

DM de physique n° 25 (autocorrection)

Exercice : Refroidissement d'une vapeur d'eau

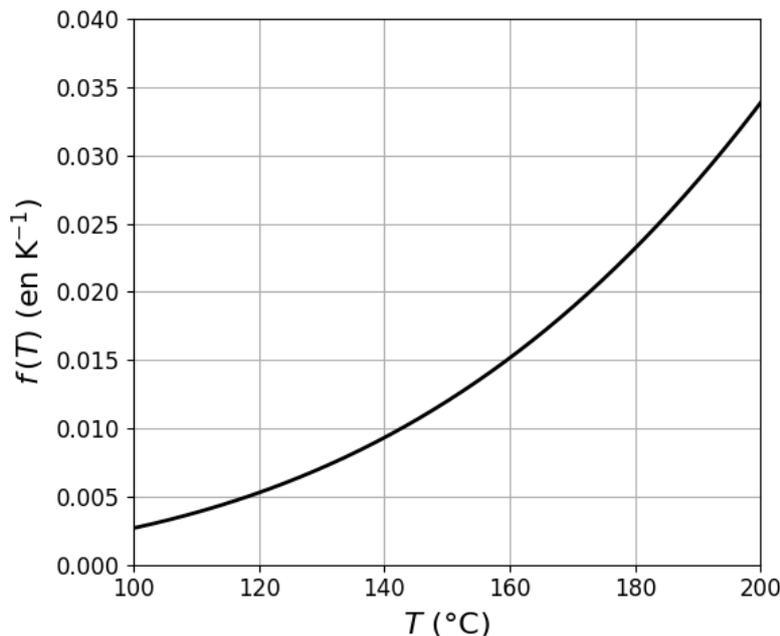
Une enceinte de volume fixe $V = 50\text{L}$, initialement vide, est maintenue à la température $T_1 = 200^\circ\text{C}$. On introduit une masse d'eau $m = 110\text{g}$ à l'intérieur et on attend que l'équilibre soit atteint, puis on refroidit très lentement le système jusqu'à $T_2 = 100^\circ\text{C}$. La vapeur d'eau est assimilée à un gaz parfait.

Données : Masse molaire de l'eau : $M = 18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, volume molaire de l'eau liquide supposé indépendant de la température : $v_L = 1,0 \cdot 10^{-3}\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, coefficient de Laplace de la vapeur d'eau : $\gamma = C_P/C_V = 1,3$, enthalpie de vaporisation de l'eau à $T_2 = 100^\circ\text{C}$: $L_{\text{vap}}(100^\circ\text{C}) = 2257\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, constante des gaz parfaits : $R = 8,31\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Fonction d'état entropie massique de la vapeur d'eau : $s(T, P) = \frac{\gamma R}{(\gamma-1)M} \ln T - \frac{R}{M} \ln P + \text{Cste}$.

Pour une température comprise entre 100°C et 200°C la formule suivante (appelée *loi de Duperray*) décrit de façon approchée les variations de la pression de vapeur saturante de l'eau avec la température : $P_{\text{sat}} = P_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4$, avec $P_0 = 1,013\text{bar}$ et T la température exprimée en degrés Celsius.

Le graphe de la figure ci-dessous montre les variations de la fonction $f : T \mapsto \frac{1}{T+273,15} \left(\frac{T}{100}\right)^4$ dans l'intervalle $100^\circ\text{C} \leq T \leq 200^\circ\text{C}$.



1. Justifier que l'eau est entièrement sous forme vapeur dans l'état d'équilibre initial à la température T_1 .
2. Déterminer la température à laquelle la première goutte d'eau liquide apparaît.
3. Déterminer la composition du système dans l'état final de température T_2 .
4. Tracer l'allure du chemin suivi sur un diagramme de Clapeyron.
5. Déterminer littéralement et numériquement la variation d'enthalpie ΔH et la variation d'entropie ΔS de l'eau au cours de cette transformation. On utilisera un chemin fictif bien choisi et représenté sur le diagramme de Clapeyron.