

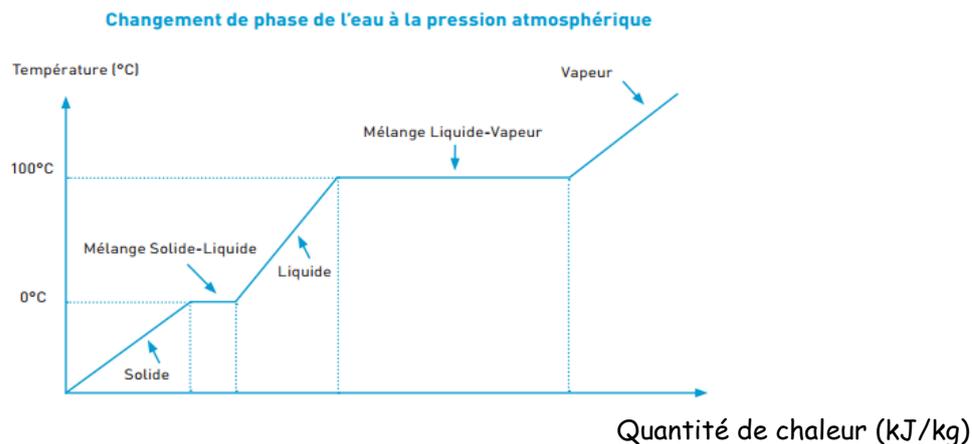
1. But

Construire un diagramme (P,T) et l'utiliser pour déterminer l'état d'un fluide.

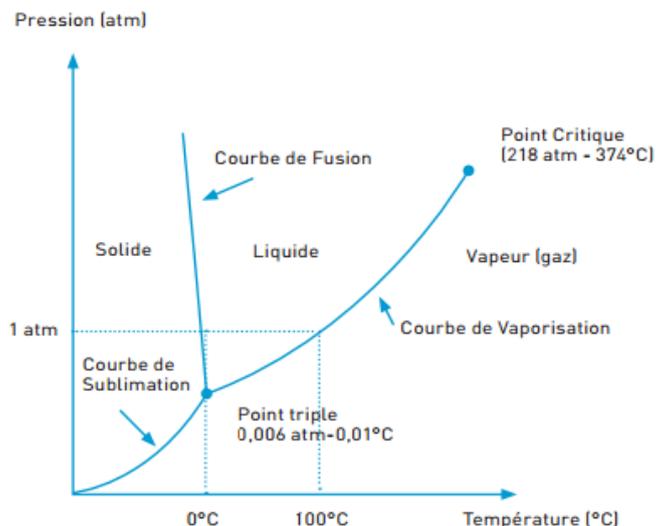
2. Tracé de la courbe de vaporisation de l'eau

2.1 Introduction (diagramme (P, T))

Si on étudie les changements d'états de l'eau à la pression atmosphérique $P = 1 \text{ bar}$, on obtient la courbe suivante :



Si on refait l'expérience précédente à une autre pression, les valeurs des températures de fusion et de vaporisation sont différentes. Il est alors possible de tracer la courbe $P = f(T)$ pour le passage de l'état liquide à l'état gazeux. Ce tracé est possible pour tous les changements de phase, ce qui permet d'obtenir, en plus de la courbe de fusion, les courbes de sublimation et de vaporisation. Sur un même graphe, l'ensemble de ces courbes constitue le diagramme d'équilibre du corps pur, qui pour l'eau est représenté sur la figure ci-dessous.



Pour l'eau, la courbe de fusion a la particularité d'avoir une pente négative. Cela se traduit par le fait que l'eau sous forme solide occupe à masse égale un volume plus important que l'eau sous forme liquide (une bouteille plastique pleine d'eau liquide placée au congélateur éclate lorsqu'elle se solidifie). On peut noter sur ce diagramme deux points particuliers : le point triple et le point critique. Le point triple est le point où il y a coexistence de l'eau sous trois états : liquide + vapeur + solide. Le second point particulier est le point critique. Il est caractéristique de la courbe d'équilibre liquide-vapeur. Au delà du point critique, on ne peut plus distinguer la vapeur et le liquide.

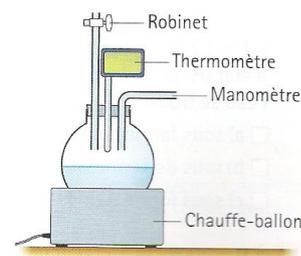
D'après

http://www.eauseinenormandie.fr/fileadmin/mediatheque/Enseignant/Outils_Pedagogiques/Professeurs/AESN_10-prof.chap_2.pdf

- ① Quels sont les changements d'état observés sur le changement de phase de l'eau à la pression atmosphérique lorsque la quantité de chaleur augmente ?
- ② Indiquer la température des changements d'état de la question précédente à la pression atmosphérique.
- ③ Que peut-on dire de la température lors d'un changement d'état ?
- ④ Quels sont les courbes qui constituent le diagramme d'équilibre de l'eau ?
- ⑤ Qu'est-ce que le point triple ?
- ⑥ Donner les coordonnées du point triple.
- ⑦ Quel est l'unité de la pression utilisée sur ce diagramme ? (Donner le nom et le symbole) L'exprimer en pascal (Pa).
- ⑧ Dans une cocotte-minute, l'eau bout-elle à une température supérieure, égale ou inférieure à 100 °C ? Pourquoi ?

2.2 Expérience et exploitations

Pour déterminer la valeur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau, on réalise le montage ci-contre. (On placera une grande quantité d'eau dans le ballon et le thermomètre sera situé au-dessus de la surface de l'eau)



- ① Faire bouillir l'eau dans le ballon en maintenant le robinet ouvert pendant quelques minutes. Puis arrêter le chauffage et fermer le robinet. Mesurer la pression de l'eau pour différentes températures. (Ne pas descendre en dessous de 45°C). Faire un tableau de mesures. On exprimera P en pascal (Pa)
- ② Tracer la courbe $P = f(T)$.
- ③ Commenter l'allure de la courbe.
- ④ A l'aide de cette courbe, prévoir la température d'ébullition de l'eau à la pression de 0,8 bar. Faire apparaître la construction.
- ⑤ Dans le but de se ramener à l'étude d'une courbe plus simple, compléter le tableau précédent en ajoutant deux lignes, l'une pour calculer $1/T$ (K^{-1}) et l'autre pour calculer $\ln(P)$. **Attention T doit être exprimé en kelvin (K)**.
- ⑥ Tracer la courbe $\ln(P) = f(1/T)$
- ⑦ Quelle est l'allure de la courbe ?
- ⑧ D'après la relation de Clapeyron, le coefficient directeur de la droite, noté a,

$\ln(P) = f\left(\frac{1}{T}\right)$ correspond à $\frac{-L_v}{R}$. Donner la valeur a du coefficient directeur de cette droite puis en déduire la valeur de la chaleur latente de vaporisation L_v de l'eau en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (avec $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$)

- ⑨ D'après les tables, $L_v = 40,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ pour $T = 100 \text{ °C}$ et $P = 1 \text{ bar}$. Calculer l'écart relatif puis conclure.

2.3 Le résultat précédent est-il compatible avec la valeur donnée par les tables

- ① Relever les valeurs de L_v des groupes de TP dans le tableau ci-dessous puis compléter les différentes lignes.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7
L_v ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)							
$L_{V(\text{moyen})} =$				Ecart type $\sigma =$			

- ② Déterminer l'intervalle de confiance à 95 % de $L_{V(\text{moyen})}$ en choisissant au préalable dans le tableau la valeur du coefficient de Student t_n qui correspond au nombre n de mesures réalisées.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20
$t_{n(95\%)}$	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,20	2,16	2,13	2,09

Donner l'intervalle de confiance revient à écrire $L_v = L_{V(\text{moyen})} \pm t_n \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ où σ représente l'écart-

type, t_n le coefficient de Student et n le nombre de mesures réalisées.

- ③ La valeur de L_v donné par les tables est de $40,3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. L'intervalle de confiance des mesures comprend-t-il cette valeur ?