

Transitions de phase

Matériel

- cellule SF_6 + dispositif thermostat (ENSC 417) + boîtier (cuve) pour l'opalescence (ENSC 459)
- thermocouple + lecteur avec affichage
- lampe QI
- filtre AC
- écran
- lentilles de 100 mm et 150 mm
- calorimètre
- glace
- support élévateur
- étain
- bec électrique
- creuset
- potences
- noix
- clou de Curie
- bouclier thermique
- chalumeau
- boîtier PicoLog

Introduction

Le but de ce montage est de mettre en évidence plusieurs types de transitions de phase. Une transition de phase désigne la transformation physique d'un système d'une phase vers une autre, induite par la variation d'un paramètre externe (température, champ magnétique...). Nous allons voir deux types de transitions : premier ordre (transitions solide/liquide/gaz) et deuxième ordre (transition ferro-para).

I Transition liquide-gaz

On relie la pompe (thermostat) au système (OUT en haut, IN en bas), on allume la pompe (niv1). On met le thermocouple lorsque le niveau d'eau est assez haut. On impose une température et on

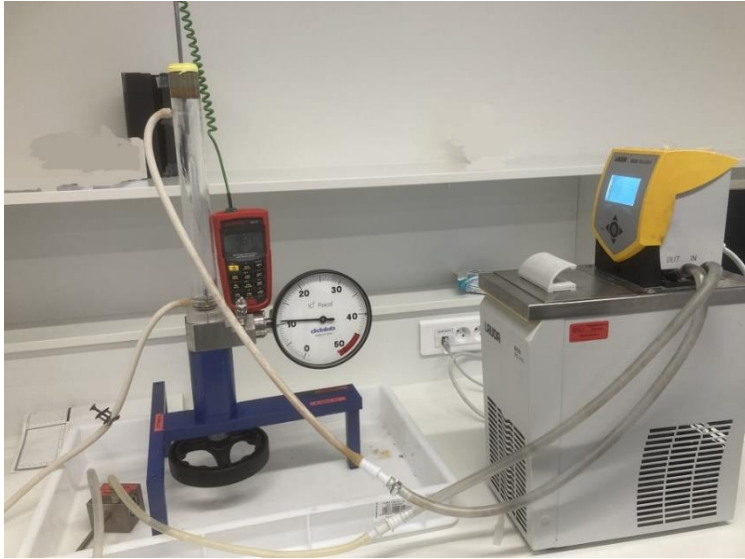
attend que le système atteigne l'équilibre thermique (on commence par des températures faibles).
On mesure P et V à $T = 25^\circ\text{C}$

Attention à ne pas dépasser 40 bars !

On en déduit P_{sat} (palier diagramme (P,V))

Développement du Viriel : $PV = nRT(1 + B\frac{n}{V} + o(\left(\frac{n}{V}\right)^2))$

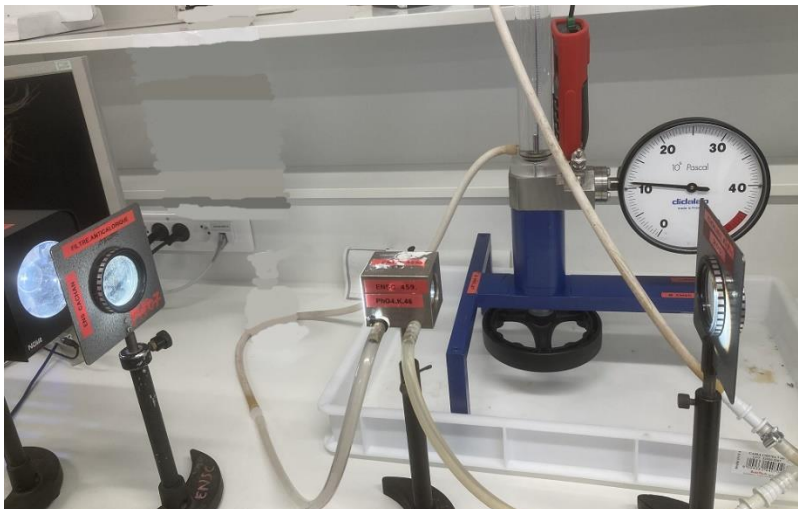
On trace $\frac{PV}{RT} = f\left(\frac{1}{V}\right)$



D'après la relation de Clapeyron, $\frac{dP_{\text{sat}}}{dT} = \frac{L}{T(v_g - v_l)}$

On en déduit $L_{\text{vap}}(T = 25^\circ\text{C})$, la valeur tabulée est : $L_{\text{vap}} = 8,99 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Opalescence critique : phénomène que l'on peut observer à l'œil nu lorsqu'on refroidit un gaz à une température très proche de sa température critique. A $T = T_c$, le ménisque séparant les deux phases s'épaissit, devient trouble et diffus, puis disparaît. On utilise une lampe QI (avec un filtre AC) et une lentille.



II Transition solide-liquide

1) Fusion de la glace

On introduit une masse m_{eau} d'eau à température ambiante (prendre environ 500g) dans le calorimètre. On mesure la température T_{amb} et on attend l'équilibre. On introduit ensuite une masse m_{glace} (prendre un peu moins de 100g) de glace dans le calorimètre, on le ferme, on agite et on mesure la température finale T_f .

On a : $(\mu + m_{\text{eau}})c_{\text{eau}}(T_f - T_{\text{amb}}) + m_{\text{eau}}c_{\text{glace}}(T_f - T_{\text{glace}}) + m_{\text{glace}}L_{\text{fus}} = 0$, avec $c_{\text{eau}} = 4,186 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $L_{\text{fus}} = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$ (théorie)

Pour déterminer la masse en eau μ du calorimètre : on introduit une masse d'eau m_1 dans le calorimètre à une température T_1 . On ajoute une masse d'eau m_2 à la température $T_2 > T_1$.

On a donc : $(m_1 + \mu)c(T_f - T_1) + m_2c(T_f - T_2) = 0$ donc $\mu = \frac{m_2(T_2 - T_f)}{T_f - T_1} - m_1$

On en déduit : $L_{\text{fus}} = c_{\text{eau}}((T_{\text{glace}} - T_f) + \frac{(\mu + m_{\text{eau}})(T_{\text{amb}} - T_f)}{m_{\text{glace}}})$

La valeur tabulée est $L_{\text{fus}} = 333 \text{ J.kg}^{-1}$

2) Surfusé de l'étain

Le but de cette manip est de mesurer la température de fusion de l'étain et de mettre en évidence le phénomène de surfusé (état métastable, visible pendant le refroidissement).

On place un bec électrique sur un support élévateur, on place ensuite le creuset avec l'étain et le thermocouple sur le bec électrique. Quand l'étain est fondu, on met le thermocouple et on coupe le bec électrique en abaissant le support élévateur. On lance l'acquisition sur PicoLog.

III Transition ferro-para

Lorsqu'un ferromagnétique atteint une température critique, dite de Curie, il devient paramagnétique, et sa susceptibilité suit alors la loi de Curie-Weiss :

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}$$

Pour mesurer cette température, on utilise l'expérience du clou de Curie : on chauffe un clou attiré par un aimant (on place un bouclier thermique entre le clou et l'aimant), lorsqu'on atteint la température de Curie, le clou se décroche et à cet instant on relève la température du clou.

Cette mesure est évidemment imprécise, elle dépend de notre temps de réaction, la température indiquée par le thermomètre varie très vite, et si on réalise plusieurs mesures il faut s'assurer que le clou revienne à température ambiante (et donc attendre qu'il ait retrouvé toute son aimantation)...

La température de Curie du fer est de 770°C , mais le clou n'est pas du fer pur, ce qui peut aussi expliquer l'écart de température.

Conclusion

Dans ce montage nous avons mis en évidence plusieurs types de transitions et différents phénomènes physiques tels que l'opalescence critique et la surfusion.

Bibliographie

-Physique expérimentale, De Boeck (SF₆)

Questions

- Transitions 1^{er} et 2^e ordre ?
 - ➔ 1^{er} ordre : la dérivée première par rapport à une des variables thermodynamiques de l'énergie libre est discontinue (ex : volume) ; 2^e ordre : la dérivée première par rapport à une des variables thermodynamiques de l'énergie libre est continue mais pas la dérivée seconde qui présente une discontinuité (ex : susceptibilité)