

Filière SMP/SMC – S1
Thermochimie Série 1

Corrigé

Exercice 1

1-

- État solide

Le volume dont dispose une molécule = Volume du solide / nombre de

molécules présentes dans ce volume : $v_{sol} = \frac{V}{n}$;

$$n = \frac{m(\text{solide}) \cdot N}{M(N_2)} ; \quad m(\text{solide}) = \rho \cdot V ; \quad v_{\text{solide}} = \frac{M}{\rho \cdot N} ; \quad v_{\text{solide}} = 4,5 \cdot 10^{-26} \text{ L}$$

- Etat liquide : $v_{\text{liq}} = 5,7 \cdot 10^{-26} \text{ L}$

- Etat gazeux

A $T = 273 \text{ K}$ et $P = 1 \text{ atm}$, le volume molaire $V_m = RT/P = 22,4 \text{ L}$

Le volume dont dispose une molécule est : $v_{\text{gaz}} = \frac{V_m}{N} = 3,7 \cdot 10^{-23} \text{ L}$

2- Fraction du volume occupée par les molécules :

- Etat solide : $2,4 \cdot 10^{-26} / 4,5 \cdot 10^{-26} = 0,53$ (**53 %** et 47 % de vide).

Le diazote solide correspond à un empilement compact de molécules au contact les unes des autres

- Etat liquide : $2,4 \cdot 10^{-26} / 5,7 \cdot 10^{-26} = 0,42$ (**42 %**, et 58 % de vide).

Dans l'état liquide, les molécules sont un peu moins serrées, donc légèrement plus libres par rapport à l'état solide.

- Etat gazeux : $2,4 \cdot 10^{-26} / 3,7 \cdot 10^{-23} = 6,5 \cdot 10^{-4}$ (**0,06 %**, et 99,94 % de vide).

En moyenne, à l'état gazeux, une molécule dispose d'un espace 1500 fois plus grand que son propre volume.

Pour provoquer les changements d'état, il faut vaincre les forces de cohésion entre les molécules.

L'énergie nécessaire pour faire passer les molécules à l'état gazeux est beaucoup plus grande que celle nécessaire pour leur donner seulement un peu plus de liberté dans l'état liquide.

Exercice 2

1- Dans les conditions normales de pression et de température ($P = 1 \text{ atm}$, $T = 273 \text{ K}$), une mole de gaz parfait occupe un volume de 22,4 litres.

$$PV = nRT, \quad P = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$$

a- $R = 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

b- $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

c- $R = 62,36 \text{ L. mmHg mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

d- $R = 1,99 \text{ cal. mol}^{-1}\text{.K}^{-1}$

2- l'air sec est supposé constitué de 21% de O_2 , 78% de N_2 et 1% de Ar,

a- Les pressions partielles de O_2 et N_2

$$P_{\text{O}_2} = x_{(\text{O}_2)} P_t = 0,21 \text{ atm} \quad , \quad P_{\text{N}_2} = x_{(\text{N}_2)} P_t = 0,78 \text{ atm} \text{ et } P_{\text{Ar}} = x_{(\text{Ar})} P_t = 0,01 \text{ atm.}$$

b- Dans un litre d'air, le nombre de mole d'air est : $n_{\text{air}} = PV/RT$

$$P = 1 \text{ atm} ; V = 1 \text{ L} \text{ et } T = 300 \text{ K}$$

$$n(\text{air}) = 0,0406 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{O}_2)} = x_{(\text{O}_2)} \cdot n(\text{air}) = 0,21 \cdot n(\text{air}) = 8,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m_{(\text{O}_2)} = n_{(\text{O}_2)} \cdot M_{(\text{O}_2)} = 0,273 \text{ g}$$

$$n_{(\text{N}_2)} = x_{(\text{N}_2)} \cdot n(\text{air}) = 0,78 \cdot n(\text{air}) = 3,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m_{(\text{N}_2)} = n_{(\text{N}_2)} \cdot M_{(\text{N}_2)} = 0,89 \text{ g}$$

$$n_{(\text{Ar})} = x_{(\text{Ar})} \cdot n(\text{air}) = 0,01 \cdot n(\text{air}) = 4,06 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m_{(\text{Ar})} = n_{(\text{Ar})} \cdot M_{(\text{Ar})} = 0,016 \text{ g}$$

Ou bien on applique, pour chaque gaz, la formule : $n_{(\text{O}_2)} = P_{\text{O}_2} V / RT$,
 $n_{(\text{N}_2)} = P_{\text{N}_2} V / RT$ et $n_{(\text{Ar})} = P_{\text{Ar}} V / RT$

c- La masse molaire de l'air est $M_{\text{air}} = x_{(\text{N}_2)} \cdot M_{(\text{N}_2)} + x_{(\text{O}_2)} \cdot M_{(\text{O}_2)} + x_{(\text{Ar})} \cdot M_{(\text{Ar})}$

$$M_{\text{air}} = 28,96 \text{ g/mol}$$

$$\rho_{\text{air}} = n_{\text{air}} \cdot M_{\text{air}} / V = P \cdot M_{\text{air}} / RT$$

$$\rho_{\text{air}} = 1,18 \text{ g/L} \text{ à } T = 300 \text{ K}$$

Ou bien on applique tout simplement la formule :

$$\rho_{\text{air}} = m_{\text{totale}} / V , \quad m_{\text{totale}} = m_{(\text{O}_2)} + m_{(\text{N}_2)} + m_{(\text{Ar})}$$

Exercice 3

1- La quantité de chaleur fournie par le bloc de plomb refroidi de 373K à 273K est : $Q_{\text{Pb}} = n_{\text{Pb}} \cdot C_{\text{Pb}} \cdot \Delta T = (m_{\text{Pb}} / M_{\text{Pb}}) \cdot C_{\text{Pb}} \cdot \Delta T = -6370,65 \text{ J}$

La quantité de chaleur nécessaire pour la fusion de 90 g de glace est :

$$Q = n_{\text{H}_2\text{O}(s)} \cdot L_f = (90 / 18) \cdot 5,98 = 29,9 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$|Q_{\text{Pb}}| < Q$$

→ la quantité de chaleur fournie par le bloc de plomb est insuffisante pour faire fondre toute la masse de glace.

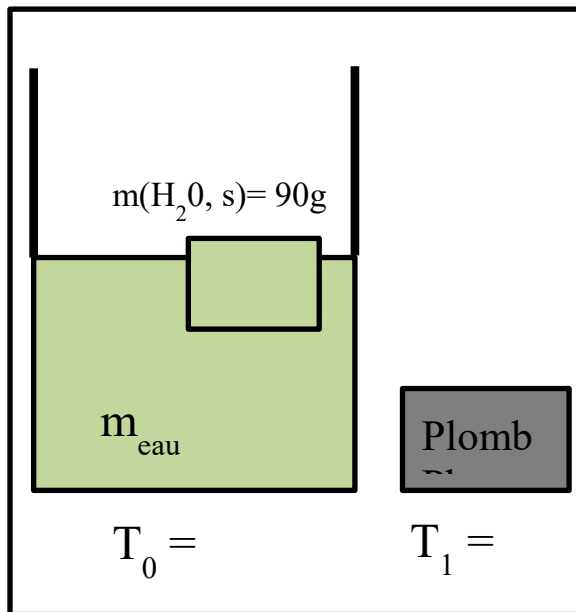
$$Q_{\text{Pb}} + Q_{\text{glace}} = 0 \text{ (en supposant qu'il n'y a pas de pertes de chaleur)}$$

$m_{1(\text{H}_2\text{O},s)}$: la masse de glace fondue après introduction du bloc de plomb.

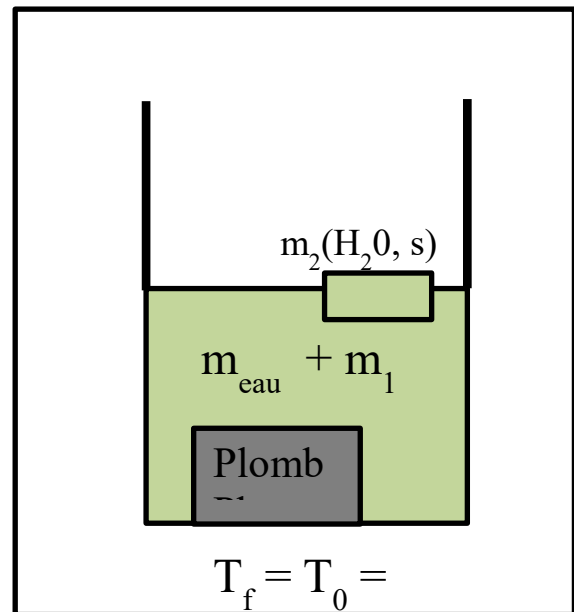
$$Q_{\text{glace}} = -Q_{\text{Pb}} = n_{1\text{H}_2\text{O}(s)} \cdot \Delta_{\text{fus}}H = (m_{1(\text{H}_2\text{O},s)} / M_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot \Delta_{\text{fus}}H .$$

$$m_{1(\text{H}_2\text{O},s)} = -Q_{\text{Pb}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} / \Delta_{\text{fus}}H \rightarrow m_{1(\text{H}_2\text{O},s)} = 19,17 \text{ g}$$

La température du milieu est donc de 0°C (équilibre entre eau et glace)



Système à l' EI



Système à l' EF

2- La quantité de chaleur fournie par le bloc d'aluminium refroidi de 100°C à 0°C est :

$$Q_{\text{Al}} = n_{\text{Al}} \cdot C_{\text{Al}} \cdot \Delta T = (m_{\text{Al}} / M_{\text{Al}}) \cdot C_{\text{Al}} \cdot \Delta T = \mathbf{-45 \text{ kJ}}$$

La quantité de chaleur nécessaire pour la fusion de 90 g de glace est :

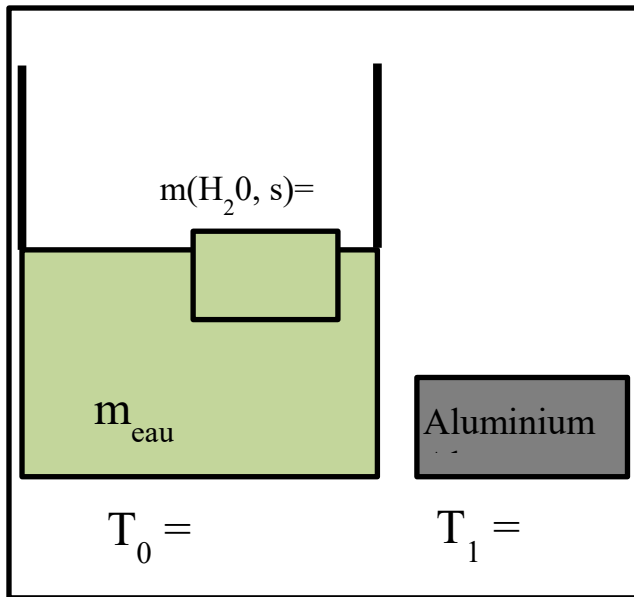
$$Q = n_{\text{H}_2\text{O}(\text{s})} \cdot L_f = (90 / 18) \cdot 5,98 = \mathbf{29,9 \text{ kJ}}$$

$|Q_{\text{Al}}| > Q$: la quantité de chaleur fournie par le bloc d'aluminium est suffisante pour faire fondre toute la masse de glace (et entraîne même l'élévation de la température de l'eau) → La température finale T_f sera supérieure à 0°C

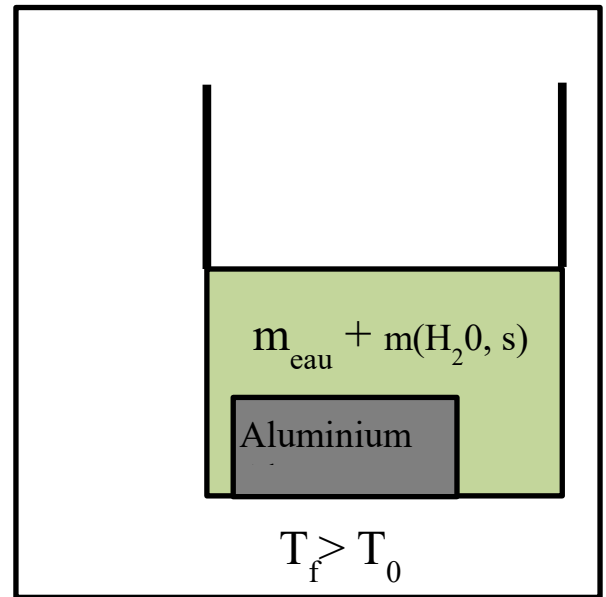
3- Q'_{Al} : quantité de chaleur fournie par le bloc d'aluminium refroidi de 100°C à la température finale T_f

En supposant qu'il n'y a pas de pertes de chaleur on a :

$$Q'_{\text{Al}} + Q + Q_{\text{eau}} = 0$$



Système à l' EI



Système à l' EF

$$n_{Al} \cdot C_{Al} \cdot (T_f - T_1) + Q + n''_{H_2O(l)} \cdot C_{H_2O(l)} \cdot (T_f - T_0) = 0 \text{ avec } T_0 = 273K \text{ et } T_1 = 373K$$

$$\left(\frac{m_{Al}}{M_{Al}}\right) \cdot C_{Al} \cdot (T_f - T_1) + \left(\frac{m_{H_2O(s)}}{M_{H_2O}}\right) \cdot L_f + \left(\frac{m_{H_2O(s)} + m_{H_2O(l)}}{M_{H_2O}}\right) \cdot C_{H_2O(l)} \cdot (T_f - T_0) = 0$$

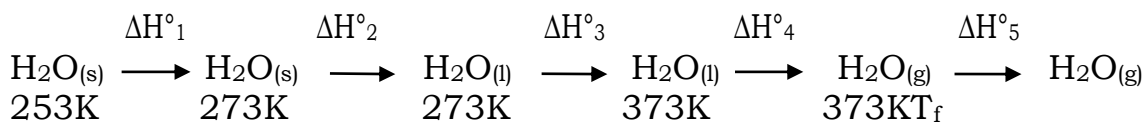
$T_f = 274,2 \text{ K}$ soit $1,2^\circ\text{C}$: la température de l'eau s'élève de $1,2^\circ$.

Exercice 4

La quantité de chaleur dégagée par la combustion de 0,5L d'essence est :

$$Q_{\text{ess}} = - \rho \cdot V \cdot E_{\text{ess}} = -17918,36 \text{ kJ}$$

Cette quantité de chaleur chauffe la masse de glace :



$$\Delta H^{\circ}_1 + \Delta H^{\circ}_2 + \Delta H^{\circ}_3 + \Delta H^{\circ}_4 + \Delta H^{\circ}_5 + Q = 0$$

$$\Delta H^{\circ}_1 = \int_{253}^{273} [C_p(H_2O, s) dT]; \quad \Delta H^{\circ}_2 = \Delta_{\text{fus}} H^{\circ}_{273}(H_2O, s) \quad ; \quad \Delta H^{\circ}_3 = \int_{273}^{373} [C_p(H_2O, l) dT]$$

$$\Delta H^{\circ}_4 = \Delta_{\text{vap}} H^{\circ}_{373}(H_2O, l) \quad \text{et} \quad \Delta H^{\circ}_5 = \int_{373}^{T_f} [C_p(H_2O, g) dT]$$

Q_{glace} : quantité de chaleur reçue par la glace

$Q_{\text{glace}} + Q = 0$ (en supposant qu'il n'y a pas de pertes de chaleur)

$$Q_{\text{glace}} = \int_{253}^{273} [m C_p(H_2O, s) dT] + m \Delta_{\text{fus}} H^{\circ}_{273}(H_2O, s) + \int_{273}^{373} [m C_p(H_2O, l) dT]$$

$$+ m \Delta_{\text{vap}} H^{\circ}_{373}(H_2O, l) + \int_{373}^{T_f} [m C_p(H_2O, g) dT]$$

$$T_f = \mathbf{1072,5K}$$

$$\text{soit } T_f = \mathbf{799,5^\circ\text{C}}$$