



Épreuve de Thermodynamique II*

Responsable : H. Chaib

Filière : TEER, Semestre : 3, Année : 2014/2015

Date : 23-01-2015 à 10:15, Durée : 90 min

Question de Cours

Quelle est la différence entre une transformation isobare et une transformation monobare ?

Problème 1

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

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

Problème 2

En 1860, l'ingénieur belge Lenoir invente un moteur à gaz qui est considéré comme l'ancêtre du moteur à deux temps. Ce type de moteur présente l'avantage d'une très grande compacité et s'est imposé de façon quasi-exclusive pour tous les deux-roues. On peut schématiser le fonctionnement du moteur de Lenoir par le cycle portant son nom, qui se décompose de la façon suivante :

- L'air et le carburant sont admis dans le cylindre. À la fin de l'admission, le système que constitue l'air emprisonné dans le cylindre se trouve dans l'état (1) décrit par p_1 , V_1 et T_1 .
- Le carburant est brûlé (explosion) de façon très rapide, le volume ne change pas de façon significative. Le nouvel état (2) obtenu est décrit par p_2 , $V_2 = V_1$ et T_2 .
- Le gaz emprisonné dans le cylindre se détend de manière isentropique jusqu'à l'état (3) décrit par $p_3 = p_1$, V_3 et T_3 .

*. La version électronique de l'énoncé et la correction de cette épreuve seront publiés en ligne, quelques heures après la date affichée ci-dessus, sur le site Web : <http://196.200.181.135/chaib/teaching/>.

- La pression étant constante et égale à p_1 , les gaz brûlés sont expulsés du cylindre et se refroidissent au contact de l'atmosphère jusqu'à l'état (1).

On suppose que le cycle est décrit de manière quasi-statique réversible et que la variation du nombre de mole de gaz lié au carburant est négligeable. Soit n la quantité de matière du gaz qui est supposé parfait et γ son indice adiabatique.

1. Exprimer C_V et C_p en fonction de n , R et γ pour le gaz.
2. Représenter le cycle de Lenoir sur le diagramme de Clapeyron.
3. Exprimer le travail utile W_u de ce cycle en fonction de n , γ , R , T_1 , T_2 et T_3 .
4. Exprimer η en fonction de γ et du rapport $\frac{T_3-T_1}{T_2-T_1}$.
5. Exprimer T_1 et T_2 en fonction de T_3 , γ et du rapport volumétrique $a = V_3/V_1$.
6. En déduire une nouvelle expression de l'efficacité thermique η en fonction de γ et a .
7. Exprimer le rendement ρ du cycle de Lenoir en fonction de γ et a .

Problème 3

Dans une machine à vapeur, au cours de la phase motrice, une mole de vapeur d'eau se détend dans un cylindre fermé et calorifugé de l'état (1) caractérisé par la pression $p_1 = 40$ bar et la température $T_1 = 773$ K jusqu'à l'état (2) caractérisé par la pression $p_2 = 1$ bar et la température $T_2 = 373$ K.

Les valeurs expérimentales du volume V , l'énergie interne U et l'entropie S de ces deux états sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

	V (en m ³)	U (en kJ)	S (en kJ K ⁻¹)
État (1)	1,556 10 ⁻³	55,77	0,1275
État (2)	3,060 10 ⁻²	45,08	0,1325

1. Cette transformation est-elle réversible ? Justifier sans calcul.
2. À partir des valeurs données dans le tableau, déduire le travail W échangé au cours de cette détente.

On modélise cette détente par une transformation polytrophe de coefficient η .

3. Déterminer la valeur de η .
4. Calculer le travail W' échangé lors de cette transformation.
5. Comparer W et W' et commenter.

On réalise une détente réversible dans un autre cylindre fermé non-calorifugé entre les mêmes états (1) et (2). Cette nouvelle détente est représentée par une évolution linéaire dans le diagramme entropique (T, S).

6. Déterminer la chaleur Q^* et le travail W^* mis en jeu au cours de cette détente.
7. Comparer W^* et W' et commenter.

On donne : la constante universelle des gaz parfaits est $R = 8,314$ J mol⁻¹ K⁻¹.