

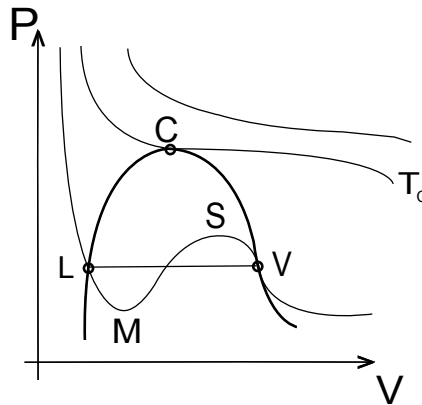
Changements d'état d'un corps pur:

Exercice 1. Point critique, équation réduite :

Une mole d'un gaz réel obéit à l'équation de Van der Waals :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

avec $a = 5,75 \cdot 10^{-4} \text{SI}$, $b = 9,73 \cdot 10^{-4} \text{SI}$. Pour une certaine température critique, l'isotherme dans le diagramme de Clapeyron ($P;V$) admet en C une tangente horizontale avec point d'inflexion.



1. Donner les expressions de T_C , P_C et V_C en fonction de a , b et R .
2. On définit les variables réduites par $P_r = P/P_C$, $V_r = V/V_C$ et $T_r = T/T_C$. Ecrire l'équation de Van der Waals avec ces nouvelles variables.
3. Comment peut-on interpréter l'allure de l'isotherme $T < T_C$ présentant un maximum S et un minimum M au lieu du palier LV attendu ?

Exercice 2. Variation d'entropie dans un mélange eau glace :

Dans un récipient calorifugé contenant une masse $M = 1 \text{kg}$ d'eau à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, on place un bloc de glace à $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$ de masse $m = 500 \text{g}$.

1. Déterminer la composition et la température du mélange à l'équilibre.
2. Déterminer la variation d'entropie :
 - (a) de la masse M d'eau initialement liquide,
 - (b) de la masse m d'eau initialement solide.

La transformation est-elle réversible ?

On donne :

- Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$,
- Chaleur latente de fusion de la glace : $L = 336 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

Exercice 3. *Etude entropique d'une machine frigorifique :*

1. On considère un point A_0 de la courbe d'ébullition à la température T_0 : en ce point limite, le fluide est liquide. On pose l'entropie massique du fluide égale à s_0 .
 - (a) Représenter en coordonnées (P, V) la courbe de saturation ainsi que les isothermes d'Andrews T_C , T_0 et T_1 telle que $T_0 < T_1 < T_C$.
 - (b) Evaluer l'entropie massique du fluide en un point A de la courbe d'ébullition à T_1 en supposant la capacité thermique massique c_l du liquide constante au cours de l'ébullition.
 - (c) A partir de A_0 , on effectue une vaporisation isotherme jusqu'au point $M(x)$ où x est le titre massique en vapeur. On appelle l_0 l'enthalpie massique de vaporisation à T_0 . Déterminer l'entropie massique du fluide en $M(x)$.
2. On considère le cycle de transformations réversibles $DABCD$ réalisée à partir du point D sur la courbe de rosée pour une masse unité de fluide :
 - DA liquéfaction isotherme à la température T_1 . On parcourt la totalité du palier de liquéfaction.
 - AB détente isentropique qui amène le fluide dans un état B défini par la température T_0 et un titre x_1 .
 - BC vaporisation isotherme jusqu'à l'intersection C avec la courbe isentropique passant par D . L'état C est caractérisé par le titre x_2 .
 - (a) Représenter le cycle $DABCD$ sur le diagramme (P, V) .
 - (b) Calculer les valeurs des titres x_1 et x_2 en fonction de c_l , T_0 , T_1 et des enthalpies massiques de vaporisation l_0 et l_1 aux températures T_0 et T_1 .
 - (c) Calculer les énergies thermiques q_0 et q_1 échangées avec le milieu extérieur par unité de masse du fluide au cours des transformations isothermes à BC et DA .
 - (d) Calculer le travail w reçu par unité de masse du fluide au cours du cycle en appliquant le premier principe de la thermodynamique.
3. Le système précédent constitue une machine frigorifique qui consomme du travail et enlève de l'énergie thermique à une source froide à $T_0 < T_1$.
 - (a) Exprimer l'efficacité e_f en fonction de T_0 et T_1 .
 - (b) Sachant que $T_0 = 268\text{K}$ et $T_1 = 288\text{K}$, calculer e_f .