

Thermodynamique 1S – TD4

1 Cycle décrit par un gaz parfait

L'état initial d'une mole de gaz parfait est caractérisé par $p_A = 2 \cdot 10^5$ Pa et $V_A = 14$ L. On fait subir successivement à ce gaz les transformations réversibles suivantes :

- a. $A \rightarrow B$: détente isobare qui double son volume,
 - b. $B \rightarrow C$: compression isotherme qui le ramène à son volume initial,
 - c. $C \rightarrow A$: refroidissement isochore qui le ramène à son état initial.
1. À quelle température s'effectue la compression isotherme ? En déduire la pression maximale atteinte.
 2. Représenter le cycle de transformations dans le diagramme (p, V) .
 3. Calculer les travaux et quantités de chaleur échangés par le système au cours du cycle en fonction de p_A , V_A et $\gamma = C_p/C_v = 7/5$ (supposé constant dans le domaine de températures étudié).
 4. Vérifier $\Delta U = 0$ pour le cycle.

2 Transformations d'un gaz parfait

Reprendre l'exercice 3 du TD3 et calculer les quantités de chaleur mises en jeu dans chacune des transformations.

3 Compressions d'un gaz parfait

Un cylindre, muni d'un piston mobile sans frottement, de surface S et de masse négligeable, contient une masse $m = 1$ g d'hélium (masse molaire $\mathcal{M}_{\text{He}} = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), assimilable à un gaz parfait, à la température initiale de 300 K. Les parois du cylindre et du piston sont adiabatiques. La pression atmosphérique vaut 10^5 Pa.

1. Donner la valeur initiale des variables d'état (p_0, V_0, T_0) de l'hélium.
2. Soit p_1 la pression du gaz à l'équilibre lorsqu'on exerce une force F sur le piston de façon à comprimer l'hélium. Calculer le rapport $x = p_1/p_0$.
3. La force F est exercée en plaçant "d'un seul coup" sur le piston une masse élevée. Qu'observe t'on ? L'état final du gaz est défini par (p_1, V_1, T_1) . Exprimer les rapports V_1/V_0 et T_1/T_0 en fonction de x , R et la chaleur massique à volume constant.
4. La force F est exercée en plaçant lentement et successivement sur le piston des masselottes. L'état final du gaz est défini par (p_2, V_2, T_2) . Lors d'une telle transformation, le produit pV^γ est une constante où γ est le coefficient adiabatique du gaz. Exprimer les rapports V_2/V_0 et T_2/T_0 .

4 Extensivité de l'énergie interne

Un réservoir R_1 de volume V_1 contient un gaz parfait diatomique à la température T_1 sous une pression p_1 . Un réservoir R_2 de volume V_2 contient un gaz parfait diatomique à la température T_2 sous une pression p_2 . Ces deux réservoirs sont parfaitement isolés du milieu extérieur. Deux transformations sont proposées :

- R_1 et R_2 sont mis en contact et se mettent en équilibre thermique. Les volumes V_1 et V_2 sont demeurés invariants pendant la transformation.
- R_1 et R_2 sont mis en contact et se mettent en équilibre thermique. Les pressions p_1 et p_2 sont demeurées invariantes pendant la transformation.

Données : $V_1 = 10$ L, $V_2 = 5$ L, $T_1 = 300$ K, $T_2 = 350$ K, $p_1 = 4$ bar et $p_2 = 8$ bar.

Dans chaque cas,

- Préciser l'état du fluide après la transformation décrite (pression, volume et température),
- Calculer la quantité de chaleur et le travail échangés,
- Calculer la variation d'énergie interne des deux gaz.

5 Transformations de gaz parfait

Une mole de gaz parfait à c_p et c_V constants subit les transformations réversibles suivantes :

- $A \rightarrow B$: compression isochore avec $p_B = 2p_A$,
- $B \rightarrow C$: dilatation isobare avec $V_C = 2V_A$,
- $C \rightarrow D$: détente isotherme avec $V_D = 3V_A$,
- $D \rightarrow E$: détente adiabatique réversible avec $V_E/V_D = (4/3)^{1/\gamma}$ avec γ le coefficient isentropique.

On demande de:

- Exprimer p_E en fonction de p_A .
- Tracer ces transformations dans un diagramme de Clapeyron.
- Pour chacune des transformations, donner l'expression du travail échangé, de la quantité de chaleur échangée et de la variation d'énergie interne.
- Exprimer le travail, la quantité de chaleur et la variation d'énergie interne au cours de la transformation de A à E en fonction de T_A et T_E .
- Sur le diagramme de la question 2, hachurer en bleu la surface correspondante au travail reçu au cours de la transformation $ABCDE$. Iniquer si ce travail est positif ou négatif.

6 Détente polytropique d'un gaz parfait

On considère la détente polytropique réversible d'un gaz parfait le menant d'un état 1 à un état 2. Cette détente se caractérise par la relation $pV^k = \text{constante}$, où k est une constante positive. On considère que le coefficient est constant dans le domaine de température considéré.

Pour quelles valeurs du coefficient k la détente s'accompagne t'elle :

- D'absorption de chaleur et d'un échauffement du gaz ?
- D'absorption de chaleur et d'un refroidissement du gaz ?
- D'un dégagement de chaleur ?