



Série 3.2 – Corrigé

Bilan matière

On demande la quantité de vapeur de chauffe à 2 bars permettant d'évaporer 1 kg d'eau. On a donc, en utilisant les notations standard de l'évaporation, $V=1\text{kg}$. D'autre part, les équations de bilan global et partiel s'écrivent: m_A masse de solution à 1%, m_B celle à 2% et m_V celle de l'eau

- $m_A = m_B + m_V \rightarrow m_B = m_A - 1$
- $m_A x_A = m_B x_B + m_V x_V$ (X : fraction massique du sel)
- $m_A 1 = (m_A - 1) 2 + m_V 0 = 1 \text{ kg}$.
- Il s'en suit $m_A = m_B + m_V = 1 + 1 = 2 \text{ kg}$.

Bilan énergétique par les formules

En utilisant les formules fournies, on calcule la température dans l'évaporateur $T_{\text{evap}}=100\times(1)^{0.25}=100^\circ\text{C}$ et la température de la vapeur de chauffe $T_G=100\times(2)^{0.25}=118.9^\circ\text{C}$. On calcule ensuite les enthalpies de vaporisation à ces températures soit ΔH_v (1 bar)=2535- $2.9\times100=2245 \text{ kJ.kg}^{-1}$, et $L_v(2\text{bar})=2535-2.9\times118.9=2190.2 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

La quantité d'énergie à fournir à l'évaporateur correspond au chauffage de m_A de 50 à $\sim 100^\circ\text{C}$, et à la vaporisation de V à 1 bar ($\sim 100^\circ\text{C}$), soit:

Chauffage de m_A : $Q_{\text{chauf}} = m_A \times c_{pA} \times (100-50) = 2 \times 4.18 \times (100-50) = 418 \text{ kJ}$.

Vaporisation de m_V : $Q_{\text{vapo}} = m_V \times \Delta H_v(1 \text{ bar}) = 1 \times 2245 = 2245 \text{ kJ}$.

La quantité d'énergie est fournie par m_G kg de vapeur de chauffe qui se condense à 2 bar, soit $Q_G = m_G \times \Delta H_v(2 \text{ bar}) = G \times 2190.2$

Le bilan énergétique s'écrit $Q_G = Q_{\text{chauf}} + Q_{\text{vapo}}$

soit encore $Q_G = m_G \times 2190.2 = m_A \times c_{pA} \times (100-50) + m_V \times \Delta H_v(1 \text{ bar})$,
d'où l'on tire $m_G = (418+2245)/2190.2 = 1.22 \text{ kg}$.

Bilan énergétique par les enthalpies (les tables de la vapeur)

Pour écrire le bilan "enthalpies entrantes = enthalpies sortantes", on détermine tout d'abord les enthalpies massiques de tous les flux de matière, soit:

- enthalpie de l'alimentation, liquide à 50°C , $h_A = c_{pA} \times (50-0) = 4.18 \times 50 = 209 \text{ kJ.kg}^{-1}$,
- enthalpie du concentrat, liquide à 99.6°C , $h_B = c_{pB} \times (99.6-0) = 4.18 \times 99.6 = 416.3 \text{ kJ.kg}^{-1}$,
- enthalpie massique de l'évaporat, vapeur saturante à 99.6°C , $H_v = 2673.8 \text{ kJ.kg}^{-1}$,
- enthalpie massique de la vapeur de chauffe à 2 bar a, $H_G = 2704.6 \text{ kJ.kg}^{-1}$,
- enthalpie massique des condensats de la vapeur de chauffe, $h_G = 504.52 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

Les enthalpies entrantes sont $m_A h_A$ et $m_G H_G$. Les enthalpies sortantes sont $m_B h_B$, $m_V H_v$ et $m_G h_G$.

Le bilan s'écrit:

$m_A h_A + m_G H_G = m_B h_B + m_V H_v + m_G h_G$, d'où

$m_G = (m_B h_B - m_A h_A + m_V H_v) / (H_G - h_G) = (416.3 - 2 \times 209 + 2673.8) / (2704.6 - 504.52) = 1.21 \text{ kg}$.