

TD T0

Rappels de Thermodynamique (MPSI)**A. Compression isotherme d'un GP**●○○

On comprime de manière réversible une masse $m = 8,0$ g d'argon ($M = 40$ g.mol⁻¹), supposé être un gaz parfait monoatomique, de la pression $p_1 = 1,0$ bar à la pression $p_2 = 10,0$ bar, à la température constante $T = 298$ K.

1. Calculer les volumes V_1 et V_2 d'argon, respectivement à l'état initial et à l'état final.
2. Exprimer puis calculer numériquement le travail W et le transfert thermique Q reçus par le gaz lors de cette compression. Discuter le signe de W .

B. Compression adiabatique d'un GP●○○

On comprime de manière adiabatique, quasi-statique, une mole de gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$), de 1,0 bar à 10,0 bar. Le volume initial a pour valeur $V_1 = 5,0$ L.

1. Déterminer le volume final V_2 et la température finale T_2 .
2. Déterminer le travail reçu par le gaz lors de cette compression.

C. Isobare ou isochore●○○

Un récipient contient 6,0 g de H₂ (G.P. $\gamma = 1,4$) sous une pression $p_0 = 1,0$ bar et une température $\theta_0 = 15^\circ\text{C}$. On porte sa température à $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$.

1. La transformation est isochore. Déterminer ΔU , ΔH , W et Q .
2. La transformation est isobare. Déterminer ΔU , ΔH , W et Q .

D. Évolutions différentes entre deux états●○○

Un récipient de volume $V_A = 5,0$ L fermé par un piston contient $n = 0,50$ mol de gaz parfait, initialement à la température $T_A = 287$ K. On porte de façon quasi-statique le volume du gaz à une valeur $V_B = 20$ L, à la température $T_B = 350$ K. On donne pour ce gaz le coefficient $\gamma = 1,4$. Le passage de l'état A à l'état B s'effectue de deux manières différentes :

- soit, chauffage isochore de 287 K à 350 K puis détente isotherme de V_A à V_B à la température 350 K.
 - soit, détente isotherme de V_A à V_B à la température 287 K puis chauffage isochore de 287 K à 350 K.
1. Représenter les deux évolutions précédentes dans un diagramme de Watt.
 2. Exprimer puis calculer le travail W_1 et le transfert thermique Q_1 reçus par le gaz ainsi que la variation d'énergie interne ΔU_1 du gaz lors de la transformation n°1.
 3. Exprimer puis calculer le travail W_2 et le transfert thermique Q_2 reçus par le gaz ainsi que la variation d'énergie interne ΔU_2 du gaz lors de la transformation n°2.
 4. Comparer les deux possibilités d'évolution de A à B.

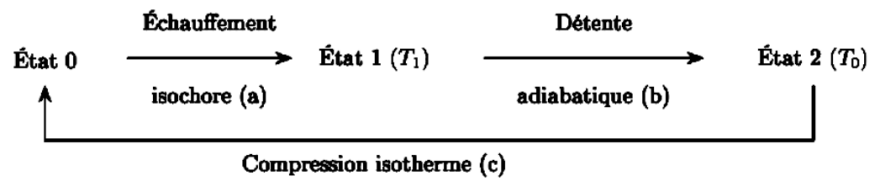
E. Compressions réversible et irréversible●●○

Un gaz parfait est enfermé dans un cylindre de volume $V_1 = 5,0$ L à l'intérieur duquel peut coulisser (sans frottement) un piston de masse négligeable. A l'extérieur du piston, la température est $T_{\text{ext}} = 293$ K, la pression est $p_{\text{ext}} = 1$ atm. La paroi du cylindre étant parfaitement diatherme, à l'équilibre, la température du gaz est toujours $T_{\text{ext}} = 293$ K. Au départ, la pression du gaz est $p_1 = p_{\text{ext}}$.

1. En appuyant sur le piston, on augmente très légèrement la pression jusqu'à $p_2 = 10 \text{ atm}$. Calculer T_2 , V_2 , ΔU et Q .
2. On passe maintenant instantanément de p_1 à p_2 puis on attend l'équilibre qui interviendra forcément après quelques oscillations du piston si on considère la viscosité du gaz. Calculer T'_2 , V'_2 , $\Delta U'$ et Q' . On rappelle : $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$.
3. Bonus : Travail d'une transformation brutale de p_1 à $p_3 = 5,5 \text{ atm}$, puis de p_3 à p_2 . Conclure.

F. Transformation cyclique pour un GPM

Un réservoir contient un volume V_0 d'un gaz parfait monoatomique de coefficient γ à une température T_0 une pression p_0 . On réalise la suite des transformations quasi-statiques suivante :



1. Représenter le cycle réalisé dans le diagramme de WATT $p(V)$.
2. Préciser pour chaque transformation (a), (b), (c) le travail échangé, le transfert thermique et la variation d'énergie interne du gaz parfait en fonction des seules données γ , p_0 , V_0 , T_0 et T_1 .
3. AN : $p_0 = 1,0 \text{ bar}$; $V_0 = 1,0 \text{ L}$; $T_0 = 298 \text{ K}$; $T_1 = 350 \text{ K}$.

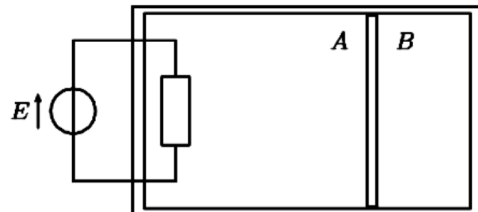
G. Cycle de LENOIR

L'état initial d'une mole de gaz parfait diatomique est ($p_0 = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_0 = 14 \text{ L}$). On lui fait subir successivement et de manière quasistatique :

- une détente isobare qui double son volume,
 - une compression isotherme qui le ramène à son volume initial,
 - un refroidissement isochore qui le ramène à son état initial.
1. A quelle température T_1 , la compression s'effectue-t-elle ? En déduire p_2 , la valeur de la pression maximale atteinte.
 2. Représenter le cycle décrit par ce gaz dans le diagramme de WATT (p, V).
 3. Calculer le travail et le transfert thermique échangé par le système au cours du cycle.

H. Chauffage d'un gaz par effet JOULE

Un récipient de volume $2V$, parfaitement calorifugé est partagé en deux compartiments A et B par un piston mobile sans frottement, également calorifugé. Chaque compartiment contient n moles d'un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$) qui occupe initialement un volume $V = 2,0 \text{ L}$ sous la pression $p = 1 \text{ bar}$, à la température $T = 300 \text{ K}$. Dans le compartiment A, un conducteur ohmique de résistance R peut fournir un transfert thermique Q_A par effet JOULE. On applique une différence de potentiel E aux bornes du résistor jusqu'à ce que la pression p_A du compartiment A soit égale à $2p$. Le chauffage est suffisamment lent pour considérer les évolutions comme quasi-statiques.



1. Déterminer les volumes et températures V_A , T_A , T_B , V_B à la fin de l'évolution.
2. Exprimer puis calculer numériquement les travaux W_A et W_B reçus par les deux gaz, le transfert thermique Q_B reçu par le gaz dans le compartiment B, ainsi que les variations d'énergie ΔU_A et ΔU_B de chacun des gaz.

3. Calculer le transfert thermique Q fourni par le conducteur ohmique.
4. Combien vaut la résistance R sachant que $E = 10 \text{ V}$ et que la transformation s'est déroulée en 15 min ?

I. Évolutions irréversibles ?

Un volume d'air $V_1 = 2,00 \text{ L}$ est enfermé dans un cylindre vertical, fermé par un piston de surface $S = 20 \text{ cm}^2$ et de masse négligeable. Le piston peut se déplacer verticalement sans frottement à l'intérieur du cylindre. L'air est considéré comme un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$) et se trouve initialement à la température $T_1 = 298,0 \text{ K}$ sous la pression $p_1 = 1,013 \text{ bar}$.

1. On pose sur le piston une masse $M = 1 \text{ kg}$. Le piston descend brusquement puis se stabilise. La compression, rapide, est supposée adiabatique. Calculer la pression p_2 , la température T_2 et le volume V_2 du gaz à la fin de cette compression.
2. A la suite d'échanges thermiques à travers les parois du cylindre, le gaz revient lentement à la température $T_3 = T_1$. Déterminer la pression finale p_3 et le volume final V_3 du gaz.

J. Mesure du coefficient γ

1. Méthode de RÜCKARDT

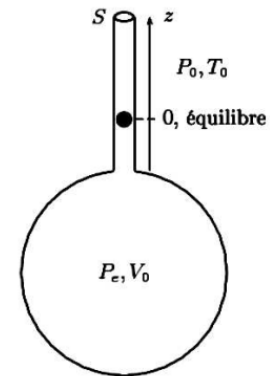
On considère un récipient fermé par un piston de masse m , mobile sans frottement dans le col cylindrique vertical de section S . Le récipient contient n moles d'un gaz parfait dont on cherche à déterminer l'exposant adiabatique γ constant. À l'extérieur, l'air est à la pression p_0 constante et à l'équilibre, le volume du récipient est V_0 .

1. Déterminer p_e la valeur de la pression à l'intérieur du récipient quand le piston est à l'équilibre.

Le piston est déplacé de sa position d'équilibre, on notera $p = p_e + dp$ la pression dans le récipient à un instant quelconque avec $dp \ll p_e$ et toutes les transformations seront considérées comme adiabatiques quasi-statiques.

2. Exprimer dp en fonction de dV puis de z , la position piston par rapport à sa position d'équilibre.
3. En utilisant le principe fondamental de la dynamique (deuxième loi de NEWTON), en déduire l'équation du mouvement du piston et la mettre sous la forme $z + \omega_0^2 z = 0$.
4. En déduire une méthode pratique de mesure de γ .

On rappelle le résultat suivant : $(1 + x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$ si $x \ll 1$



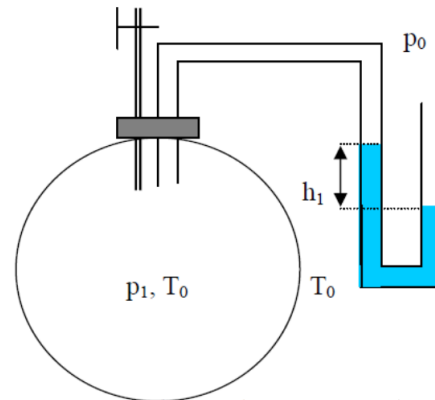
2. Méthode de CLÉMENT et DÉSORMES

On considère un ballon de grand volume V_1 contenant de l'air (supposé GP) sous légèrement inférieure à p_0 . Le manomètre indique une dénivellation h_1 .

On ouvre le robinet pendant une courte durée. Une petite quantité d'air entre dans le ballon. La pression de l'air dans le ballon devient $p_2 = p_0$. Cette légère compression va provoquer un léger échauffement du gaz. Cette compression peut être considérée comme adiabatique et réversible (l'air entrant joue le rôle d'un piston qui comprime l'air du ballon).

Ensuite le gaz va se refroidir pour retrouver la température T_0 , la pression va passer de p_0 à p_3 (la nouvelle dénivellation est h_3). Au cours de cette étape on peut considérer que la transformation est isochore. On néglige la variation de volume due au déplacement du liquide dans le manomètre et dans la première étape la quantité d'air qui entre dans le ballon. Les variations de pression dans les diverses étapes sont infinitésimales.

1. Tracer l'évolution dans le diagramme de WATT.
2. Déterminer γ en fonction de p_1 , p_3 et p_0 puis en fonction de h_1 et h_3 .



K. La pierre dans le lac ● ● ○

On plonge un bloc de cuivre de masse $m = 100 \text{ g}$ ($c_{\text{Cu}} = 380 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$) de température $\theta_1 = 100^\circ\text{C}$ dans un lac de température constante et invariable $\theta_0 = 10^\circ\text{C}$.

1. Calculer la variation d'entropie pour le bloc de cuivre, puis pour le lac et enfin déterminer l'entropie créée.
2. Terminer par l'application numérique. Conclure.

L. Le verre d'eau froide ● ● ○

Un verre d'eau de 20,0 mL à la température de $7,0^\circ\text{C}$ est abandonné dans une pièce où règne une température de 18°C .

Calculer la variation d'entropie de l'eau, l'entropie échangée et l'entropie créée lors de cette évolution. On donne $C_{\text{eau}} = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

M. Transformations adiabatiques ● ● ○

Un cylindre parfaitement calorifugé, muni d'un piston mobile sans frottement, également calorifugé, contient un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$). Initialement, la pression du gaz à l'intérieur du cylindre est fixée à $p_0 = 0,5 \text{ bar}$. La pression extérieure est $p_{\text{ext}} = 2p_0 = 1,0 \text{ bar}$.

1. On amène le gaz de façon réversible à $p_1 = p_{\text{ext}}$. Après avoir déterminé le volume final V_1 et la température finale T_1 , calculer l'entropie créée.
2. En partant du même état initial, on lache le piston et on laisse l'équilibre s'établir. Après avoir déterminé le volume final V_2 et la température finale T_2 , calculer l'entropie créée.

N. Enceinte à deux compartiments ● ● ○

On considère deux gaz parfaits monoatomiques ($\gamma = 1,67$) identiques dans le même état initial (p_0, V_0, T_0, n). Ces deux gaz occupent deux compartiments séparés par un piston imperméable à la chaleur. Un thermostat permet d'amener le compartiment 1 à la température T_1 , tandis qu'un second thermostat maintient la température du compartiment 2 constante. On appelle (p_1, V_1, T_1) et (p_2, V_2, T_2) les grandeurs d'état finales pour les compartiment 1 et 2.

1. Que peut-on dire des pressions p_1 et p_2 ?
2. Exprimer les volumes V_1 et V_2 en fonction de V_0, T_0 et T_1 .
3. Exprimer p_1 et p_2 en fonction de V_0, T_0 et T_1 .
4. Effectuer un bilan énergétique de chaque élément du système.
5. Effectuer un bilan entropique complet.
6. Déterminer les entropies échangées et créées au niveau des contact thermiques.