

Correction 1

D'après la table, la température vaut 145°C et le volume massique vaut $v_v = 446,31 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. La masse de vapeur est donnée par $m = \frac{V}{v_v} = \frac{2000}{446,31} = 4,48 \text{ kg}$.

Correction 2

La vaporisation a lieu à 100°C , donc sous une pression de 1 bar. La variation de volume massique est $\Delta v = v_G - v_L = 1,67271 - 0,0010436 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} = 1,672 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. La variation de volume de l'eau est donc $\Delta V = m \Delta v = 0,334 \text{ m}^3 = 334 \text{ L}$.

La chaleur est apportée à l'eau à pression constante. L'enthalpie massique de vaporisation est la différence $\Delta h_{\text{vap}} = h_G - h_L = 2675,72 - 419,71 = 2256 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Pour la masse d'eau donnée, la quantité de chaleur à apporter est donc $m \Delta h_{\text{vap}} = 0,2 \times 2256 = 451 \text{ kJ}$.

Correction 3

La pression vaut 0,70 bar (pression de vapeur saturante à cette température) et le volume total vaut $V = V_{\text{liquide}} + V_{\text{vapeur}} = m_L v_L + m_v v_v = 8 \times 1,036 + 2 \times 2360 = 4730 \text{ dm}^3 = 4,7 \text{ m}^3$. De même l'enthalpie totale vaut $H = m_L h_L + m_v h_v = 8 \times 377,78 + 2 \times 2659,77 = 8342 \text{ kJ}$.

Correction 4

Le volume massique de l'eau dans ce réservoir vaut $v = V / m = 1000 / 0,2 = 5 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. C'est plus que le volume massique de la vapeur saturée. Il s'agit donc de « vapeur surchauffée » (à 100%).

Correction 5

Le volume massique vaut $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Il est compris entre celui du liquide saturé et celui de la vapeur saturée. Il s'agit donc d'un mélange liquide vapeur et on peut appliquer la règle des moments. On

obtient $x_L = \frac{21,67 - 5}{21,67 - 1,4042} = 82,25\%$, soit $m_L = 0,8225 \times 10 = 8,225 \text{ kg}$ de liquide (et $x_v = 17,75\%$).

Pour vaporiser le liquide, il faut apporter :

$$Q = m_L \times \Delta H_{\text{vap}} = m_L \times (h_G - h_L) = 8,225 \times (2748,62 - 1344,63) = 11548 \text{ J}$$

Correction 6

En utilisant les lignes 300°C et 305°C pour évaluer approximativement $\frac{\Delta P}{\Delta T}$, la formule de Clapeyron donne à 300°C :

$$\Delta H_{\text{vap}} = (300 + 273,15) \times (21,67 - 1,4042) \times 10^{-3} \times \frac{(92,0166 - 85,8086) \times 10^5}{5} = 1,442 \times 10^6 \text{ J}.$$

On compare ceci à la valeur exacte obtenue avec les enthalpies massiques : à 300°C ,

$$\Delta H_{\text{vap}} = (2748,62 - 1344,63) \times 10^3 = 1,404 \times 10^6 \text{ J}$$

Correction 7

On a $\Delta h_{vap} = h_G - h_L = 2675,72 - 419,71 = 2256 \text{ kJ.kg}^{-1}$. On en déduit

$$\Delta s = \frac{\Delta h}{T} = \frac{2256}{373,15} = 6,046 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}. \text{ On vérifie que}$$

$$\Delta s = s_G - s_L = 7,3546 - 1,3087 = 6,046 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}.$$

Recondensation

Recondensation

1 Clapeyron :

$$\Delta H_{vap} = T(v_g - v_L) \left(\frac{dP}{dT} \right)_{L-G}$$

$$\text{Soit } \Delta H_{vap} = 373 \times (1,673 - 1,043 \times 10^{-3}) \times 357 \times 10^3$$

$$\Delta H_{vap} \approx 2,23 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1} \approx 2230 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

Pour 10 kg $\rightarrow Q \approx 22300 \text{ kJ}$.

2 Pression partielle d'eau dans l'atmosphère

$$P = \frac{m}{M} \frac{RT}{V} = \frac{10}{18 \times 10^{-3}} \times \frac{8,31 \times (273 + 20)}{1000}$$

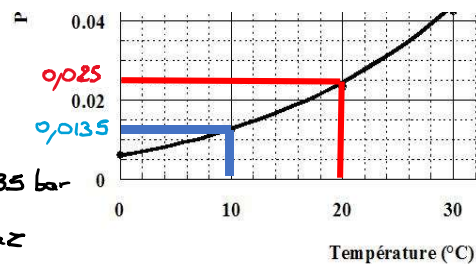
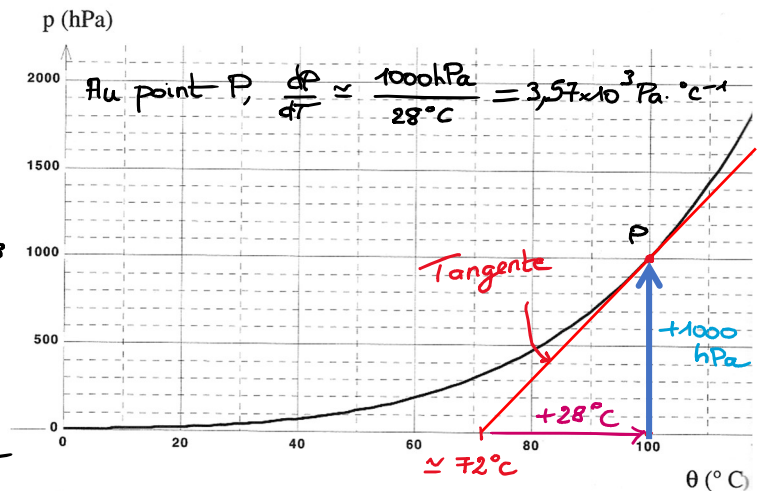
$$P = 1,35 \times 10^3 \text{ Pa} = 0,0135 \text{ bar}$$

Le graphique indique qu'à 20°C la pression de vapeur saturante vaut 0,025 bar > 0,0135 bar

$\rightarrow$ Les 10 kg d'eau restent à l'état de gaz dans la pièce.

$$\text{Taux d'humidité } \tau = \frac{0,0135}{0,025} = 54 \%$$

La pression partielle d'eau de 0,0135 bar devient supérieure à la pression de vapeur saturante si $T < 10^\circ\text{C}$ = température de rosée. Dans ce cas une partie de la vapeur est liquéfiée jusqu'à ce que $P_{H_2O} = P_{sat}$ à la température de la pièce.

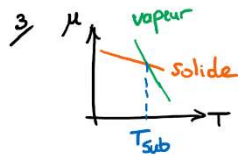


Vaporisation du diiode

$$1 \quad \mu = vdp - sdt \rightarrow \frac{\partial \mu}{\partial p} = v \simeq \frac{RT}{p} \rightarrow \mu(p, T_0) = \mu(p_0, T_0) + \int_{p_0}^p \frac{RT}{p} dp = \mu_0(p_0, T_0) + RT \ln \frac{p}{p_0}$$

$$2 \quad \text{À l'équilibre on a: } \mu(I_2, s) = \mu(I_2, g) = \mu(I_2, g, 1\text{bar}) + RT \ln(p_{\text{bar}})$$

$$\text{d'où: } p_{\text{bar}} = \exp \left[\frac{\mu(I_2, s) - \mu(I_2, g, 1\text{bar})}{RT} \right] = e^{\left(\frac{0 - 19,37 \times 10^3}{8,31 \times 298,15} \right)} = 4 \times 10^{-4} \text{ bar} = 40 \text{ Pa}$$



$$\left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_p = -s \text{ or } s_{\text{vap}} > s_{\text{solide}}, \text{ d'où l'allure des courbes.}$$

À l'intersection, on a un équilibre solide/vapeur $\rightarrow$ température de sublimation

Fusion d'une bille de glace

$$1 \quad \text{Equilibre eau-glace plane: } \mu_s(T_0, p_0) \stackrel{(1)}{=} \mu_L(T_0, p_0)$$

$$2 \quad \text{Equilibre eau-bille de glace: } \mu_s(T, p_s) \stackrel{(2)}{=} \mu_L(T, p_0)$$

$$3 \quad \text{Equations } (2) - (1) \rightarrow \mu_s(T, p_s) - \mu_s(T_0, p_0) = \mu_L(T, p_0) - \mu_L(T_0, p_0)$$

En appliquant de chaque côté la relation: $f(x, y) - f(x_0, y_0) = \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right) (x - x_0) + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right) (y - y_0)$
on obtient l'égalité demandée

$$4 \quad dG = Vdp - SdT \text{ donc } d\mu = vdp - sdt, \text{ d'où } \left(\frac{\partial \mu}{\partial p} \right)_T = v \text{ et } \left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_p = -s.$$

$$\rightarrow -s_s \times (T - T_0) + \underbrace{v_s \times (p_s - p_0)}_{\substack{\text{grandes} \\ \text{moleaires}}} = -s_L \times (T - T_0)$$

$$5 \quad s_L - s_s = \frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T_0} \text{ (ours)}$$

$$6 \quad T - T_0 = -T_0 \frac{\Delta \alpha \times v_s}{\frac{\Delta H_f}{T_0}} = -273 \times \frac{2 \times 33 \times 10^{-3}}{45 \times 10^{-6}} \times \frac{1,96 \times 10^{-5}}{61 \times 10^3} \simeq -0,013^\circ \text{C}$$