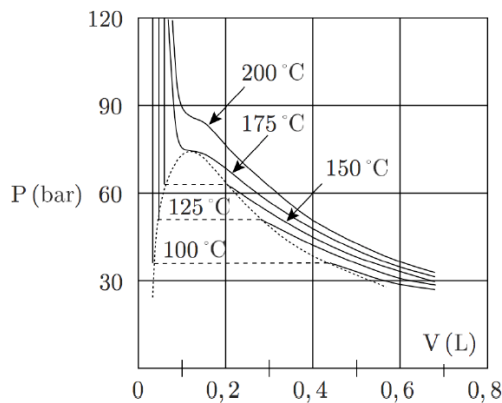


T4 : CHANGEMENTS D'ÉTAT

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 : Calorimétrie

Dans un calorimètre parfaitement isolé de capacité thermique $C = 150 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, on 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 $m_g = 25 \text{ g}$ de glace sèche à 0°C . Calculer la température d'équilibre.

Données : $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $\Delta h_{\text{fus}} = 335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

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 :

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

La variation d'entropie massique lors d'un changement d'état est :

$$\Delta s = \frac{\Delta h}{T}$$

où Δh est la variation d'enthalpie massique lors du changement d'état et T la température du changement d'état.

1. 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.
2. (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 $h_g(T_2)$, $h_l(T_2)$ et T_2 .
 (d) Calculer $s_E - s_D$.
3. Énoncer le théorème des moments.
4. Soit x la fraction massique de vapeur en E. On admet que l'on peut appliquer le théorème des moments pour l'entropie. Déterminer x littéralement puis numériquement.
5. Calculer les transferts thermiques massiques échangés lors des transformations BCD et EA.
6. Déterminer le rendement du cycle. 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 que doit transpirer le corps humain s'il fait 37°C .