

Montage 6 Transition de phase

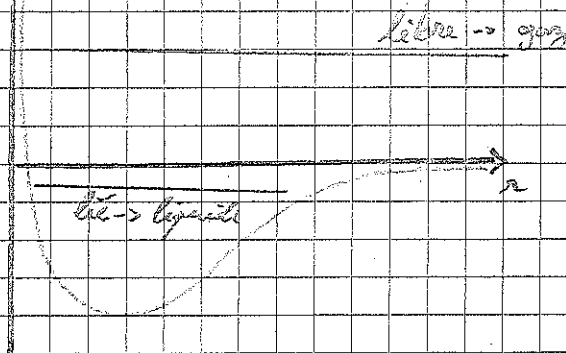
Bibliographie:

- . Dic Thermodynamique
- . Quasanta T₂
- . Handbook
- . BFR Thermo

I Transitions liquide / gaz

On nomme liquéfaction la transformation gaz-liquide et évaporation le sens liquide → gaz

$\rightarrow E_p (J)$

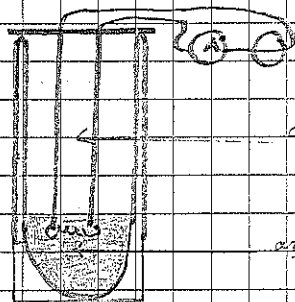


L'énergie moyenne d'interaction dans les gaz est plus faible que dans les liquides ce qui se traduit par une énergie potentielle moyenne plus élevée

→ Pour vaporiser, il faut fournir de l'énergie

1) Chaleur latente de vaporisation de l'azote à l'état.

Expérience N°1: Mesure de la chaleur latente de vaporisation de l'azote



Dans un Dewar calorifuge, on mesure la quantité de diazote évaporé pour une quantité d'énergie électrique fournie à la résistance chauffante

$$\int_0^t U \cdot I \cdot dt = L_{\text{vap}} \Delta m$$

de moins, le vase de verre n'étant pas parfaitement calorifugé:

$$\int_0^t (U \cdot I + \delta Q) dt = P_{\text{vap}} \Delta m$$

On peut s'en affranchir en mesurant à I et Δm_0

Et en posant $P_{\text{vap}} = \frac{\int_0^t (U \cdot I) dt}{\Delta m - \Delta m_0}$

(B): On peut s'assurer que $P_{\text{vap}} = P_{\text{vap}}(P)$
indépendante de T .
par un calcul de coexistence réduite.

$$n = 1 + n - n - \phi$$

2 1 2

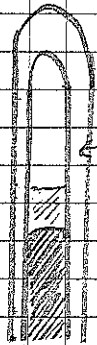
$\boxed{U_2 = 0}$

n nombre de constituants physico-chimiques
 ϕ nombre de phases
 n nombre d'équilibres chimiques.

Donc la température est fixée par l'équilibre

2.3. Diagramme de Clapeyron.

Expérience $\Rightarrow$ Liquéfaction de SF_6



Visualisation du changement de phase
Trace des isothermes d'Andréur
paroi diatherme

On peut mesurer dans l'approximation de gaz parfait

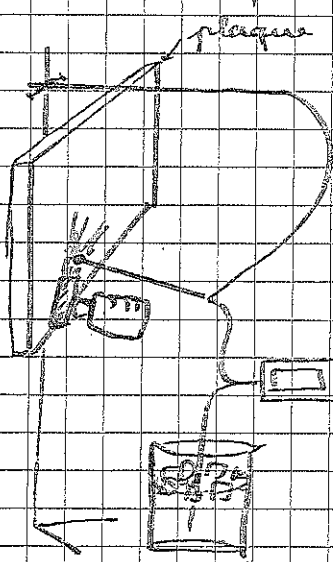
$$n = \frac{P_0 V_0}{R \cdot T}$$

Il faut se placer à basse pression.

Donc remonter à $P_{\text{vap}}(\text{SF}_6)$

$$P_{\text{vap}}(T) = \frac{R_2(T) - R_1(T)}{2} = \frac{T(S_2 - S_1)}{n} = \frac{T \cdot \Delta U}{n} \frac{dP_{\text{sat}}}{dT} = \frac{R \cdot T^2}{P_0 V_0} \frac{dV}{dT} \frac{dP_{\text{sat}}}{dT}$$

2. Transition ferromagnétique-paramagnétique.



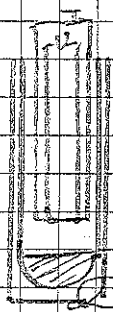
Un aimant est suspendu d'un morceau de fer par une plaque isolante. Tant que le fer est ferromagnétique, celui-ci reste accroché.

Le morceau de fer est relié à un thermocouple.

À l'aide d'un chalumeau on chauffe le fer et on relève la température lorsque le fer se détache.

La température de curie théorique est 770°C
 $T_{\text{th}} = 770^{\circ}\text{C}$
 $T_{\text{mes}} = \pm ^{\circ}\text{C}$

3) Supraconductivité



Dans un vase calorifugé on verse de l'azote liquide.

Entre l'extérieur et le fond du vase s'établit un gradient de température que l'on mesure grâce à un thermocouple.

On mesure la résistance l'échantillon de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ grâce à une mesure à quatre fils.

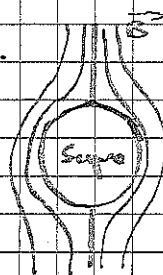
On observe en traçant $R(T)$ une chute brutale de la résistance en dessous de $T_{\text{crit}} = \underline{\hspace{1cm}}^{\circ}\text{C}$

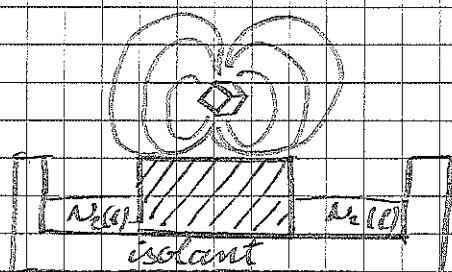
Effet Meissner.

Comme la résistance est nulle, lorsque le champ magnétique varie le courant induit compense parfaitement cette variation.

↳ Diamagnétisme idéal.

Les lignes de champ sont exclues du supra.





On place le supraconducteur dans l'azote liquide
et on dépose un aimant dessus

L'aimant lévite.

Conclusion.

- Les transitions de phases reposent sur des seuils d'équilibre local et global (fer α et γ sont stables, mais à température ambiante le fer α est un minimum global) et des seuils d'apparition de phénomènes physiques comme la supraconductivité.
- Mais on peut aussi les caractériser par une notion de symétrie. En effet un solide cristallisé a les symétries d'un réseau, on retrouve un fluide homogène à toutes les symétries de translation.

De manière générale plus la phase est symétrique plus elle est stable à haute température.

- Jusqu'ici nous n'avons traité que des corps purs. Or les équilibres pour des mélanges présentent aussi des propriétés passionnantes.

C'est le cas par exemple du mélange eau sel

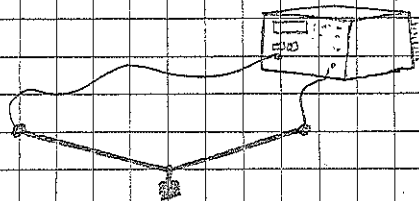
Expérience mesure de la température d'un mélange eau sel gèle

II Transition solide-solide

Sur le moment même si nous n'avons pas parlé des transitions entre liquide et solide et gaz et solide, nous avons étudié des transitions avec changement d'état.

Mais il existe d'autres types de transition de phase, entre deux variétés allotropiques d'un solide ou par l'apparition d'une nouvelle propriété physique.

1) Recalécence du fer. Transition α/γ .



Fil de fer chauffé par effet Joule

On mesure le courbement, élévation de la masse puis abaissement et re-élévation.

Quarante T_2 (p. 451)

A 906°C le γ se transforme en α qui est plus compact.

α	$\rightarrow$	maille C.C.
γ	$\rightarrow$	maille C.f.c.

• Quand on chauffe, à 906°C la maille se contracte et le fil se raccourcit $\rightarrow$ la masse remonte.

On ne le voit pas à cause de la dilatation thermique.

• Quand on refroidit la masse remonte (dilatation thermique) puis redescend (transition) et remonte à nouveau.

Remarque • A 1390°C le fer est ramené en α .
Mais le fil casse avant.

• Il est compliqué d'obtenir une mesure de la température de transition (trop rapide, et on ne peut pas vraiment mettre un thermomètre).

Il faut donc mesurer $P_{\text{sat}}(T)$ et ΔV

$$\frac{V(T)}{T} = \frac{R}{P_0 \cdot V_0} \cdot \Delta V \left(\frac{dP_{\text{sat}}}{dT} \right)_T \cdot T^2$$

$$\frac{\Delta \text{mes}}{\text{mes}} = \sqrt{2 \left(\frac{\Delta T}{T} \right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta V)}{\Delta V} \right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{P_0} \right)^2 + \left(\frac{\Delta V_0}{V_0} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \left(\frac{dP_{\text{sat}}}{dT} \right)}{\left(\frac{dP_{\text{sat}}}{dT} \right)} \right)^2}$$

Rem: J'aurais aimé faire la manip de contournement du point critique mais cela paraît peu réalisable.