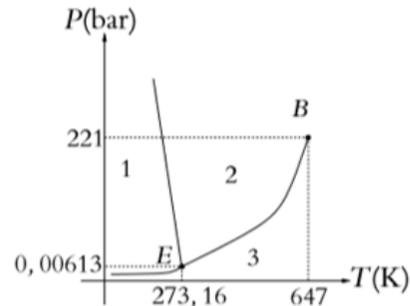


TD Changements d'états

Exercice 1 : Transitions (214, 215, 216, 217)

1. Reproduire ce diagramme et le compléter en donnant les domaines d'existence des différentes phases et en définissant les points caractéristiques.



1. Définir la pression de vapeur saturante et préciser de quel(s) paramètre(s) elle dépend.
2. Comment appelle-t-on le passage de la vapeur au liquide ?
3. Représenter le diagramme donnant la pression en fonction du volume massique pour la transformation correspondante. On définira les domaines et on tracera les courbes de rosée et d'ébullition.

Soit une enceinte cylindrique diathermane de volume initial $V = 10 \text{ L}$, ce volume pouvant être modifié en déplaçant sans frottement un piston. L'ensemble est maintenu sous la pression atmosphérique à la température $T = 373 \text{ K}$. A cette température la pression de vapeur saturante vaut $1,0 \text{ bar}$. La vapeur d'eau sèche et saturante sera considérée comme un gaz parfait. On néglige le volume occupé par la phase liquide devant le volume occupé par la vapeur, ainsi le volume de la phase gazeuse est égal au volume total de l'enceinte. Le cylindre étant initialement vide, on introduit, piston bloqué, une masse m d'eau.

4. Déterminer la masse maximale m_{max} d'eau qu'on peut introduire pour que l'eau soit entièrement sous forme vapeur. On donnera sa valeur en

fonction de R , T , V , p_s la pression de vapeur saturante et M_{eau} la masse molaire de l'eau.

On considère que la masse d'eau introduite est inférieure à m_{max} .

5. Dans quel état se trouve l'eau ?
6. Pour obtenir l'équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'eau, faut-il augmenter ou diminuer le volume ? Déterminer le volume limite V_{lim} à partir duquel on a cet équilibre.

La masse m' d'eau introduite est telle qu'on a l'équilibre entre les phases liquide et vapeur.

7. Déterminer la fraction massique d'eau sous forme vapeur.

Exercice 2 : Tables (215, 217, 233)

Des mesures calorimétriques très précises ont permis d'établir des tables thermodynamiques pour l'eau. Les grandeurs sont données pour la vapeur (indice g) et pour le liquide (indice l) dans les conditions de l'équilibre liquide/vapeur :

- h_l et h_g : enthalpies massiques.
- s_l et s_g : entropies massiques.
- v_l et v_g : volumes massiques.

Par convention, on a pris $h_l = 0 \text{ J/kg}$ et $s_l = 0 \text{ J/K/kg}$ à 0°K .

$t(^{\circ}\text{C})$	p_{sat} (bar)	v_l (m^3 /kg)	v_g (m^3 /kg)	h_l (kJ /kg)	h_g (kJ /kg)	s_l (kJ /kg /K)	s_g (kJ /kg /K)
25	0,0317	0,00100	43,41	104,74	2546,4	0,3669	
100	1,0132	0,00104	16,73	418,38	2674,4	1,3063	
110	1,4326	0,00105	1,210	461,13	2689,6	1,4179	
150	4,760	0,00109	0,3924	631,9	2744,5	1,8409	

1. Compléter le tableau avec les valeurs de s_l .
2. Le modèle de la phase condensée idéale pour l'eau liquide et celui du gaz parfait pour l'eau vapeur sont-ils pertinents entre 25°C et 110°C ?

Dans un récipient de volume constant $V = 10\text{ L}$ initialement vide, on introduit 100 g d'eau, puis le système se met à l'équilibre thermodynamique sous deux phases à la température ambiante de 25°C (T_1). On le chauffe jusqu'à la température de 110°C (T_2). Le système se met à l'équilibre thermodynamique sous deux phases.

3. Déterminer le transfert thermique reçu par l'eau pendant le chauffage. On fera une hypothèse sur le volume occupé par l'eau liquide et on évaluera l'ordre de grandeur de l'erreur commise avec cette approximation.

Une chaudière sous pression contenant de l'eau liquide et de la vapeur d'eau en équilibre est maintenue à 150°C . De l'eau liquide, prélevée dans la chaudière, s'échappe en passant par un détendeur ; et le fluide ressort à la pression atmosphérique, égale à $1,013\text{ bar}$, avec une énergie cinétique négligeable.

4. Déterminer la composition du fluide à la sortie du détendeur, si on suppose la détente adiabatique.

Dans un cylindre muni d'un piston mobile, initialement vide, on introduit 1 g de vapeur d'eau sous une pression $p_1 = 1,013\text{ bar}$ et à la température T ($\theta_1 = 100^\circ\text{C}$).

5. Déterminer le volume V_1 du cylindre. On détend lentement le fluide jusqu'à une pression $p_2 = 0,032\text{ bar}$.
6. Déterminer le titre en vapeur et le volume dans l'état final si on néglige les transferts thermiques entre le fluide et le cylindre.

Exercice 3 : Calorimétrie (233)

Comment mesurer la valeur de l'enthalpie de fusion de l'eau par une méthode calorimétrique ?

On connaît toutes les capacités calorifiques.

Exercice 4 : Détente de JK du fréon (217, 242)

On effectue une détente de Joule Kelvin qui permet la transformation suivante :

- Etat A : liquide pur à $T_A = 303\text{ K}$ et $p_A = 7,5\text{ bar}$
- Etat B : liquide + vapeur à $T_B = 263\text{ K}$ et $p_B = 2,2\text{ bar}$

On donne : $c_{\text{fréon}} = 0,96\text{ kJ/K/kg}$ et $h_{\text{vap}} = 159\text{ kJ/kg}$ à T_B

1. Placer sur un diagramme de Clapeyron les points A et B.
2. Calculer x_v pour l'état B.
3. Calculer $\Delta s = s_B - s_A$.

Résolution de problème

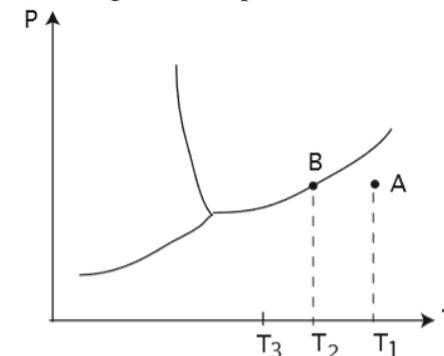
Par une chaude journée d'été, vous avez oublié de mettre au frigo le jus de fruits de l'apéritif. Combien de glaçons devez-vous y ajouter pour qu'il soit aussi rafraîchissant ?

Données : enthalpie massique de fusion de l'eau $\Delta h_{\text{fus}} = 3,3 \cdot 10^2\text{ kJ.kg}^{-1}$ et capacité thermique massique de l'eau liquide $c = 4,2\text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.

Oral de concours : CCP MP 2015

On veut sécher son linge en extérieur. On considère une masse m d'eau liquide dans le linge, en contact avec l'air extérieur.

1. Repérer sur le diagramme la position des différents états de l'eau.



2. On considère que l'air est à la position A. L'eau liquide dans le linge est-elle à l'équilibre thermodynamique ? Le linge sèche-t-il ?
3. Le soir, l'air se refroidit et on passe en B. L'eau est-elle à l'équilibre thermodynamique ? Le linge sèche-t-il ?
4. La nuit, la température diminue encore et passe à la température T_3 . Quelle est la pression maximale de la vapeur d'eau atmosphérique ? Le linge va-t-il sécher ?
5. Le matin, l'air se réchauffe et repasse à la température T_1 , mais le linge reste à la température T_2 , le linge sèche-t-il ?