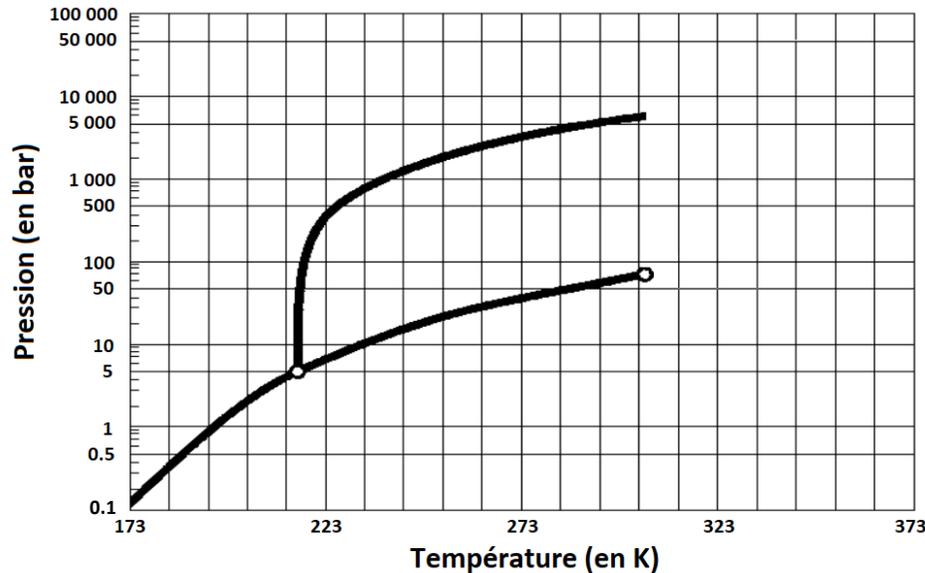


- Corps pur en équilibre diphasé -

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

• **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 :

- a) $T = 10 \text{ °C}$ et $P = 5,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
- b) $T = 20 \text{ °C}$ et $P = 1013 \text{ hPa}$
- c) $T = -50 \text{ °C}$ et $P = 400 \text{ bar}$
- d) $T = 50 \text{ °C}$ 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 °C .

2- Tracer et légénder la courbe d'évolution de la température en fonction du temps à pression constante.

Un échantillon de dioxyde de carbone, à la pression initiale de 1 bar et à la température maintenue constante de -10 °C est comprimé jusqu'à 10 000 bar.

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

• **EXERCICE 02 :**

Le benzène fond à la température de $\theta_1 = 5,4 \text{ °C}$ 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 : $k = 32,3 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{°C}^{-1}$.

1- À partir de l'état ($P_1, \theta_2 = 7,0 \text{ °C}$), 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 ($P_3 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ Pa}, \theta_2 = 7,0 \text{ °C}$), 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 θ_3 de la température pour laquelle le changement d'état a lieu.

• **EXERCICE 03 :**

A SAVOIR !

Quand on introduit un corps pur liquide dans une enceinte vide et fermée, celui-ci s'évapore jusqu'à ce que la pression du gaz correspondant atteigne, si elle le peut, la pression de vapeur saturante de ce corps pur. Si elle ne peut pas l'atteindre, alors tout le liquide s'évapore.

Données :

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

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

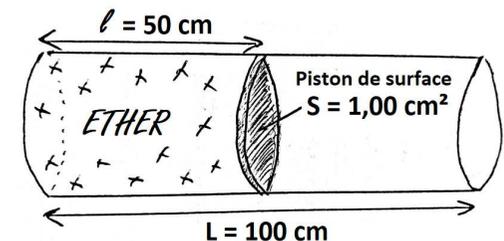
2- On introduit une masse $m' = 200 \text{ g}$ d'eau dans le récipient de volume $V = 100 \text{ dm}^3$ à la température $T = 100 \text{ °C}$. Déterminer la pression de la vapeur dans le récipient et la masse m_L d'eau liquide quand l'équilibre est atteint.

• **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 $\theta = 20 \text{ °C}$.

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

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 étudie un gramme d'eau à 27 °C occupant un volume de 100 L que l'on porte de façon isotherme à un volume de 10 L. On admet que le volume occupé par l'eau liquide est négligeable par rapport au volume total et que la pression de vapeur saturante de l'eau à cette température vaut $P_{\text{sat}} = 3700 \text{ Pa}$.

- 1- Dans le modèle indilatable et incompressible des phases condensées, que vaut le volume massique $v_{\text{eau,L}}$ de l'eau liquide ?
- 2- Calculer le volume massique $v_{\text{eau,G}}$ de la vapeur d'eau saturante à 27 °C.
- 3- Conclure sur l'état physique de l'eau dans l'état initial puis dans l'état final.
- 4- Représenter la transformation sur le diagramme de Clapeyron de l'eau.
- 5- Trouver le titre massique en vapeur w_{vap} à l'état final.
- 6- Le volume d'une goutte d'eau étant de 0,05 mL et en considérant l'eau liquide comme indilatable et incompressible, combien de gouttes d'eau se sont formées 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 $x_{\text{I,L}}$ en C liquide présent initialement dans l'enceinte, ainsi que la pression de vapeur saturante de l'espèce C à 90 K.

4- On chauffe à présent l'enceinte jusqu'à la température de 120 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 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)

