TD Premier principe de la thermodynamique

Exercice 1 : Calorimétrie - Méthode électrique

Le calorimètre utilisé est supposé parfaitement **adiabatique** et les expériences sont réalisées **à pression extérieure constante**. Il contient une masse m d'un liquide, à la température T_1, dont on souhaite déterminer la capacité thermique massique c_l. Une résistance R plonge dans ce liquide. Ce conducteur, parcouru par un courant constant I pendant une durée Δt, apporte par effet joule un transfert thermique au liquide dont la température va augmenter jusqu'à T_2.

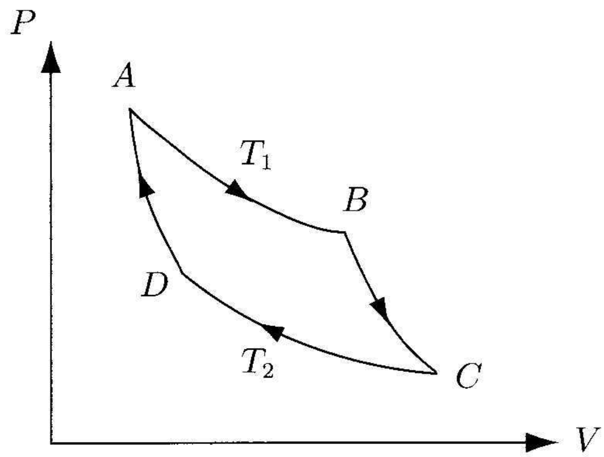
1) Exprimer la variation d'enthalpie du système constitué du liquide, du calorimètre (de capacité thermique C) et de la résistance (de capacité thermique négligeable) pendant la durée Δt en fonction de R, I et Δt.

2) Exprimer cette variation d'enthalpie en fonction de m, c_l, C, T_1 et T_2.

Exercice 2 : Cycle de Carnot d'un gaz parfait

Un système de n moles de gaz parfait décrit un cycle REVERSIBLE constitué de deux transformations isothermes et de deux transformations adiabatiques. On suppose que $T_2 < T_1$ et $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V}$ indépendant de la température. Ce cycle est représenté dans le diagramme de Watt (ou de Clapeyron) ci-dessous.

- AB : transformation isotherme à la température T_1,
- BC : transformation adiabatique,
- CD : transformation isotherme à la température T_2,
- DA : transformation adiabatique.



1) Justifier l'allure du cycle (comparer les pentes des isothermes et des adiabatiques).

2) Evaluer les transferts thermiques de chaque transformation $(Q_{AB}, Q_{BC}, Q_{CD}, Q_{DA})$ en fonction des volumes (V_B, V_A) et des températures (T_1, T_2).

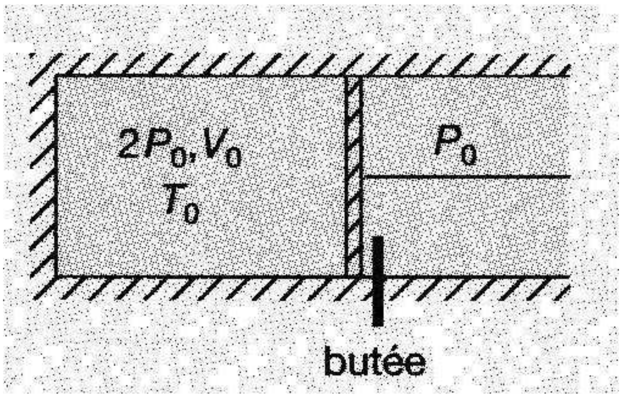
3) En déduire la relation (dite de Clausius) : $\dfrac{Q_1}{T_1} + \dfrac{Q_2}{T_2} = 0$ avec $Q_1 = Q_{AB}$ et $Q_2 = Q_{CD}$.

4) En observant le sens de parcours du cycle, s'agit-il d'un cycle moteur ou récepteur ?

5) Exprimer le travail W échangé au cours du cycle entre le système et le milieu extérieur en fonction de T_1, T_2 et Q_1. Vérifier la cohérence du résultat avec celui de la question précédente.

Exercice 3 : Transformation adiabatique monobare d'un gaz parfait

Soit un gaz assimilé à un gaz parfait (n moles, γ constante) contenu dans un cylindre horizontal parfaitement isolé thermiquement (on dit que l'enceinte est adiabatique ou que les parois sont calorifugées). Initialement le piston mobile assurant la fermeture du cylindre est bloqué par une butée. La pression extérieure est constante et notée P_0. Les paramètres d'états du gaz vérifient dans les conditions initiales : $P_i = 2P_0, V_i = V_o, T_i = T_o$ (cf. schéma ci-dessous).



On enlève la butée et le gaz se détend brusquement, oscille par rapport à sa position d'équilibre puis se stabilise, l'amortissement étant dû aux frottements visqueux du gaz. On admettra néanmoins le modèle du gaz parfait (sans interactions donc sans viscosité) pour les calculs.

1) Cette transformation est-elle réversible ?

2) Que vaut la pression finale P_f du gaz ?

3) Quelle est la conséquence énergétique du caractère adiabatique de cette transformation (on écrira le premier principe) ?

4) Exprimer la variation d'énergie interne ΔU du gaz en fonction de n, R, T_f, T_0 et γ puis en fonction de P_0, V_0, V_f et γ.

5) Exprimer le travail W échangé par le gaz avec le milieu extérieur en fonction de P_0, V_0 et V_f.

6) A l'aide des questions 4 et 5, exprimer le volume final V_f du gaz en fonction de V_0 et γ.

7) Exprimer la température finale T_f du gaz en fonction de T_0 et γ.

8) Exprimer enfin la variation d'énergie interne ΔU du gaz en fonction de P_0, V_0 et γ.

Exercice 4 : Détente de Joule - Thomson d'un gaz

Un gaz a pour équation d'état : $P(V - nb) = nRT$ et obéit à la première loi de Joule (*U* ne dépend que de *T*).

1) Donner l'expression de son enthalpie et en déduire la relation entre C_{Vm}, C_{Pm} et R pour ce gaz.

2) Ce gaz subit une détente de Joule - Thomson qui fait passer sa pression de P_1 à P_2.

a) Rappeler les conditions d'une telle détente. Quelle est sa conséquence énergétique ?

b) Calculer la variation de température du gaz ΔT en fonction de P_1, P_2, *R*, *b* et γ (On suppose que γ est indépendant de *T*).

c) *Application numérique :*
Calculer ΔT avec les valeurs : P_1 = 10 bars ; P_2 = 1 bar ; R = 8,31 $J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}$; $b = 3{,}2\cdot 10^{-5}\ m^3\cdot mol^{-1}$; γ = 1,4.