

**Vaporisation irréversible sous vide - corrigé**

1 - On introduit une masse  $m$  d'eau liquide dans un récipient de volume  $V$  initialement vide. L'ensemble est maintenu à la température Celsius  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ . L'eau est prise initialement à la pression  $p_0 = 1 \text{ bar}$ , égale à la pression de vapeur saturante à la température  $t_{100}$ .

En assimilant la vapeur d'eau à un gaz parfait, déterminer la masse maximale d'eau  $m_{\text{max}}$  qui peut être totalement vaporisée dans ces conditions.

Valeurs numériques :  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $V = 1,00 \text{ L}$ .

$$m_{\text{max}} = \frac{p_0 V M_{\text{H}_2\text{O}}}{R(t_{100} + T_0)} = 0,58 \text{ g}$$

2 - Pour  $m > m_{\text{max}}$ , on notera  $x_{\text{vap}}$  le titre en vapeur à l'équilibre. Calculer la variation d'entropie du système dans cette transformation.

On notera  $L_{\text{vap}}$  la chaleur latente massique de vaporisation de l'eau à  $100^\circ\text{C}$ .

Valeurs numériques :  $L_{\text{vap}} = 2,25 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ;  $m = 1 \text{ g}$ .

Il est possible, étant donné le rapport des masses volumiques de l'ordre de 1000 entre la phase gazeuse et la phase liquide, de négliger le volume occupé par la phase liquide.

$$\Delta S = \xi \frac{\Delta_{\text{vap}} H}{T_{100}} = x_{\text{vap}} \frac{m}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \frac{\Delta_{\text{vap}} H}{T_{100}} = x_{\text{vap}} m \frac{L_{\text{vap}}}{T_{100}} = \frac{m_{\text{max}} L_{\text{vap}}}{T_{100}} = 3,50 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

3 - Pour cette transformation, calculer l'entropie échangée  $S_{\text{éch}}$  avec le milieu extérieur ainsi que l'entropie créée  $S_{\text{irr}}$  du fait de l'irréversibilité du processus.

Sans action extérieure, la vaporisation s'accompagnerait, comme toute détente gazeuse, d'une baisse de température. Dès lors que l'on nous dit que « L'ensemble est maintenu à la température Celsius  $t_{100} = 100^\circ\text{C}$  », cela signifie que de l'énergie est apportée au système sous forme de chaleur, dans le récipient de volume  $V$  supposé constant. Dans ces conditions, le système ne reçoit pas d'énergie sous forme de travail et l'on a  $Q = \Delta U$ .

De plus, la transformation étant isotherme, l'entropie échangée se calcule simplement :

$$S_{\text{éch}} = \int_{i \rightarrow f} \frac{\delta Q}{T_{\text{ext}}} = \frac{Q}{T_{100}} = \frac{\Delta U}{T_{100}}$$

La pression a même valeur  $p_0$  dans l'état initial et dans l'état final. Il existe donc une relation simple entre la variation d'énergie interne et la variation d'enthalpie, d'autant plus simple si l'on ne tient pas compte du volume minime de l'eau liquide résiduelle :

$$\Delta U = \Delta(H - pV) = \Delta H - p_0 \Delta V \approx \Delta H - p_0 V$$

Nous en déduisons :

$$\begin{cases} S_{\text{éch}} = \frac{\Delta U}{T_{100}} \approx \frac{\Delta H}{T_{100}} - \frac{p_0 V}{T_{100}} = \Delta S - \frac{p_0 V}{T_{100}} = 3,23 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \\ S_{\text{irr}} = \Delta S - S_{\text{éch}} \approx + \frac{p_0 V}{T_{100}} = 0,27 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \end{cases}$$

Remarque :  $S_{\text{irr}} > 0$  du fait de l'irréversibilité du processus.