

Travaux Dirigés de Thermodynamique II*
Proposés par : H. Chaib
Filière : SMP, Semestre : 3, Année : 2018/2019, Série : 03

Exercice 1

Le moteur Diesel fonctionne, d'une manière réversible, selon un cycle composé de deux transformations isentropes, une transformation isobare et une transformation isochore. L'état (2) de ce cycle est caractérisé par un volume V_2 strictement inférieur aux volumes des autres états. Cette machine utilise une quantité de matière n d'un gaz parfait d'indice adiabatique γ . Soit $\tau_{12} = \frac{V_1}{V_2}$ le rapport volumétrique de compression et $\tau_{13} = \frac{V_1}{V_3}$ le rapport volumétrique de détente.

1. Représenter ce cycle sur le diagramme de Clapeyron. Justifier.
2. Exprimer les quantités de chaleur mises en jeu au cours de ce cycle en fonction des capacités calorifiques du gaz et des températures des différents états.
3. Exprimer, en fonction des quantités de chaleur mises en jeu au cours du cycle :
 - (a) la quantité de chaleur fournie Q_f .
 - (b) le travail utile W_u .
 - (c) l'efficacité thermique η .
4. Exprimer l'efficacité thermique η de ce cycle en fonction de l'indice adiabatique γ et des températures des différents états.
5. Montrer que η peut s'écrire sous la forme $\eta = 1 - \frac{\tau_{12}^{-\alpha} - \tau_{13}^{-\alpha}}{\gamma(\tau_{12}^{-\beta} - \tau_{13}^{-\beta})}$ où α et β sont à déterminer.

Exercice 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 .

*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/>.

- 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 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 des températures des différents états.
5. Exprimer T_1 et T_2 en fonction de T_3 , γ et du rapport volumétrique $\tau_{31} = V_3/V_1$.
6. En déduire une nouvelle expression de l'efficacité thermique η en fonction de γ et τ_{31} .
7. Exprimer le rendement ρ du cycle de Lenoir en fonction de γ et τ_{31} .

Exercice 3

On considère une machine frigorifique dans laquelle le fluide de travail parcourt, dans un système fermé, le cycle de Brayton inverse. Dans ce cycle, le fluide subit :

- Une compression adiabatique réversible de l'état (1) de pression $p_1 = 1$ bar et de température $T_1 = 268$ K jusqu'à l'état (2) de pression $p_2 = 3,2$ bar ;
- Un refroidissement à pression constante de l'état (2) jusqu'à l'état (3) de température $T_3 = 291$ K. Ce refroidissement se fait par contact thermique avec une source froide de température constante T_3 .
- Une détente adiabatique réversible de l'état (3) jusqu'à l'état (4) de pression $p_4 = p_1$;
- Un réchauffement à pression constante de l'état (4) jusqu'à l'état (1). Ce réchauffement se fait par contact thermique avec une source chaude de température constante T_1 .

Le fluide de travail est constitué de $n = 4$ mol d'un gaz parfait d'indice adiabatique $\gamma = 1,5$.

1. Représenter ce cycle sur le diagramme de Clapeyron.
2. Calculer les capacités calorifiques C_V et C_p .
3. Calculer les températures T_2 et T_4 .
4. Calculer les quantités de chaleur Q_{23} et Q_{41} échangées lors des deux transformations isobares.
5. Calculer le travail W_f fourni à cette machine au cours du cycle ?
6. Calculer le coefficient de performance η de cette machine frigorifique.
7. Calculer l'entropie créée S_c du cycle et en déduire sa réversibilité.