TD9: Thermodynamique-ISEN_CIR1_CNB1	2019_2020

Exercice 1

Une machine thermique met en jeu une masse constante m d'un gaz parfait et lui fait décrire le cycle suivant selon des transformations réversibles :

- Une transformation isotherme qui fait passer le gaz de l'état A (pression P_A = 2 bar, Volume V_A = 30L, Température T_A = 16°C) à l'état B (P_B, V_B = 6L, T_B).
- Un échauffement isobare de l'état B à l'état C (P_B, V_C = 18L, T_C).
- Une détente adiabatique de l'état C à l'état D (P_D, V_D, T_D)
- Un refroidissement isobare de l'état D à l'état A

1. Calculer le nombre de moles gazeuses n mises en jeu.

2. Calculer les variables d'états dans les états A, B, C et D.

	Pression (Pa)	Volume (m^3)	Température (K)
Etat A			
Etat B			
Etat C			
Etat D			

3. Représenter ce cycle dans le diagramme de Clapeyron (P, V).

4. Calculer le travail et la quantité de chaleur échangés au cours de la transformation de l'état B à l'état C. On précisera le sens des échanges.

Données numériques:

- Constantes des gaz parfaits : R = 8,32 $J.K^{-1}.mol^{-1}$
- Capacité calorifique molaire, à pression constante :
  C_p = 29,1 $J. K^{-1}.mol^{-1}$.
- Dans une transformation adiabatique et réversible d'un gaz parfait, on a :
  $\boldsymbol{PV^{\gamma}}$=Constante, avec γ = 1,4 pour le gaz considéré.

Exercice 2:

On considère un moteur à essence fonctionnant selon le cycle réversible représenté, sans légende, dans le diagramme de Clapeyron.

- Compression adiabatique : passage de l'état 1 à l'état 2, noté 1→2 ;
- Combustion à volume constant : passage de l'état 2 à l'état 3, ($P_3 > P_2$) noté 2→3 ;
- Détente adiabatique : passage de l'état 3 à l'état 4, noté 3→4 ;
- Transformation à volume constant : passage de l'état 4, à l'état 1 noté 4→1.

Le mélange de gaz décrivant le cycle est considéré comme un gaz parfait.

On donne : R = 8, 32 J.mol^{-1}.K^{-1} $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$

- ✓ Capacité thermique molaire à volume constant: C_V = 20,7 J.mol^{-1}.K^{-1}
- ✓ On admettra que C_V est indépendante de la température.
- ✓ Les conditions à l'admission sont : **P_1 = 1,0. 10^5 Pa, V_1 = 2,0.10^{-3} m^3, T_1 = 300 K**
- ✓ Dans une transformation adiabatique et réversible d'un gaz parfait, on a : $\boldsymbol{TV^{\gamma-1}}$ = Constante, avec γ = 1,4 pour le gaz considéré.

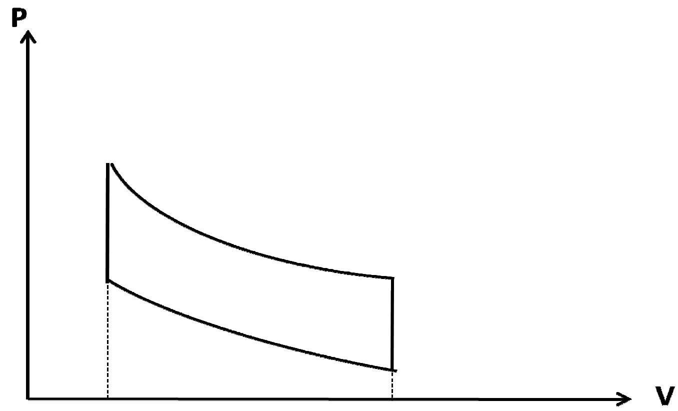


Figure 1.

1. Sur la figure 1, reporter les états 1, 2, 3, 4 et flécher le cycle. Hachurer l'aire représentant le travail reçu par le fluide décrivant le cycle. Quel est le signe de ce travail ? Expliquer.

2. Calculer le nombre de moles n de gaz décrivant le cycle.

3. On donne V_2 = 0,25.10^{-3} m^3, ce qui correspond à un rapport volumétrique $\boldsymbol{\tau = \frac{V_1}{V_2} = 8,0}$.

a) Calculer la température T_2 en fin de compression adiabatique.
b) Calculer la température T_3 en fin de combustion sachant que T_3-T_2 = 2,0.10^3 K.
c) Calculer la température T_4 en fin de la détente adiabatique.

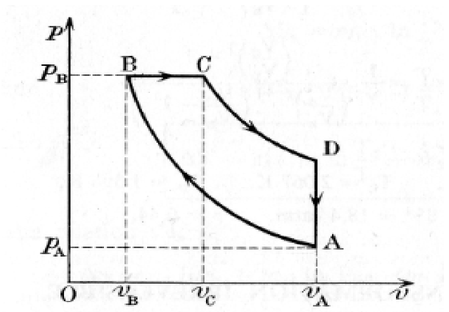
On prendra pour la suite de l'exercice : T_4 = 1,17. 10^3 K

4.

a) Quelle est la chaleur reçue, par le gaz, au cours de chacune des quatre transformations du cycle (Q_{12}, Q_{23}, Q_{34}, et Q_{41}) ?
b) Calculer la chaleur Q_{cycle} reçue par le gaz au cours du cycle complet.
c) En déduire le travail W_{cycle} reçu par le gaz au cours du cycle complet. Quel est le signe de ce travail ?
d) Calculer le rendement $\eta = \left|\frac{W_{cycle}}{Q_{23}}\right|$

Exercice 3 (facultatif)

On fait subir à une masse de gaz parfait une succession de transformations représentées dans le diagramme de Clapeyron par le cycle ABCDA. AB et CD sont des transformations adiabatiques réversibles.



Les rapports $\frac{V_A}{V_B}$ et $\frac{V_C}{V_B}$ sont connus, ainsi que P_A et T_A.

1. Comment nomme t- on le rapport $\frac{V_A}{V_B}$ et le rapport $\frac{V_C}{V_B}$?
2. Le cycle ABCDA est un cycle moteur, de quel moteur s'agit-il ? Expliquer brièvement le cycle de ce moteur ?
3. Déterminer les expressions littérales des quantités de chaleur Q_1 et Q_2 échangées avec le milieu extérieur au cours des transformations BC et DA respectivement. En déduire leurs signes.
4. Evaluer les travaux et les variations d'énergie interne pour les quatre transformations.
5. Soit ρ le rendement du cycle définit par $\rho = \frac{-W}{Q_1}$ démontrer que son expression peut se mettre sous la forme :
$$\rho = 1 - \frac{1}{\gamma}\frac{T_D - T_A}{T_C - T_B}$$
6. En utilisant la loi de la place déterminer les expressions littérales de :
    a. P_B en fonction de P_A, $\frac{V_A}{V_B}$ et γ.
    b. T_B en fonction T_A, $\frac{V_A}{V_B}$ et γ.
    c. T_D en fonction de T_A, $\frac{V_C}{V_B}$ et γ.
7. Démontrer que la différence entre la T_C et T_B peut se mettre sous la forme :
    a.
$$T_C - T_B = T_A\,(\frac{V_A}{V_B})^{\gamma-1}\left(\frac{V_C}{V_B} - 1\right)$$

    b. Déduire que l'expression finale du rendement s'écrit :
$$\rho = 1 - \frac{1}{\gamma}\,\frac{\left(\frac{V_C}{V_B}\right)^{\gamma} - 1}{\left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1}\;\left(\frac{V_C}{V_B} - 1\right)}$$
8. Application numérique :

Calculer numériquement $P_{B,}$ T_B, T_C, T_D et ρ.

Données : P_A = 1 atm, T_A = 300 K, $\frac{V_C}{V_B} = 8, \frac{V_C}{V_B} = 3,$ γ = 1,40