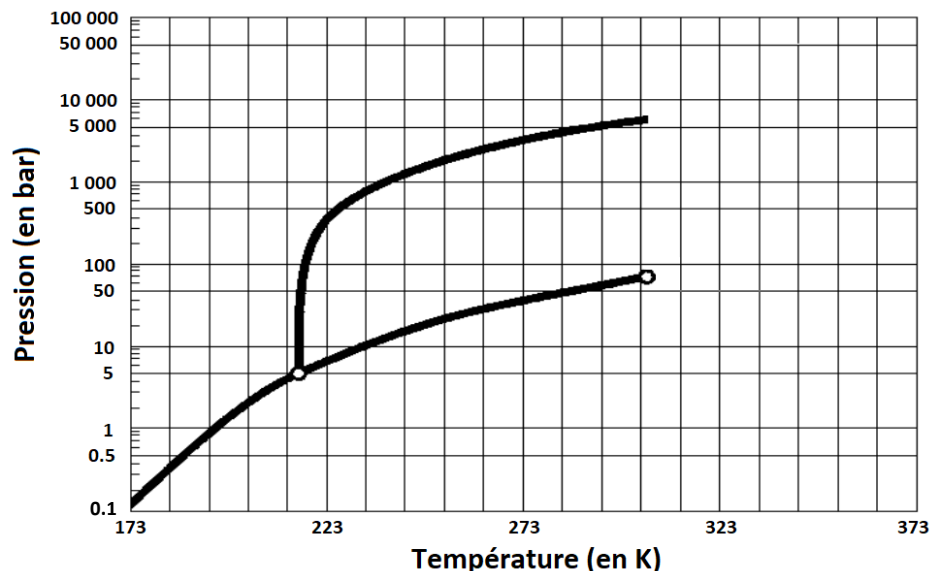


**- Corps pur en équilibre diphasé -**

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

**• EXERCICE 01 :**

On fournit ci-dessous le diagramme de phase à volume constant du dioxyde de carbone.



1- Donner une estimation des coordonnées du point triple et du point critique pour le dioxyde de carbone.

2- Dans quelle(s) phase(s) se trouve le dioxyde de carbone dans les différentes situations suivantes :

- $T = 10^\circ\text{C}$  et  $P = 5,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
- $T = 20^\circ\text{C}$  et  $P = 1013 \text{ hPa}$
- $T = -50^\circ\text{C}$  et  $P = 400 \text{ bar}$
- $T = 50^\circ\text{C}$  et  $P = 3000 \text{ bar}$

Un échantillon de dioxyde de carbone, à la température initiale de 303 K, et à la pression maintenue constante de 10 bar, est refroidi jusqu'à  $-100^\circ\text{C}$ .

2- Tracer et légender la courbe d'évolution de la température en fonction du temps.

Un échantillon de dioxyde de carbone, à la pression initiale de 1 bar et à la température maintenue constante de  $-10^\circ\text{C}$  est comprimé jusqu'à 10 000 bar.

3- Tracer et légender la courbe d'évolution de la pression en fonction du temps.

**• EXERCICE 02 :**

Le benzène fond à la température de  $\theta_1 = 5,4^\circ\text{C}$  sous une pression  $P_1 = 1,0 \text{ bar}$ . On admet que la courbe de fusion est assimilable à une droite dans le domaine d'étude. La valeur du coefficient directeur de la droite est :  $k = 32,3 \cdot 10^5 \text{ Pa.}^\circ\text{C}^{-1}$ .

1- À partir de l'état ( $P_1, \theta_2 = 7,0^\circ\text{C}$ ), on comprime le benzène liquide à température constante : représenter cette transformation sur le diagramme ( $P, T$ ), en déduire le changement d'état subi par le benzène puis déterminer la valeur  $P_2$  de la pression pour laquelle le changement d'état a lieu.

2- À partir de l'état ( $P_3 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}, \theta_2 = 7,0^\circ\text{C}$ ), on refroidit du benzène liquide à pression constante : représenter cette transformation sur le diagramme ( $P, T$ ), en déduire le changement d'état subi par le benzène puis déterminer la valeur  $\theta_3$  de la température pour laquelle le changement d'état a lieu.

**• EXERCICE 03 :****Données :**

- Masse molaire de l'eau :  $M = 18,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- Pression de vapeur saturante de l'eau à  $100^\circ\text{C}$  :  $P_{\text{sat}}(100^\circ\text{C}) = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- On supposera que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait.

1- Quelle est la masse d'eau minimale  $m_{\text{eau}}$  que l'on doit introduire dans un récipient de volume  $V = 100 \text{ dm}^3$  initialement vide et porté à une température  $T = 100^\circ\text{C}$  pour qu'il existe de l'eau liquide au fond du récipient ?

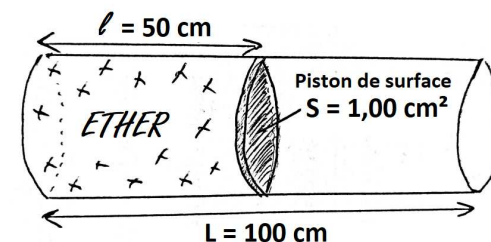
2- On introduit une masse  $m' = 200 \text{ g}$  d'eau dans le récipient de volume  $V = 100 \text{ dm}^3$  à la température  $T = 100^\circ\text{C}$ . Déterminer la pression de la vapeur dans le récipient et la masse  $m_L$  d'eau liquide quand l'équilibre est atteint.

**• EXERCICE 04 :**

Un tube de longueur  $L = 100 \text{ cm}$  et de section  $S = 1,00 \text{ cm}^2$  est fermé à l'une de ses extrémités. Initialement vide, sa température est maintenue constante à  $\theta = 20^\circ\text{C}$ .

Ce tube est fermé à l'autre extrémité par un piston maintenu par un opérateur. Le piston est initialement situé au milieu du tube, donc à  $\ell = 50 \text{ cm}$  du bord.

On introduit une masse  $m = 74,0 \text{ mg}$  d'éther dans le tube par une aiguille traversant hermétiquement le piston.

**Données :**

- La pression de vapeur saturante de l'éther à  $20^\circ\text{C}$  est :  $P_{\text{sat}}(20^\circ\text{C}) = 587 \text{ hPa}$
- On supposera que l'éther gazeux se comporte comme un gaz parfait.
- Masse molaire de l'éther :  $M_{\text{éther}} = 74,0 \text{ g.mol}^{-1}$ .

1- L'opérateur maintient le piston dans sa position d'origine. Justifier pourquoi l'éther est entièrement à l'état gazeux.

2- Dans quel sens l'opérateur doit-il déplacer le piston pour voir apparaître la première goutte d'éther liquide dans le tube ? De quelle distance  $x$  par rapport à sa position initiale devra-il le déplacer ?

### • EXERCICE 05 :

On introduit  $m_{\text{eau}} = 10 \text{ g}$  d'eau ( $M_{\text{eau}} = 18,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ) à  $T = 27^\circ \text{C}$  dans un récipient initialement vide de volume  $V_1 = 500 \text{ L}$ . On porte ce récipient à un volume  $V_2 = 50 \text{ L}$  de façon isotherme. On admet que :

- la pression de vapeur saturante de l'eau à cette température vaut  $P_{\text{sat}} = 3700 \text{ Pa}$  ;
- le volume occupé par l'eau liquide est négligeable par rapport au volume total ;
- l'eau liquide est incompressible avec une masse volumique  $\rho_{\text{eau,L}} = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$ .

1- Dans quel état physique se trouve l'eau dans l'état initial ? dans l'état final ?

2- Représenter la transformation sur le diagramme de Clapeyron de l'eau.

3- Déterminer le titre massique en vapeur  $w_{\text{vap}}$  à l'état final.

6- Une goutte d'eau liquide a un volume  $V_{\text{goutte}} = 0,05 \text{ mL}$ . En déduire combien de gouttes d'eau liquide sont présentes dans le récipient dans l'état final.

### • EXERCICE 06 :

On considère une masse  $m = 2,00 \text{ kg}$  d'un corps pur C dont la masse molaire vaut  $M = 40,0 \text{ g.mol}^{-1}$ , enfermée dans une enceinte indéformable de volume  $V_0 = 8,00 \text{ L}$ , à la température  $T_i = 90 \text{ K}$ . La figure page suivante représente le diagramme de Clapeyron de ce corps pur.

1- Indiquer sur ce diagramme les zones correspondant à C liquide, gazeux et diphasé.

2- Seules les parties horizontales des isothermes ont été représentées sous la courbe de saturation du diagramme de Clapeyron. Compléter celui-ci en traçant l'allure des isothermes  $T = 90 \text{ K}$  et  $T = 120 \text{ K}$  à gauche de la courbe d'ébullition et à droite de la courbe de rosée.

3- Placer sur le graphe le point I correspondant aux conditions de température et de volume données en introduction. En déduire la fraction massique  $x_{\text{L,L}}$  en C liquide présent initialement dans l'enceinte, ainsi que la pression de vapeur saturante de l'espèce C à  $90 \text{ K}$ .

4- On chauffe à présent l'enceinte jusqu'à la température de  $120 \text{ K}$ . Indiquer sur le graphe la position du point final F, et le chemin suivi pour aller de I à F. Déterminer la fraction massique  $x_{\text{F,L}}$  en C liquide présent dans l'enceinte dans l'état final, ainsi que la valeur de la pression de vapeur saturante de l'espèce C à  $120 \text{ K}$ . Le mélange s'est-il appauvri ou enrichi en liquide ?

5- Déduire du graphe la température minimale à imposer à l'enceinte pour que l'espèce C soit entièrement sous forme gazeuse. A quelle pression correspond-elle ?

Pression P (en bar)

