Premier Principe

EX 1 – Transformations quasi-statique d'un gaz parfait

On fait décrire à n moles de gaz parfait diverses transformations quasi-statiques réversibles, faisant passer le système d'un état A ($p_A = 32$ bar, $V_A = 1,0$ L) à un état B ($p_B = 1,0$ bar, $V_B = 8,0$ L) :

i) une détente isotherme suivie d'une transformation isochore ;
ii) une détente isobare, suivi d'une transformation isochore ;
iii) une transformation isochore suivie d'une isobare.
iv) une transformation adiabatique quasistatique suivie d'une isochore.

1. Représenter ces transformations dans un diagramme (p, V).

2. Déterminer le travail reçu par le système pour les trois transformations indiquées.

3. Quelle serait la valeur du travail reçu si les transformations avaient été parcourues dans l'autre sens, faisant passer le système de l'état B à l'état A ?

4. **a)** Comparer la variation d'énergie interne ΔU pour les quatre transformations.

b) Calculer ΔU dans le cas où le gaz est un gaz parfait monoatomique.

5. Déterminer le transfert thermique reçu par le gaz parfait monoatomique pour les trois transformations.

EX 2 – Compression brutale d'un gaz parfait

Un gaz parfait, à la température T_1 est contenu dans un cylindre aux parois calorifugées, fermé par un piston adiabatique de section s et de masse m, mobile sans frottement. L'ensemble est placé dans l'air à la pression p_0. À l'équilibre, le piston se trouve à la distance h_1 du fond du récipient. On pose sur le piston une masse m_0. Le piston descend brutalement et finit par s'immobiliser à une distance h_2 du fond du récipient.

1. **a)** Déterminer la pression du gaz contenu dans le cylindre à l'état initial (p_1) et à l'état final (p_2).

b) En déduire le travail W échangé entre le gaz du récipient et le milieu extérieur, en fonction de p_2, s, h_1 et h_2.

2. À l'aide du premier principe, déterminer la température finale T_2 du gaz enfermé dans le cylindre en fonction de γ, T_1, p_1 et p_2. Application numérique.

3. En déduire la hauteur h_2 du piston dans l'état final, en fonction de h_1, p_1, p_2, T_1 et T_2. App. num.

Données : $p_0 = 1013$ hPa, $s = 0,10$ m^2 , $m = 100$ kg, $m_0 = 400$ kg, $g = 9,81$ m.s^{-2}, $h_1 = 2,00$ m, $T_1 = 273$ K, $\gamma = 1,40$.

EX 3 – Échauffement d'une bille en mouvement dans l'air

Une bille métallique de masse m et de capacité thermique massique $c = 0,40$ kJ.K^{-1}.kg^{-1}, est lancée depuis le sol dans le champ de pesanteur terrestre supposé uniforme ($g = 9,81$ m.s^{-2}). Le lancer est effectué selon la verticale ascendante avec une vitesse $v_0 = 10,0$ m.s^{-1}. La bille atteint une altitude h, puis redescend.

1. Déterminer l'altitude maximale h_0 que peut atteindre la bille si l'on néglige les forces de frottement fluide entre l'air et la bille. Application numérique.

2. On constate que l'altitude maximale atteinte h est inférieure à h_0 à cause des forces de frottement. Calculer la variation de température ΔT de cette bille entre l'instant initial où elle est lancée et l'instant où elle atteint son point le plus haut en supposant que :

— l'on néglige tout variation de volume de la bille
— l'air ambiant reste macroscopiquement au repos
— le travail des forces de frottement se dissipe pour moitié dans l'air ambiant et pour moitié dans la bille.

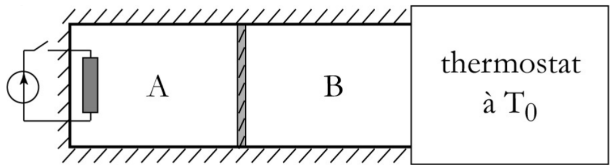
Exprimer ΔT en fonction de h_0, h, g et c. Effectuer l'application numérique avec $h = 5,0$ m.

EX 4 – Remplissage non quasi-statique d'une bouteille

On fait le vide dans une bouteille calorifugée. Puis on ouvre le robinet. La bouteille se remplit alors d'air atmosphérique qui, lorsqu'il est à l'extérieur est à la pression p_0 et la température T_0, constantes. L'air est considéré comme un gaz parfait de coefficient γ constant. Au bout d'un temps assez court, la pression dans la bouteille atteint p_0. Quelle est alors la température dans le récipient ?
On définira soigneusement le système fermé sur lequel on raisonnera.

EX 5 – Transfert thermique par une résistance électrique

Un cylindre fermé horizontal est divisé en deux compartiments A et B de même volume V_0 par un piston coulissant librement sans frottement. A et B contiennent chacun n moles de gaz parfait à la pression p_0 et à la température T_0. On note γ le rapport des capacités thermiques, pris constant. Le piston, la surface latérale du cylindre et la surface de base s_A du compartiment A sont adiabatiques. La surface de base s_B du compartiment B est diatherme.



Le compartiment A est porté très lentement à la température T_1 à l'aide d'une résistance chauffante, de volume et de capacité thermique négligeable. Le compartiment B reste à T_0 par contact thermique avec un thermostat. On suppose que les échanges thermiques entre la résistance et le gaz sont rapides et que le mouvement du piston est lent.

1. Exprimer les volumes $V_{A,f}$ et $V_{B,f}$ ainsi que la pression finale p_f correspondants à la position d'équilibre du piston. Les résultats seront donnés en fonction de T_1, T_0, n, V_0 et de la constante R des gaz parfaits.

2. **a)** Déterminer la variation d'énergie interne du gaz dans les compartiments A puis B.

b) En déduire la variation d'énergie interne du système $\{A + B\}$. (La résistance chauffante et le piston sont exclus du système).

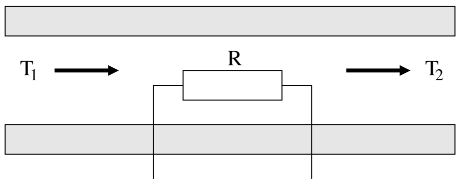
3. **a)** Quel est le travail W_B reçu par B et échangé avec A ?

b) En déduire le transfert thermique Q_1 reçu par le thermostat.

c) Déterminer le transfert thermique Q_2 fourni par la résistance chauffante, en fonction de T_0, T_1, n, R et γ.

EX 6 – Calorimétrie par effet Joule

Un fluide s'écoule lentement en régime permanent avec un débit massique D dans un cylindre horizontal aux parois rigides et calorifugées. Ce fluide est en contact avec un conducteur ohmique de résistance R, parcouru par un courant d'intensité I constante. La température en amont de la résistance est notée T_1, et la température en aval T_2.



Exprimer la capacité thermique du fluide c en fonction de U, I, D, T_1 et T_2.