

PRATIQUE #3

Thèmes

Le premier principe de la thermodynamique
Énergie interne et enthalpie d'un gaz parfait

Connaissances requises :

- Premier principe de la thermodynamique
- Transformations isobares, isothermes, isochores et adiabatiques réversibles et irréversibles
- Travail réversible versus travail irréversible
- Énergie interne et enthalpie : dans le cas particulier des gaz parfaits, ces grandeurs d'état ne dépendent que de la température : $dU = nC_{m,v}dT$ et $dH = nC_{m,p}dT$;

Puisque $H = U + p_{ext}V$, la variation de l'enthalpie à pression constante est égale à la chaleur échangée pendant le processus : $(dH)_p = \delta Q$

Définitions :

- 1) **Enthalpie** : $H = U + p_{ext}V$
- 2) **Calorimétrie** : la calorimétrie permet la mesure des transferts thermiques. Elle se réalise usuellement dans des calorimètres adiabatiques, enceintes rigides thermiquement isolées.

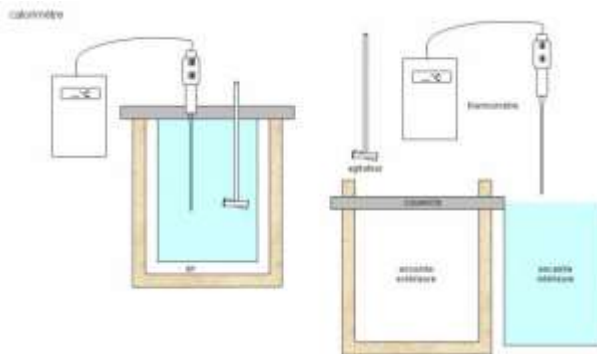


Figure 3.1 : Calorimètre. Source : <http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/IMG/calorimetre-545x319.jpg>

Exercice 1

On envisage un certain nombre de transformations faisant passer la température d'une mole de gaz parfait de 0°C à 100°C.

1. Exprimer la variation de l'énergie interne de cette mole de gaz. Dépend-elle de la nature du gaz (monoatomique, diatomique,...)? Doit-on spécifier la manière dont changent le volume et la pression ?
2. Exprimer la variation de l'enthalpie de cette mole de gaz. Dépend-elle de la nature du gaz (monoatomique, diatomique,...)? Doit-on spécifier la manière dont changent le volume et la pression ?

3. On chauffe le gaz enfermé dans un récipient. Pour réaliser l'accroissement désiré de la température, on doit fournir au gaz une quantité de chaleur égale à 1250 joules. Cette expérience permet-elle de conclure sur la nature du gaz ? De quel gaz peut-il s'agir ?
4. On chauffe maintenant le gaz à pression constante (une atmosphère). Quels sont les volumes initial et final du gaz ? Quelle chaleur faut-il fournir au gaz pour produire l'accroissement de température désiré ? Réponses : $V_i = 22,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 22,4 \text{ L}$; $V_f = 30,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 30,6 \text{ L}$
5. Exprimer l'énergie interne U du gaz en fonction de la pression p et du volume V . En déduire la variation d'énergie interne dU associée à des variations infinitésimales dp et dV .
6. L'accroissement de la température du gaz est maintenant réalisé à l'aide d'une compression adiabatique réversible. Par application du premier principe, trouver la relation qui existe entre les variations infinitésimales dp et dV de la pression et du volume. Montrer que cette relation entraîne $pV^{5/3} = \text{cst}$. Jusqu'à quel volume doit-on comprimer le gaz pour que sa température passe de 0°C à 100°C ? Réponse : $V_f = 14 \text{ L}$

Note : Pour les questions 4 et 5, on utilisera la relation : $d(xy^\alpha) = \alpha xy^{\alpha-1}dy + y^\alpha dx$

Exercice 2

0,2 mole d'oxygène sont enfermées dans un cylindre muni d'un piston sous la pression $p_0 = 2 \text{ atm}$ et à la température $T_0 = 300 \text{ K}$. Une compression amène la pression à la valeur $p_1 = 10 \text{ atm}$.

1. En supposant la transformation réversible et isotherme, calculer W , ΔU et Q .
Réponses : $W = 802,9 \text{ J}$; $\Delta U = 0$; $Q = -802,9 \text{ J}$.
2. En supposant la transformation réversible et adiabatique, calculer :
 - a. Le volume final V_1 et la température finale T_1 .
Réponse : $V_1 = 0,779 \text{ L}$; $T_1 = 476,6 \text{ K}$
 - b. Le travail fourni au gaz en fonction de T_0 et T_1 .
Réponse : $W = 725,8 \text{ J}$
 - c. La variation de l'énergie interne du gaz.
Réponse : $\Delta U = 725,8 \text{ J}$
3. En supposant la transformation irréversible et adiabatique, exprimer :
 - a. La variation de l'énergie interne en fonction de T_0 et T_1 .
 - b. Le travail fourni au gaz en fonction de p_0 , p_1 , T_0 et T_1 .
 - c. T_1 en fonction de p_0 , p_1 et T_0 . Application numérique.
Réponse (application numérique) : $T_1 = 642,9 \text{ K}$

Exercice 3

Un calorimètre supposé parfaitement isolé contient une masse $m = 200 \text{ g}$ d'eau liquide, et la température d'équilibre est $T = 24,9^\circ\text{C}$. On ajoute $m' = 157 \text{ g}$ d'eau (liquide) à la température $T' = 80,0^\circ\text{C}$; le nouvel équilibre s'établit à la température $T_f = 45,7^\circ\text{C}$.

- 1) En supposant que la pression exercée sur le système est constante, quelle est la variation de l'enthalpie du système calorimétrique?

Réponse : $\Delta H = 0$

- 2) Déterminer la capacité thermique du calorimètre.

Réponse : 246,5 J/K

Donnée : la capacité thermique massique de l'eau $c_e = 4185 \text{ J K}^{-1}\text{kg}^{-1}$.

Exercice 4

Calculer le travail échangé au cours de la compression de n moles de gaz parfait de p_2 à p_1 :

- a) Isotherme de manière réversible;
- b) Monotherme de manière irréversible :
Le piston est bloqué en position 2. On applique une pression extérieure constante et égale à p_1 .
On libère le piston.
- c) Comparer les résultats graphiquement. Quelles conclusions en tirez-vous sur la quantité de travail à fournir pour comprimer le système dans les deux cas?