

3.3 Second principe-Exercice 2

Une masse d'eau de 1 kg se trouve à l'état liquide dans un thermostat à -10°C , sous la pression atmosphérique normale. On fait cesser cet état d'équilibre métastable en ajoutant un germe de glace.

a-Calculer la variation d'entropie de l'eau.

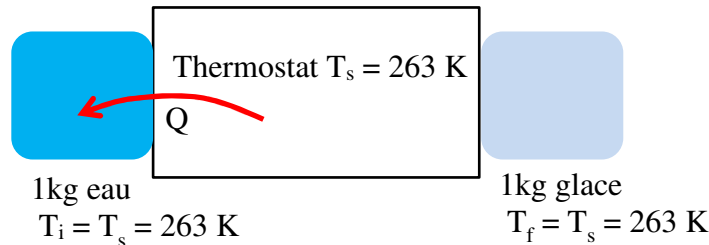
b-Calculer la variation d'entropie du thermostat.

c-Calculer la variation d'entropie du système isolé constitué par l'eau et son thermostat.

Données :

- chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L = 336.10^3 \text{ J.kg}^{-1}$
- capacité thermique massique de l'eau à pression constante : $c_e = 4,2.10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- capacité thermique massique de la glace à pression constante : $c_g = 2,1.10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- variation d'entropie d'une phase condensée entre un état initial et un état final : $\Delta S_{\text{phase condensée}} = mc \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$

a-



On décompose la transformation de l'eau en trois étapes :

- 1- Eau liquide qui passe de T_i à $T_0 = 0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$: $\Delta S_1 = c_e \ln \frac{T_0}{T_i}$
- 2- Gel de l'eau à T_0 : $\Delta S_2 = \frac{-L}{T_0}$
- 3- Glace qui passe de T_0 à T_i : $\Delta S_3 = c_g \ln \frac{T_i}{T_0}$

Donc : $\Delta S_{\text{eau}} = (c_e - c_g) \ln \frac{T_0}{T_i} - \frac{L}{T_0}$ A.N : $\Delta S_{\text{eau}} = -1,152.10^3 \text{ J.K}^{-1}$

b-Deuxième principe au thermostat en évolution réversible : $\Delta S_{\text{thermostat}} = \frac{-Q}{T_s}$

Premier principe pour l'eau en évolution monobare : $\Delta H_{\text{eau}} = Q$

Avec la même décomposition qu'au a- : $\Delta H_{\text{eau}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = c_e(T_0 - T_i) - L + c_g(T_i - T_0)$

Donc : $\Delta S_{\text{thermostat}} = -\frac{c_e(T_0 - T_i) - L + c_g(T_i - T_0)}{T_i}$ A.N : $\Delta S_{\text{thermostat}} = 1,200.10^3 \text{ J.K}^{-1}$

c- $\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{eau}} + \Delta S_{\text{thermostat}}$ A.N : $\Delta S_{\text{total}} = 48 \text{ J.K}^{-1}$

Le deuxième principe pour l'ensemble isolé donne : $\Delta S_{\text{total}} = S_{\text{échange}} > 0$ La transformation est irréversible.