

DM9 – à rendre le 13 décembre 2021

Pression de vapeur saturante

Soit de l'eau à l'équilibre liquide-vapeur.

- Comment varie la pression d'un mélange liquide-vapeur évoluant à température constante lors d'un changement d'état ? On pourra justifier la réponse par un rapide calcul de variance.
- On admet que l'enthalpie massique de vaporisation $\Delta h = h_V - h_L = \ell_v$ vérifie la relation dite de Clapeyron :

$$\ell_v = T(v_V - v_L) \frac{dP_s}{dT}$$

où v_V et v_L sont les volumes massiques respectivement de la vapeur saturante et du liquide saturant, et $P_s(T)$ la pression de vapeur saturante à la température T . On suppose que ℓ_v est indépendante de la température et que $v_V \gg v_L$.

- Justifier l'approximation $v_V \gg v_L$ en comparant numériquement le volume massique d'un gaz parfait dans les conditions normales de température et de pression et celui de l'eau liquide.
- Les coordonnées d'un point de la courbe de vaporisation de l'eau sont rappelés : $P_s(T_0) = P^\circ = 10^5 \text{ Pa}$ avec $T_0 = 373 \text{ K}$. Simplifier la relation de Clapeyron et établir par intégration la relation approchée dite de Rankine utilisée dans la suite du problème :

$$\ln P_s = A - \frac{B}{T} \quad \text{avec } A \text{ et } B \text{ des constantes : } A = \ln P^\circ + \frac{M_e \ell_v}{R} \frac{1}{T_0} ; B = \frac{M_e \ell_v}{R}$$

T_0 est la température d'ébullition de l'eau sous P° , M_e est la masse molaire de l'eau

- Calculer numériquement P_s pour les températures 278 K et 300 K, ainsi que ℓ_v . Les valeurs numériques utiles sont : $A = 13,28$ et $B = 4952 \text{ K}$ lorsque P_s est exprimée en bars et T en K.

Enthalpie de vaporisation

Un récipient calorifugé contient de l'eau. Il est placé sur une balance monoplateau (Figure 1).

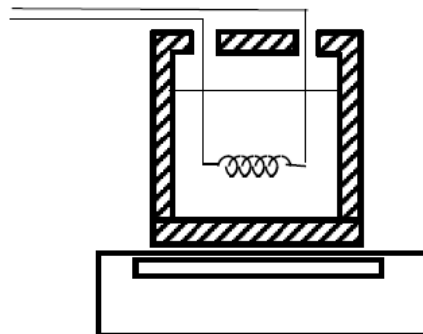


Fig. 1

Un thermoplongeur de puissance $\mathcal{P} = 350 \text{ W}$ est immergé dans le récipient et porte l'eau à ébullition donc à 100°C sous la pression de 1 bar approximativement. La balance permet de mesurer la masse m d'eau évaporée pendant la durée t , à partir de l'ébullition. La puissance thermique perdue, qui ne sert pas à chauffer l'eau, est supposée constante et notée Φ .

- Établir la relation entre l'enthalpie de vaporisation ℓ_v , m , Φ , t et \mathcal{P} .
- On réalise une première expérience qui permet de mesurer $m = m_1 = 21 \text{ g}$ pour $t = 3 \text{ min}$.

Dans une deuxième expérience, on ajoute dans le récipient un deuxième thermoplongeur identique au précédent et on obtient $m = m_2 = 49 \text{ g}$ pour la même durée t .

- Écrire le système de deux équations vérifié par ℓ_v et Φ , et faisant intervenir m_1 , m_2 , \mathcal{P} et t . Exprimer ℓ_v en fonction de m_1 , m_2 , \mathcal{P} et t .
- En déduire la valeur de l'enthalpie de vaporisation ℓ_v et comparer à la valeur obtenue à la question 3.