

MP 06 : Transition de phase.

Elio Thellier & Dihya Sadi

Session 2021.

Introduction

Choix délibéré de ne pas avoir travaillé sur une transition solide liquide, car mesurer précisément la température ET la masse d'un solide est compliqué : La bonne méthode pour la température consiste à le plonger dans un liquide, attendre que la température soit égale et homogène dans le solide et le liquide, puis mesurer la température du liquide. Il faut donc un liquide qui reste liquide à la température du solide (on ne peut pas mettre de la glace dans l'eau)...

1 Mesure de l'enthalpie de vaporisation de l'azote.

- Azote liquide
- Gants de protection (très épais)
- Résistance "ressort" montée sur bouchon de calorimètre
- Calorimètre associé
- Balance (max 4kg précision 0.01g)
- Wattmètre "love of JBD"
- Chronomètre
- Thermomètre capable de mesurer à -200°C (sonde type T + thermocouple)
- Alimentation stabilisée 3Ampères

Protocole : On introduit de l'azote liquide dans le calorimètre. On branche la résistance à l'alim stabilisée et au wattmètre, et on la pose sur le calorimètre. On pose le tout sur la balance préalablement tarée à vide. Après un (court) temps pour atteindre le régime permanent, on relève la masse chaque minute avec une puissance nulle dans la résistance (ce qui nous donne les pertes). Puis on met 2.5A environ dans la résistance (lire directement la puissance, on fait l'approximation que la résistance des fils est négligeables devant celle de la résistance et que toute la puissance est convertie en puissance joules dans l'azote). Puis continuer quelques points sans courant pour avoir les pertes à la fin (de l'azote s'étant évaporé, la surface de contact azote liquide/verre est plus faible et donc les pertes pourraient être plus faibles, on prend donc nos précautions).

Mesurer la résistance c'est pas possible correctement car la résistance dépend de la température, or on ne peut pas la mesurer en même temps qu'elle est dans l'azote ET alimentée avec 2.5A, donc on ne peut pas mesurer R à la vraie température de travail. En plus elle se déforme au moindre mouvement et fait varier sa valeur. Tout ça pour dire que $P_{\text{joules}} = RI^2$? Autant brancher un wattmètre et relever directement la puissance consommée par la résistance. L_{vap} dépend de la pression ? De la température

oui, (si on ne fait pas l'approximation d'Ellingham) et comme la température de vaporisation dépend de P donc oui.

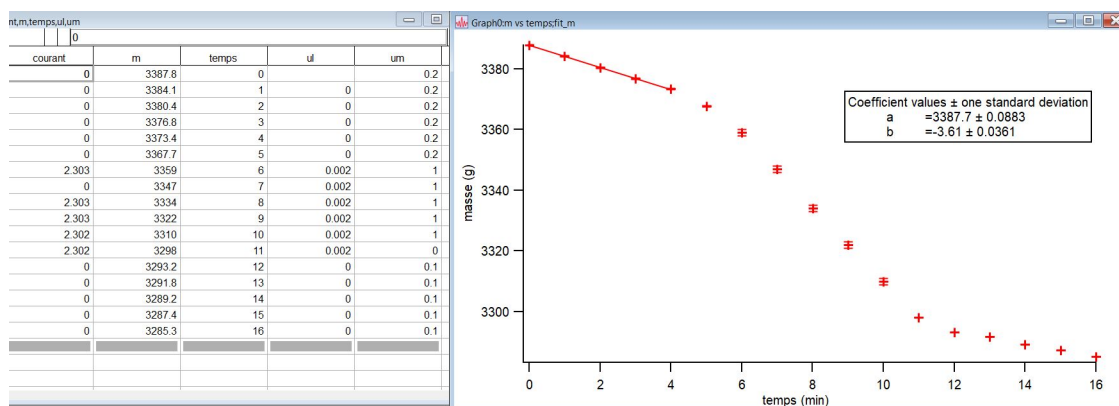


Figure 1: J'avais mesuré l'intensité, changer avec la Puissance mesurée directement. L'allure de courbe est bonne (pertes calo début, pertes calo + joules, pertes calo fin)

2 L'enthalpie de vaporisation du SF6 par tracé du diagramme P,V puis P,T

- colonne de SF6 + manomètre + système thermalisation
- bain thermostaté + tuyaux

Protocole : cf Livre d'ALD, ici résumé :

On choisi le SF6 car gaz inerte chimiquement et dont le point critique est facilement accessible ($T = 45.57^{\circ}\text{C}$ et $P = 37.55\text{bar}$).

L'équilibre thermique prend un peu de temps, et la température dans la colonne est toujours un peu inférieure à la température dans le bain à cause des pertes, si c'est possible de mesurer la température dans la colonne c'est mieux.

En modifiant le volume on modifie la proportion liquide vapeur et la pression. Cet équilibre mécanique peut prendre du temps et la mesure est d'autant plus précise que l'expérimentateur est patient. Lever et baisser la colonne de mercure pour avoir un menisque plat. Relever **pression** et **volume** à la température fixée (on trace une isotherme sur le diagramme de Clapeyron P,V).

C'est cool d'avoir les deux points extremum du changement d'état (première goutte et dernière bulle) mais attention à ne jamais dépasser la pression max ! C'est pourquoi une hausse de température se fera toujours à volume maximal (pression minimale).

Tracer d'autres isothermes par la même méthode.

Exploitation : cf livre ALD 3.2 p379

- Tout d'abord, déterminer n la quantité de SF6 dans le tube (constante car hermétique) : On trace $\frac{PV}{RT}$ en fonction de $\frac{1}{V}$ et n est l'ordonnée à l'origine d'après le développement du Viriel,

$$\frac{PV}{RT} = n \left[1 + B_2(T) \left(\frac{n}{V} \right) + B_3(T) \left(\frac{n}{V} \right)^2 + \dots \right]$$

SI PAS LE TEMPS tracer ça pour une isotherme et prendre l'ordonnée à l'origine avec l'incertitude igor.

Si il y a le temps, le tracer pour chaque isotherme, et relever à chaque fois l'ordonnée à l'origine et faire une étude statistique.

- Déterminons l'enthalpie de vaporisation à partir de la relation de Clapeyron :

$$\frac{dP_{sat}}{dT}(T) = \frac{L(T)}{T(v_g - v_l)}$$

On trace P_{sat} en fonction de T (sur le diagramme de Clapeyron P_{sat} est la valeur moyenne du plateau $\pm$ l'amplitude de variation autour de cette valeur moyenne). C'est une droite dont la pente nous donne $\frac{L(T)}{T(v_g - v_l)}$. On veut déterminer L(25°C) pour comparer à la valeur du Handbook donc on prend cette isotherme et on relève v_l et v_g comme les volumes aux extrémités du plateau. AN de L(25°C) et incertitudes devraient très bien marcher.

Remarque : Si dans la salle de manip il fait 38°C et qu'on ne peut donc pas descendre en dessous, prendre cette isotherme pour déterminer L(38°C) et aller chercher dans le Handbook la bonne valeur tabulée !

3 Transition para / ferro mesure de la température de Curie

- Ensemble température de Curie para ferro qui contient normalement
- bec benzène ou bruleur ou chalumot avec briquet ou allumettes
- Un thermomètre capable d'aller à haute température donc le bout de la sonde est ferromagnétique à température ambiante
- Un aimant
- une plaque de protection thermique assez fine pour que la sonde soit attirée par l'aimant au travers, mais qui protège bien l'aimant du chauffage.
- Potense + noix + pince pour maintenir la sonde
- Logiciel Picolog pour tracer $T=f(t)$ et voir un sursaut lors du décrochage de la sonde.

La mesure est assez imprécise, occasion de faire des incertitudes statistiques, coefficient de student avec igor (seulement si moins de 20 mesures), divisé par $\sqrt{N}$