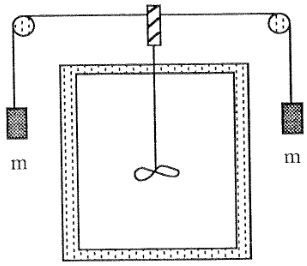
TD n°2 Thermodynamique 2014

Second Principe - Equilibre

1/ Expérience de Joule

On considère une enceinte hermétique, indéformable et calorifugée contenant une masse d'air M. Un agitateur de masse négligeable est relié via un système de poulies à deux masses m.



A l'instant initial l'agitateur est immobile, les masses m également et le gaz est dans un état d'équilibre 1 à la température T_1.

a/ Décrire l'évolution de l'état du gaz lorsqu'on lâche les masses qui chutent sur une hauteur H avant de toucher le sol.

b/ Quelles prédictions peut-on tirer du premier principe de la thermodynamique ?

c/ Dans le cas où le gaz suit un comportement de gaz parfait, calculer la variation de température entre l'état initial et l'état final. Est-il possible d'estimer la valeur de la pression à l'état final ? * On utilisera la $1^{ère}$ loi de Joule $dE=MC_vdT$ avec $Cv=R/(\mathcal{M}_{air}(\gamma_{air}-1))$

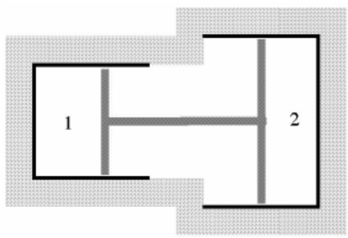
d/ L'évolution est-elle réversible ? Quantifier votre réponse.

A.N. : $T_1 = 20°C$ $H = 1$ m $M = 100$ g $m = 3$ kg $\mathcal{M}_{air} = 29$ g/mole $\gamma_{air} = 1,4$

2/ Application du Second principe pour le calcul des conditions équilibre

Soit un système constitué par les gaz 1 et 2 contenus dans des pistons de sections respectives A_1 et A_2. Ces pistons sont reliés par une tige non conductrice de la chaleur (cf schéma ci-dessous). Les parois coulissantes des pistons sont également calorifugées.

En appliquant le second principe de la thermodynamique, calculer l'équilibre thermodynamique qui est atteint aux temps longs lorsqu'on lève la contrainte d'immobilité des pistons.

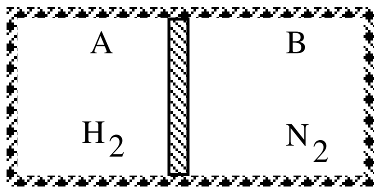


3/ Calcul d'un équilibre à partir des conditions d'équilibre et des équations d'état

On considère un cylindre parfaitement calorifugé à l'intérieur duquel peut coulisser un piston dont la paroi est rigide et diathermane. Les deux compartiments (S_A et S_B) du cylindre sont remplis par deux gaz distincts. E_a, V_a, E_b, V_b représentent respectivement les énergies internes et les volumes des gaz de chaque compartiment. ($E_a + E_b = E_0$; $V_a + V_b = V_0$). On introduit les variables réduites $x = E_a / E_0$ et $y = V_a / V_0$.

Compartiment A : - 2 moles d'hydrogène
- P = 2 bar
- T = 50 °C

Compartiment B : - 10 moles d'azote
- P = 1 bar
- T = 100 °C



Le piston peut se déplacer librement et sans frottement avec la paroi.

1°/ Lorsqu'on lâche le piston, le système évolue vers un état d'équilibre. On considère que le piston est faiblement conducteur de la chaleur. Quel équilibre est atteint le plus rapidement ? Sans écrire d'équation, décrivez ce qui se passe après avoir libéré le piston, d'une part immédiatement après, d'autre part lorsqu'on attend suffisamment longtemps : il s'agit de donner l'évolution qualitative de la pression et de la température dans chaque cavité.

2°/ Au cours de l'évolution, quelles relations pouvez-vous écrire entre les masses, les volumes et les énergies internes de chaque sous-système ?

On considérera à partir de maintenant les deux gaz comme parfaits.

3/ Caractérisez complètement les états initiaux (Masses, Volumes, Energies).

4°/ Caractérisez l'état d'équilibre final (en température, volume et pression de chaque sous-système). Pour cela on utilisera la méthode pratique qui utilise les conditions d'équilibre (P_e, T_e) et les équations d'état.

5°/ Peut-on caractériser quantitativement l'état intermédiaire où l'on n'a que l'équilibre mécanique? Sous quelles hypothèses? Effectuez le calcul.

6°/ L'évolution est-elle réversible ou irréversible? Quantifiez votre réponse. Quelles peuvent-être les sources d'irréversibilité ?