

Devoir en temps libre n°1

Partie I. Transformations physiques de l'éthanol

Voici quelques données concernant l'éthanol (espèce chimique moléculaire, qu'on pourra symboliser par la lettre « E ») :

Température de fusion : $\theta_{\text{fus}} = -114\text{ °C}$

Température d'ébullition : $\theta_{\text{eb}} = +79\text{ °C}$

Pression au point triple : $p_{\text{T}} = 4.10^{-4}\text{ Pa}$

Température au point triple : $\theta_{\text{T}} = -123\text{ °C}$

Pression critique : $p_{\text{C}} = 61\text{ bar}$

Température critique : $\theta_{\text{C}} = +241\text{ °C}$

Pression de vapeur saturante à 20 °C : $p_{\text{v},20} = 5,8\text{ kPa}$

Densité à 20 °C : $d_{20} = 0,789$

Masse molaire : $M = 46,1\text{ g.mol}^{-1}$.

Le corps pur

1. Tracer l'allure du diagramme de phases (θ , p) de l'éthanol. Y inscrire les zones de stabilité des états solide (S), liquide (L), gazeux (G) et supercritique (SC).
2. Sans tenir compte de l'échelle, placer les points triple T, critique C, de fusion F et d'ébullition E sur le diagramme précédent, à partir des données fournies (inscrire les valeurs de leurs coordonnées sur les axes, en choisissant le degré Celsius comme unité de température et le bar comme unité de pression).
3. On trouve dans une table que le volume molaire de l'éthanol supercritique est de $V_{m,sc} = 0,168\text{ L.mol}^{-1}$. En déduire la valeur de la densité de cet éthanol supercritique. Commenter cette valeur par comparaison avec celle de la densité d_{20} figurant dans les données.
4. Proposer un protocole pour réaliser une expérience permettant d'observer la sublimation de l'éthanol. En s'appuyant sur le diagramme de phases, expliquer comment évolueraient la pression et la température si on suivait votre protocole.

Évaporation de l'éthanol dans l'air

On considère une enceinte hermétiquement fermée, munie d'un piston mobile, et placée à la température constante de $\theta = 20\text{ °C}$. L'enceinte contient initialement $V_0 = 20\text{ mL}$ d'air sous $p_0 = 1,00\text{ bar}$ et une masse $m = 100\text{ mg}$ d'éthanol liquide, de volume négligeable par rapport à celui de l'air.

On ne s'intéressera pas à la composition de l'air ; on le considérera comme un seul et même gaz, dont on notera n_{air} la quantité de matière et x_{air} la fraction molaire. Dans l'état initial, l'air ne contient pas de vapeurs d'éthanol, on a donc $x_{\text{air},0} = 1$.

5. Le piston étant bloqué, on laisse évoluer le système initial décrit précédemment jusqu'à un état final, où l'air contient maintenant une fraction molaire x_E d'éthanol.

Déterminer la valeur de x_E dans cet état final. Reste-t-il de l'éthanol liquide dans l'enceinte à l'issue de cette transformation ?

- On tire maintenant lentement sur le piston, le système restant constamment à la température ambiante de $\theta = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Décrire les phénomènes observés. Observe-t-on une situation de « rupture d'équilibre » ? Si oui, calculer pour quel volume et quelle pression elle se produit.

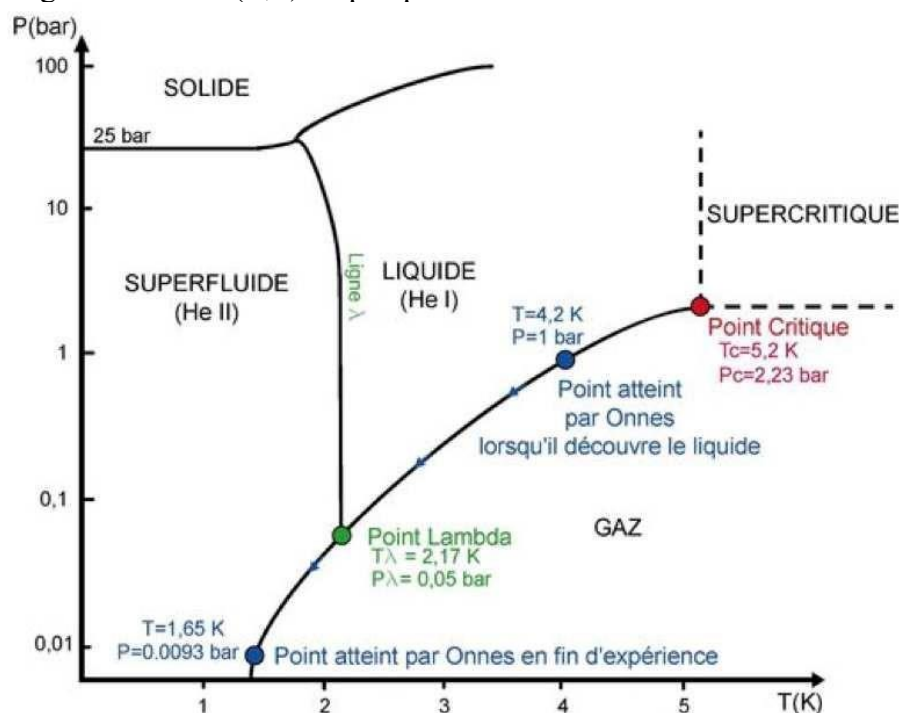
Préparation d'une solution aqueuse d'éthanol

On introduit 5,00 mL d'éthanol dans une fiole jaugée de 50 mL. On ajoute progressivement de l'eau distillée, en agitant régulièrement, puis on ajuste au trait de jauge et on agite à nouveau. Ces opérations sont menées à la température de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Calculer la concentration en éthanol en mol.L^{-1} de la solution ainsi préparée.
- Donner la définition de la fraction massique de l'éthanol dans ce mélange. Peut-on la calculer avec les données dont on dispose ? Sinon, quelle grandeur pourrait-on facilement mesurer en préparant la solution pour pouvoir calculer cette fraction massique ?

Partie II. Diagramme d'état de l'hélium

L'hélium a un diagramme d'état (P, T) un peu particulier :



- À l'aide d'une recherche (sur internet ou à la bibliothèque), présenter les propriétés physiques principales de l'état superfluide (en français ou en anglais, 5 lignes maximum).
- Quel est l'état physique de l'hélium dans un ballon de fête gonflé à $P = 1,2\text{ bar}$?
- Décrire les phénomènes observés quand on comprime le ballon à T constante. Peut-on observer la formation de $\text{He}_{(s)}$? Peut-on observer la formation de $\text{He}_{(l)}$?
- Pour $P = 1\text{ bar}$, on refroidit de l'hélium. Décrire les phénomènes observés.
- Pourquoi utilise-t-on l'hélium et pas l'air pour gonfler les ballons de fête ?

Données :

$M(\text{He}) = 4,0\text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{N}) = 14,0\text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0\text{ g.mol}^{-1}$.

L'air est assimilable à un mélange $\text{O}_2\text{-N}_2$ avec 80% de N_2 .