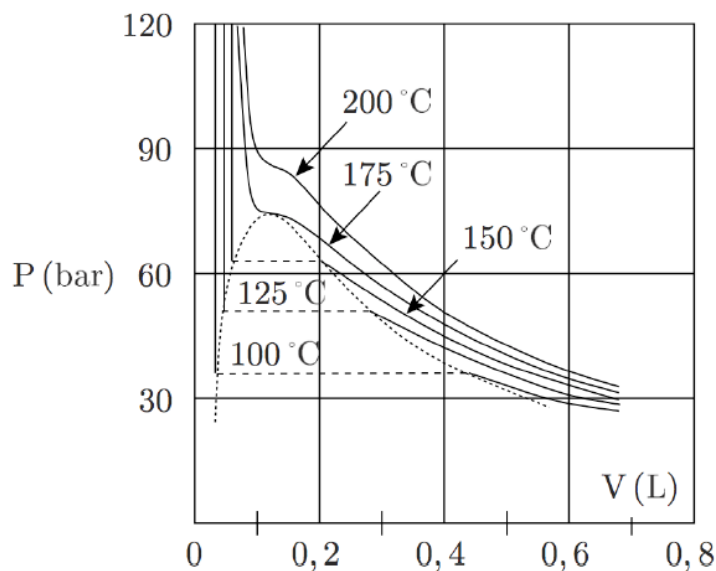


T4 : CHANGEMENTS D'ÉTAT

Exercice 1 : Isothermes d'Andrews

La figure ci-dessous représente un ensemble de courbes expérimentales appelées isothermes d'Andrews, représentant la pression P d'une mole de fluide en fonction du volume molaire, pour différentes températures.



- Déterminer les coordonnées (P_c, V_c) du point critique.
- Indiquer la courbe de rosée et la courbe d'ébullition.
- Préciser l'état physique et calculer, s'ils sont définis, les titres massiques x_V et x_L de la vapeur et du liquide pour :
 - $V = 0,6 \text{ L}$ et $T = 110^\circ\text{C}$.
 - $p = 110 \text{ bar}$ et $T = 200^\circ\text{C}$.
 - $V = 0,2 \text{ L}$ et $T = 125^\circ\text{C}$.
- Que vaut le volume molaire de la vapeur saturante à la pression de 40 bar ?

Exercice 2 : Détermination de l'enthalpie massique de fusion de la glace

On introduit $m_g = 40 \text{ g}$ de glace, initialement à $T_1 = -18^\circ\text{C}$, dans un calorimètre contenant $m = 300 \text{ g}$ d'eau, l'eau étant initialement à $T_2 = 25^\circ\text{C}$. La capacité thermique du calorimètre est $C = 150 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$. On mesure, une fois le mélange effectué $T_f = 12,9^\circ\text{C}$.

On donne $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $c_{\text{glace}} = 2060 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- En supposant que les glaçons fondent totalement et atteignent la température T_f , exprimer la variation d'enthalpie des glaçons.
- En déduire l'enthalpie massique de fusion de la glace.

Exercice 3 : Cycle de Rankine

Un moteur fonctionne avec une masse m d'eau. Cette masse d'eau subit les transformations suivantes :

- AB : transformation isotherme (le point A étant du liquide saturant à la température T_1 et à la pression P_1 ; le point B à une pression P_2) ;
- BC : échauffement réversible isobare qui amène l'eau à la température T_2 ; le point C est constitué de liquide saturant ;
- CD : vaporisation totale sous la pression P_2 et à la température T_2 ;
- DE : détente adiabatique réversible jusqu'à la température T_1 ;
- EA : liquéfaction totale à la température T_1 .

La capacité thermique massique de l'eau liquide vaut : $c_{\text{liq}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. Dans le tableau suivant, on donne les caractéristiques des points se trouvant sur la courbe de saturation aux pressions P_1 et P_2 .

P bar	T K	v_ℓ $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	v_g $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	h_ℓ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	h_g $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
$P_1 = 0,250$	338,15	$1,02 \times 10^{-3}$	6,202	272,02	2618,4
$P_2 = 1,208$	378,15	$1,05 \times 10^{-3}$	1,419	440,17	2683,7

La variation d'entropie massique d'un liquide pour une transformation d'une température T_A à une température T_B :

$$\Delta s_{\text{AB}} = s_B - s_A = c_{\text{liq}} \ln \left(\frac{T_B}{T_A} \right)$$

- Tracer l'allure de deux isothermes d'Andrews dans le diagramme de Clapeyron. On fera apparaître la courbe de saturation. Dessiner l'allure du cycle sur ce même diagramme.
- (a) Montrer que la variation $s_B - s_A$ est nulle.
(b) Exprimer $s_C - s_B$ en fonction de c_{liq} , T_1 et T_2 .
(c) Exprimer $s_D - s_C$ en fonction de $h_g(T_2)$, $h_\ell(T_2)$ et T_2 .
(d) Calculer $s_E - s_D$.
- Énoncer le théorème des moments.
- Soit x la fraction massique de vapeur en E. Déterminer x littéralement puis numériquement.
- Calculer les transferts thermiques massiques échangés lors des transformations BCD et EA.
- La transformation AB est approximativement isochore. Déterminer le rendement du cycle. Faire l'application numérique.

Exercice 4 : Calorimétrie

On utilise un calorimètre de capacité $C = 246 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, préalablement vidé. On y place $m = 100 \text{ g}$ d'eau à la température $\theta = 18^\circ\text{C}$ en équilibre thermique avec le vase intérieur et une masse $m_g = 50 \text{ g}$ de glace sèche à 0°C . Calculer la température d'équilibre.

Exercice 5 : Résolution de problème : coca-cola

On sort une bouteille de coca-cola de la cave où il faisait 15°C . On sert un verre de 25 cL. Estimer le nombre de glaçons de 10 g qu'il faut ajouter pour que la température du coca descende à 5°C .

Exercice 6 : Résolution de problème : transpiration

Estimer la quantité d'eau par jour que doit transpirer le corps humain s'il fait 37°C .