

Exercice n°1 : l'eau dans tous ses états

1) Le volume molaire de la glace à 0°C

$$v_g = \frac{1}{\rho_g}$$

$$v_g = 1,09 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$$

Le volume molaire de l'eau liquide

$$v_l = \frac{1}{\rho_l}$$

$$v_l = 1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$$

Le volume molaire de la vapeur d'eau assimilée à un gaz parfait

$$\text{En } PV = nRT = \frac{m}{M} RT \Rightarrow$$

$$v_g = \frac{V}{m} = \frac{RT}{pM}$$

$$v_g = 1,72 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$$

2) L'enthalpie molaire de condensation de l'eau à 100°C est :

$$\Delta h_{\text{cond}} = h_g - h_v = -l_{\text{vap}}$$

$$\Delta h_{\text{cond}} = -2257 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$$

L'enthalpie molaire de solidification de l'eau à 0°C est

$$\Delta h_{\text{sol}} = h_s - h_l = -l_{\text{fus}}$$

$$\Delta h_{\text{sol}} = -336,0 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$$

On a par définition $h = u + Pv$

$$\Delta h = \Delta u + \Delta(Pv) = \Delta u + P \Delta v \text{ car } P = P_0 \text{ au cours}$$

au cours d'un changement

$$\text{d'où } \Delta h_{\text{cond}} = \Delta u_{\text{cond}} + P(v_g - v_v) \Rightarrow$$

$$\Delta u_{\text{cond}} = \Delta h_{\text{cond}} - P(v_g - v_v)$$

$$\Delta u_{\text{cond}} = -2208 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$$

$$\text{et } \Delta h_{\text{sol}} = \Delta u_{\text{sol}} + P(v_s - v_l) \Rightarrow$$

$$\Delta u_{\text{sol}} = \Delta h_{\text{sol}} - P(v_s - v_l)$$

$$\Delta u_{\text{sol}} = -336 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$$

On a $\Delta u_{\text{sol}} \approx \Delta h_{\text{sol}}$ donc lors d'un changement d'état entre 2 phases condensées la variation d'énergie interne est pratiquement égale à la variation d'enthalpie ce qui n'est pas le cas lors d'une transition de phase entre une phase condensée et une phase gazeuse :

$$3) \text{ On a } \Delta h_{\text{cond}} = h_g - h_v$$

$$h_g = 416 \text{ kJ kg}^{-1}$$

Pour un changement de phase la température reste constante.

$$\Delta s_{\text{cond}} = \frac{\Delta h_{\text{cond}}}{T_{\text{cond}}}$$

$$\Delta s_{\text{cond}} = -6,051 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

$$\text{On } \Delta s_{\text{cond}} = s_g - s_v$$

$$s_g = 1,299 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

Pour un mélange eau liquide / vapeur d'eau :

$$H = m_v h_v + (m - m_v) h_l \quad H = 1815,36 \text{ kJ kg}^{-1}$$

$$S = m_v s_v + (m - m_v) s_l \quad S = 5,05 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$