Correction TD3 Travail – Calorimétrie

Exercice 1 :

Travail échangé par un gaz parfait

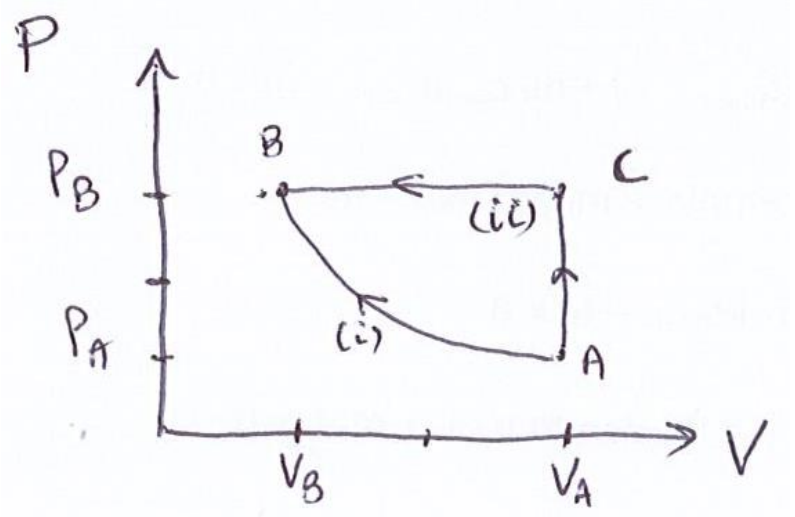
Deux moles de gaz parfait subissent une transformation réversible de l'état A (P_A; V_A; T_A) à un état final B ($P_B = 3P_A$; V_B; $T_B = T_A$), par deux chemins distincts :

- chemin (i) : AB est une isotherme.
- chemin (ii) : le système passe par un état intermédiaire C ($P_C = P_B$; $V_C = V_A$; T_C).

1. Représenter les états A, B et C, et ces deux chemins sur un diagramme (P; V).
2. Exprimer le travail échangé par le gaz lors des deux chemins, en fonction de R et T_A. Conclure.

1. A --> B isotherme $\Longrightarrow T_A = T_B \Longrightarrow P_AV_A = P_BV_B \Longrightarrow P_AV_A = 3P_AV_B \Longrightarrow V_B = V_A/3$

Le chemin (i) est donc représenté par une branche d'hyperbole.



Chemin (ii) :

A --> C isochore : droite verticale

C --> B isobare : droite horizontale

2. La transformation étant réversible, la pression du gaz $P = P_{ext}$ d'où :

$$W = \int -P_{ext}dV = \int -PdV$$

$$W_i = \int_A^B -PdV = -\int_A^B \frac{nRT}{V}dV = -nRT_A\int_{V_A}^{V_B}\frac{dV}{V}$$

$$= -2RT_A Ln\frac{V_B}{V_A} = -2RT_A Ln\frac{V_A}{3V_A} = 2.Ln3.RT_A$$

car $Ln\frac{1}{3} = -Ln3$

$W_{ii} = \int_A^B -PdV = \int_A^C -PdV + \int_C^B -PdV$

A ---> C isochore donc $dV = 0$

$\Longrightarrow \int_A^C -PdV = 0$

C ---> B isobare $\Longrightarrow \int_C^B -PdV = -P_B \int_C^B dV$

$= -P_B(V_B - V_C) = -3P_A(V_B - V_A)$

$= -3P_A(V_A/3 - V_A)$

$W_{ii} = -3P_AV_A(1/3 - 1) = -3P_AV_A(-2/3)$

$= 2P_AV_A = 2nRT_A = 4RT_A > 2.Ln3.RT_A = W_i$

Conclusion : $W_i \neq W_{ii}$: le travail dépend du chemin suivi.

Exercice 2 : Calorimétrie de l'eau tiède

On veut remplir une baignoire de 100 litres d'eau à 32 °C. On dispose pour cela de deux sources, l'une d'eau froide à 18 °C, l'autre d'eau chaude à 60 °C.

Si on néglige la capacité thermique de la baignoire et les diverses pertes thermiques, quel volume doit-on prélever à chacune des deux sources ?

Donnée : la masse volumique de l'eau est censée connue...

Eau chaude : c ; eau froide : f

Températures : $t_c = 60°C$; $t_f = 18°C$;

$t_{finale} = 32°C$

Volumes : $V_c + V_f = 100$ L

Masses : $m_c + m_f = 100 \text{ kg} = m_{tot}$ (1)

Capacité thermique massique de l'eau :

c_{eau}

On néglige la capacité thermique de la baignoire et les diverses pertes thermiques :

$\Longrightarrow Q_c + Q_f = 0$

$\Longrightarrow m_c.c_{eau}(t_{finale} - t_c) +$

$m_f.c_{eau}(t_{finale} - t_f) = 0$ (2)

On simplifie par c_{eau} et grâce à (1) on remplace m_f par $m_{tot} - m_c$ dans (2) :

$\Longrightarrow m_c(t_{finale} - t_c) + (m_{tot} - m_c)(t_{finale} - t_f) = 0$

$\Longrightarrow m_c t_{finale} - m_c t_c + m_{tot} t_{finale} - m_{tot} t_f - m_c t_{finale} + m_c t_f = 0$

$\Longrightarrow \quad - m_c t_c + m_{tot} t_{finale} - m_{tot} t_f + m_c\, t_f = 0$

$\Longrightarrow \quad m_c(t_f - t_c\ ) + m_{tot}(t_{finale} - t_f) = 0$

$\Longrightarrow \quad m_c(t_f - t_c\ ) = - m_{tot}(t_{finale} - t_f)$

$\Longrightarrow \quad \mathbf{m_c = - m_{tot} \dfrac{t_{finale} - t_f}{t_f - t_c}}$

A.N. $\quad m_c = - 100 \dfrac{32 - 18}{18 - 60}$

$= -100 \times 14 / (- 42) = 100/3$

$m_c = 33{,}3$ kg donc $\mathbf{V_c = 33{,}3\ L}$

donc $\mathbf{V_f = 66{,}7\ L}$

Exercice 3 : Température finale

Un récipient en aluminium pèse 500 g et contient 117,5 g d'eau à 20 °C. Un bloc de 200 g de fer à 75 °C est placé dans le récipient. Si aucune perte n'est observée, quelle est la température finale ?

Données : $c_p(Al) = 0{,}217\ cal.g^{-1}.K^{-1}$;

$c_p(H_2O) = 1\ cal.g^{-1}.K^{-1}$;

$c_p(Fe) = 0{,}113\ cal.g^{-1}.K^{-1}$.

Aucune perte n'est observée donc

$Q_{Al} + Q_{eau} + Q_{Fe} = 0$

Ce n'est pas dit dans l'énoncé, mais on suppose que le récipient est à 20 °C , comme l'eau.

$m_{Al}c_{Al}(T_f - T_i) + m_{eau}c_{eau}\ (T_f - T_i)$

$+ m_{Fe}c_{Fe}\ (T_f - T_i') = 0$

$$(m_{Al}c_{Al} + m_{eau}c_{eau} + m_{Fe}c_{Fe})T_f = (m_{Al}c_{Al} + m_{eau}c_{eau})T_i + m_{Fe}c_{Fe}T_i'$$

$$T_f = \frac{(m_{Al}c_{Al} + m_{eau}c_{eau})T_i + m_{Fe}c_{Fe}T_i'}{m_{Al}c_{Al} + m_{eau}c_{eau} + m_{Fe}c_{Fe}}$$

A.N. $T_f =$

$$\frac{(500 \times 0{,}217 + 117{,}5 \times 1) \times 20 + 200 \times 0{,}113 \times 75}{500 \times 0{,}217 + 117{,}5 \times 1 + 200 \times 0{,}113}$$

$T_f = 25$ °C

Exercice 4 : Fonte de la glace

Un bloc de glace de 2 kg, initialement à -10 °C, est chauffé jusqu'à la température de 80 °C.

1. Calculer l'énergie nécessaire sous forme de chaleur, à pression constante, pour réaliser cette opération.

2. On réalise cette opération avec une plaque électrique de puissance 2500 W et de rendement η = 0,6.

Calculer le temps nécessaire.

Données : c_p(glace) = 2,1 $J.g^{-1}.K^{-1}$; c_p(eau liq) = 4,18 $J.g^{-1}.K^{-1}$; ΔH_f(eau) = 334 $J.g^{-1}$.

1. **Q =** $m.c_p(\text{glace}).(T_0 - T_{-10}) + m.\Delta H_f + m.c_p(\text{eau liq}).(T_{80} - T_0)$

   = 2000 x 2,1 x (0-(-10)) + 2000 x 334 + 2000 x 4,18 x (80-0) = **1 378 800 J**

2. $Q = E_{élec} = P \times \eta \times \Delta t$ => **Δt =** $Q/(P \times \eta)$ = 1 378 800/(2500 x 0,6) = 919,2 s = **15 mn 19 s**

Exercice 5 : Capacité thermique et enthalpie de changement d'état

a) On considère un calorimètre contenant 1 L d'eau à 15 °C et on y plonge un corps de masse 200 g à une température de 50 °C. La température finale étant de 16,4 °C, calculer la capacité thermique massique de ce corps, sachant que le calorimètre participe aux échanges calorifiques, mais permet de négliger les pertes thermiques.

Données : Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 1\ cal.g^{-1}.K^{-1}$;

capacité thermique du calorimètre : $C_{cal} = 250\ cal.K^{-1}$.

Le calorimètre est aussi à 15 °C.

$m_{eau}.c_{eau}(t_f - t_{eau}) + m_{corps}.c_{corps}(t_f - t_{corps}) + C_{cal}(t_f - t_{eau}) = 0$

$$c_{corps} = \frac{(m_{eau}.c_{eau} + C_{cal})(t_{eau} - t_f)}{m_{corps}.(t_f - t_{corps})}$$

$$\text{A.N. } c_{corps} = \frac{(1000 \times 1 + 250) \times (15 - 16{,}4)}{200 \times (16{,}4 - 50)}$$

$$\mathbf{c_{corps} = 0{,}26\ cal.g^{-1}.K^{-1}}$$

b) On reprend le calorimètre contenant 1 L d'eau à 15 °C et on y plonge 50 g de glace à 0 °C. On mesure la température finale à 11,35 °C. Calculer l'enthalpie de fusion de la glace.

$$m_{eau}.c_{eau}(t_f - t_{eau}) + C_{cal}(t_f - t_{eau}) + m_{gl}.\Delta H_{fus} + m_{gl}.c_{eau}(t_f - t_{fusion}) = 0$$

$$\Delta H_{fus} = \frac{(m_{eau}.c_{eau} + C_{cal})(t_f - t_{eau}) + m_{gl}.c_{eau}(t_{fusion} - t_f)}{m_{gl}}$$

$$\text{A.N. } \Delta H_{fus} = \frac{(1000 \times 1 + 250) \times (15 - 11{,}35) + 50 \times 1 \times (0 - 11{,}35)}{50}$$

$$\mathbf{\Delta H_{fus} = 80\ cal.g^{-1}}$$