
7) En déduire le rendement de ce cycle.
8) Comparer ce rendement à celui qu'on obtiendrait si la machine fonctionnait selon le cycle de Carnot entre les mêmes sources aux températures T_1et T_3.

Exercice 2 : Cycle de Carnot

Une mole de gaz parfait décrit le cycle de Carnot ABCD. La température de la source chaude est T_2 ; celle de la source froide est T_1. La détente isotherme du gaz relie l'état A (P_A, V_A) à l'état B (P_B, V_B).

1) Construire le cycle de Carnot en donnant les paramètres des états A, B, C, D.

2) Calculer le travail échangé avec l'extérieur et la chaleur échangée avec les sources, le long des quatre transformations du cycle.

3) Retrouver l'égalité de **Clausius** $\frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_1}{T_1} = 0$.

4) Quel est le rendement de la machine de Carnot ?

Exercice 3 : Cycle de Beau de Rochas

Dans un moteur à explosion, de l'air supposé parfait (m kg) décrit le cycle de Beau de Rochas, appelé aussi cycle d'Otto, composé de deux adiabatiques et deux isochores en système fermé :

- **Compression adiabatique** réversible de l'état (P_1, V_1, T_1) à l'état (P_2, V_2, T_2)

- **Echauffement isochore** de l'état (P_2, T_2) à l'état (P_3, T_3)
- **Détente adiabatique** réversible de l'état (P_3, T_3) à l'état (P_4, T_4)
- **Refroidissement isochore** qui ramène le fluide à l'état initial.

On donne $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1{,}4$, $M_{air} = 29 g.mol^{-1}$. Les parties A et B sont indépendantes.

Partie A

A.1) Représenter le cycle d'Otto dans le diagramme de Clapeyron (P,V) et dans le diagramme entropique (T, S).

A quoi correspond la surface du cycle dans le diagramme (P,V) ?

A.2) Exprimer le rendement théorique η de ce cycle :

a) en fonction des températures T_1, T_2, T_3 et T_4 ;

b) puis en fonction du rapport volumétrique $\alpha = \frac{V_1}{V_2}$ et du rapport $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ des chaleurs massiques de l'air.

A.3) Lorsque le piston est au point mort bas, le volume d'air est maximal et égal à 600 cm^3. Lorsque le piston est au point mort haut, le volume d'air est minimal et égal à 100 cm^3 (en fin de compression). Calculer :

a) le rendement théorique du cycle d'Otto

b) le travail fourni au cours d'un cycle, si l'air admis sous P_1=1 atm et T_1=300K, et si la température maximale atteinte est 1100K.

A.4) Pour quelle valeur du rapport volumétrique le moteur fonctionnant suivant le cycle d'Otto entre les températures 300 K et 1100 K a-t-il même rendement qu'une machine réversible fonctionnant suivant le cycle de Carnot entre les mêmes températures ?

Partie B

On donne : $P_1 = 1{,}00.10^5$ Pa ; $V_1 = 962.\ 10^{-6}$ m^3 ; $T_1 = 288$ K ; $\alpha = \frac{V_1}{V_2} = 7$

Toutes les transformations du cycle sont supposées réversibles.
L'agent thermique est l'air, supposé se comporter comme un gaz parfait.
Sa capacité thermique massique à pression constante est C_P = 1 000 $J.kg^{-1}.K^{-1}$.
Sa capacité thermique massique à volume constante est C_V = 714 $J.kg^{-1}.K^{-1}$.
La masse de carburant injecté sera négligée devant celle de l'air.
Les calculs seront menés en ne considérant qu'un seul cylindre.

B.1) Calculer la pression P_2 et la température T_2 en fin de compression.

B.2) La quantité de chaleur Q_{23} mise en jeu au cours de la phase $\mathbf{2 \rightarrow 3}$, est évaluée à 1 500 J. La masse d'air admise dans un cylindre est 1,16 10^{-3} kg.

En déduire la température T_3, puis la pression P_3 en fin d'explosion.

B.3) En fin de détente on a $P_4 = 3{,}9.10^5$ Pa et T4 = 1 115 K.

En déduire la quantité de chaleur Q_{41} mise en jeu au cours de la phase $\mathbf{4 \rightarrow 1}$.

B.4) Montrer que la quantité de chaleur mise en jeu au cours du cycle est voisine de 810 J.

B.5) Déterminer l'énergie mécanique W_{Cycle} correspondante (on justifiera le résultat).