

# Thermodynamique – Chapitre 2 : Description d'un corps pur en équilibre diphasé



## Exercices d'application

### 1 Vapeur sèche, vapeur saturante

- On introduit dans un récipient fermé de volume  $V = 10,0$  L initialement vide et maintenu à  $20^\circ\text{C}$ , une masse  $m = 10,0$  g d'eau liquide. Montrer que la vapeur ne peut pas être sèche.
- À  $20^\circ\text{C}$ , dans un récipient de volume  $V = 10,0$  L contenant initialement de l'air sec à la pression ambiante  $p_0 = 1\,013$  hPa, on introduit une masse  $m_e = 10,0$  mg d'eau liquide. Calculer la pression dans le récipient quand le système n'évolue plus.

Données : pour l'eau à  $20^\circ\text{C}$ , pression de vapeur saturante  $p_{\text{sat}}^* = 0,0234$  bar,  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0$  g.mol $^{-1}$ ,  $R = 8,31$  J.K $^{-1}$ .mol $^{-1}$ ,

### 2 Diagramme de phase du dioxyde de carbone

On s'intéresse au diagramme de phase du dioxyde de carbone en coordonnées  $(T, p)$ . On donne les coordonnées du point triple du dioxyde de carbone :  $T_t = 217$  K,  $p_t = 5,18 \cdot 10^5$  Pa, et du point critique :  $T_c = 304$  K,  $p_c = 73,8 \cdot 10^5$  Pa. À pression atmosphérique le dioxyde de carbone se sublime à  $-78,5^\circ\text{C}$ .

- Donner l'allure du diagramme de phase  $(T, p)$  du dioxyde de carbone en respectant les indications précédentes. Placer sur ce diagramme les points caractéristiques ainsi que leurs coordonnées et les zones d'existence des différentes phases.
- On prend un échantillon de dioxyde de carbone, initialement à la température de  $150$  K et à pression atmosphérique puis on le place à température ambiante sans modifier la pression. Représenter la transformation sur le diagramme de phase et tracer la courbe d'analyse thermique. Indiquer sur la courbe les ordonnées du ou des point(s) qui vous sembleront intéressants et la (ou les) phase(s) en présence au cours de la transformation.

### 3 Diagramme de phase de l'eau

La figure 1 donne l'allure du diagramme de phase de l'eau.

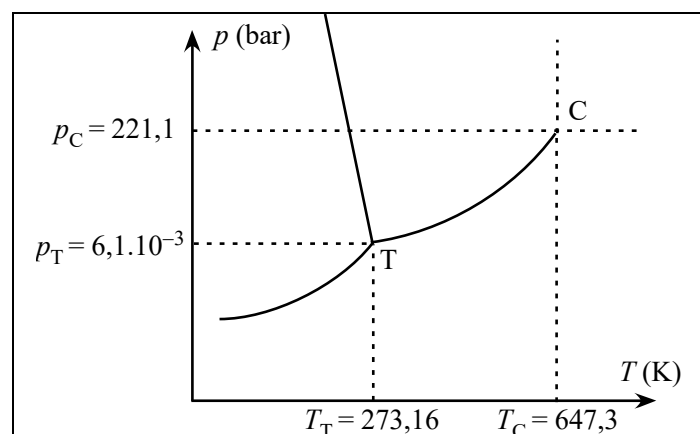


Figure 1 : Diagramme de phase de l'eau

#### 1. Analyse du diagramme

- Identifier les quatre domaines du diagramme, ainsi que les courbes séparant ces domaines. Préciser le nom des points T et C ainsi que leur signification.
- Placer approximativement les points ou les intervalles de points correspondant aux conditions de température et de pression proposées dans le tableau suivant. En déduire dans quel(s) état(s) se trouve l'eau dans les différents cas considérés. Pour répondre à cette question, on assimilera l'eau minéralisée à de l'eau pure.

Cas	Surface de la Terre	Surface de Mars	Surface de Vénus
$T$ (K)	223 – 323	218	735
$p$ (bar)	1,013	$6,0 \cdot 10^{-3}$	92
Cas	À 5 000 m de profondeur, forage géothermique	À 270 m de profondeur, dorsale océanique	
$T$ (K)	476	2 °C eau de mer 400 °C eau dans le basalte	
$p$ (bar)	1 350	266	

**2. Analyse de transformations**

- 2.1.** On prend un échantillon d'eau, à la température initiale de 800 K, et à la pression maintenue constante de 1 bar. On effectue un transfert d'énergie thermique reçu par l'eau, négatif et régulier. Tracer la courbe d'évolution de la température en fonction du temps, en repérant les points caractéristiques.
- 2.2.** Même question à la pression de  $6,1 \cdot 10^{-3}$  bar.
- 2.3.** Même question à la pression de 300 bar.
- 2.4.** On prend un échantillon d'eau, à la pression initiale de 300 bar, et à la température maintenue constante de 270 K. On effectue un transfert permettant dans un premier temps d'abaisser régulièrement la pression. Tracer la courbe d'évolution de la pression en fonction du temps, en repérant les points caractéristiques.

**3. Explication d'un phénomène courant**

Expliquer la formation des nuages en altitude, en été.



## Exercices d'entraînement

### 4

#### Compression d'un système

On considère une masse  $m = 1,0$  g d'eau dans l'état  $A$  ( $V_A = 0,10$  m<sup>3</sup> et  $T_A = 27^\circ\text{C}$ ). On la porte de manière isotherme à l'état  $B$  ( $V_B = 0,010$  m<sup>3</sup>). La vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait. La pression de vapeur saturante de l'eau à  $27^\circ\text{C}$  est de  $p_{\text{sat}}^* = 3700$  Pa.

On considère que volume massique de l'eau à  $27^\circ\text{C}$  vaut la valeur habituelle (à connaître par cœur).

1. Déterminer l'état physique de l'eau dans l'état  $A$ .
2. Représenter la transformation réalisée sur le diagramme  $p = f(V)$ , en indiquant (un calcul sera peut-être nécessaire) les abscisses des points importants.
3. Déterminer le titre en vapeur à l'état  $B$ ,  $w_B$

**Données :** Masse volumique de l'eau à  $27^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1,0$  kg.m<sup>-3</sup> ; Masse molaire de l'eau  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0$  g.mol<sup>-1</sup> ; Constante des gaz parfaits  $R = 8,31$  J.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>



## Pour préparer l'oral

### 5

#### Questions ouvertes : quelques phénomènes courants

1. Pourquoi avons-nous froid quand nous sortons de l'eau après nous être baigné ?
2. Pourquoi la chaleur humide est-elle plus difficilement supportable que la chaleur sèche ?
3. Dans les cafés, on chauffe le lait avec de la vapeur d'eau, pourquoi ce procédé est-il plus efficace que le chauffage direct sur une plaque de cuisson ?

### 6

#### Question ouverte : patinage artistique

La pression exercée sur la glace d'une patinoire par la lame d'un seul patin à glace d'un patineur en mouvement peut-elle faire fondre la glace sachant que la courbe de fusion de l'eau est assimilée à une demi-droite de pente  $a = -136$  bar.K<sup>-1</sup>.