



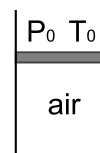
Capacités exigibles :

- Définir le système et identifier l'état d'équilibre initial et l'état d'équilibre final ✕.
- Calculer le travail par découpage en travaux élémentaires et sommation sur un chemin donné dans le cas d'une seule variable $\square$.
- Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron ●.
- Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement $\bowtie$.
- Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat ▲.
- Proposer de manière argumentée le modèle limite le mieux adapté à une situation réelle entre une transformation adiabatique et une transformation isotherme ✕.

Exercice 1 Compression d'air ✕ $\square$

Un cylindre vertical de section S est fermé par un piston horizontal de masse négligeable, se déplaçant sans frottement. Le cylindre contient n moles d'air, à la température $T_1 = T_0$ et à la pression $P_1 = P_0$, où T_0 et P_0 sont la température et la pression extérieures, supposées constantes. Le système est calorifugé. L'air est considéré comme un gaz parfait diatomique, de coefficient constant $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, et lors d'une transformation adiabatique infiniment lente, on suppose qu'au cours de la transformation : $PV^\gamma = \text{cste}$.

Données : $R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$, $T_0 = 300 \text{ K}$, $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $S = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$, $n = 0,20 \text{ mol}$ et $\gamma = 1,40$.



1. Calculer le volume initial V_1 de l'air et la hauteur h_1 du piston.
2. Un opérateur appuie très lentement sur le piston de manière à ce que la pression du gaz devienne $P_2 = 1,5 P_1$. Calculer le volume V_2 et la température T_2 du gaz dans son état final.
3. Calculer le travail W_r reçu par le gaz au cours de la transformation.

Exercice 2 Transformations usuelles ●

Un fluide décrit un cycle ABC : AB détente isobare, BC compression isochore et CA transformation dont le chemin dans le diagramme de Watt est un segment de droite. Les transformations sont supposées infiniment lente.

1. Représenter ce cycle.
2. Calculer les travaux des forces de pression pour chaque étape et pour l'ensemble du cycle.

Exercice 3 Transfert thermique et cuisson $\bowtie$

1. Citer un procédé de cuisson dans lequel l'aliment reçoit du transfert thermique majoritairement, par conduction, par convection, et par rayonnement.
2. On cuit un oeuf en le plongeant dans une casserole d'eau bouillante. Quel est le mode de transfert thermique dominant pour le système {oeuf} ? pour le système {oeuf+eau} ? pour le système {jaune d'oeuf}.

Exercice 4 Recherche d'un état final ✖◻♣

Une enceinte indéformable aux parois calorifugées est séparée en deux compartiments par une cloison étanche de surface S , mobile, diathermane et reliée à un ressort de raideur k et de longueur à vide $\ell_0 = \frac{V_0}{S}$. Les deux compartiments contiennent chacun un gaz parfait. Dans l'état initial, le gaz du compartiment 1 est dans l'état (T_0, P_0, V_0, n) et le gaz du compartiment 2 dans l'état $(T_0, 2P_0, V_0, 2n)$. Une cale bloque la cloison mobile et le ressort est au repos. On enlève la cale et on laisse le système atteindre un état d'équilibre.

1. Décrire l'évolution du système.
2. Écrire cinq relations faisant intervenir certaines des six variables d'état : V_1, V_2 (volumes finaux des deux compartiments), P_1, P_2 (pressions finales dans les deux compartiments), T_1, T_2 (températures finales dans les deux compartiments).

Exercice 5 Cas limite du thermostat ✖♣

Soient deux systèmes S_1 et S_2 en contact thermique, l'ensemble étant isolé. On note T_1 la température initiale de S_1 et T_2 celle de S_2 ; leurs capacités thermiques respectives sont $C_{v,1}$ et $C_{v,2}$. L'ensemble évolue jusqu'à ce que les deux systèmes atteignent une même température T_f .

1. Déterminer T_f .
2. Montrer que si $C_{v,1} \gg C_{v,2}$, le système S_1 joue le rôle d'un thermostat.
3. Faire l'application numérique, en considérant 10,0 mL d'eau pris à 10°C placés dans 1,00 L d'eau à 50°C.
4. Refaire l'application numérique pour 1,00 L d'eau pris à 50,0°C placé dans une pièce de 100 m³ à 20,0°C. Les capacités thermiques volumiques vérifient $C_{vol,eau} = 3.34.10^3 C_{vol,air}$.

Exercice 6 Changements de phase de l'eau ✖◐♣

On considère une enceinte cylindrique diathermane de volume $V_0 = 10 \text{ L}$, maintenue dans l'atmosphère à la température $T = 373 \text{ K}$. La vapeur d'eau sèche et saturante sera considérée comme un gaz parfait. On néglige le volume occupé par la phase liquide devant le volume occupé par la phase vapeur dans l'enceinte. Données : pression de vapeur saturante de l'eau à 373 K : $P_{sat} = 1 \text{ bar}$, masse molaire de l'eau $M_{eau} = 18 \text{ g.mol}^{-1}$, constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

1. Le cylindre étant initialement vide, on y introduit une masse m d'eau. Calculer la masse maximale m_{max} d'eau telle que l'eau soit entièrement sous forme de vapeur dans le cylindre à l'équilibre.

On introduit en fait une masse $m' = 3 \text{ g}$ d'eau. On modifie le volume du cylindre en déplaçant de manière très lente un piston.

2. Faut-il augmenter ou diminuer le volume du piston pour voir apparaître les premières gouttes de liquide ? Justifier.
3. Calculer le volume V_{min} à partir duquel l'eau contenue dans le cylindre se trouve simultanément sous forme liquide et vapeur.
4. On introduit maintenant dans le cylindre de volume V_0 une masse $m'' = 10 \text{ g}$ d'eau. Calculer la fraction massique x_v d'eau à l'état de vapeur.

Solutions des exercices

¹Réponses : 1) $V_1 = 5,0 \text{ L}$, $h_1 = 0,5 \text{ m}$; 2) $V_2 = 3,7 \text{ L}$, $T_2 = 337 \text{ K}$; 3) $W_r = 154 \text{ J}$

⁶Réponses : 1) $m_{max} = 5,8 \text{ g}$; 3) $V_{min} = 5,2 \text{ L}$; 4) $x_v = 58\%$

⁶Réponses : 1) $T_f = \frac{C_{v,1}T_1 + C_{v,2}T_2}{C_{v,1} + C_{v,2}}$; 2) $T_f = 49,6^\circ\text{C}$; 3) $T_f = 21,0^\circ\text{C}$