

MP 5 : Transition de phase

PLAN: I. Transitions du 1^{er} ordre: caractéristiques

1. Discontinuité du volume
2. Chaleur latente de fusion de l'eau
3. Chaleur latente de vaporisation de l'azote

II. Illustration d'autres transitions de phase

1. Opalescence critique
2. Transition ferro-para du fer
3. Retard à la transition: surfusion de l'eau

Rmq: la machine à SF₆ n'est pas encore utilisable
pas assez d'azote pour minimiser l'effet Reamer

Biblio: - Quarenta Thermo
- Papen Thermo (théorie)
- Duffaut CAPES.
- Charmont

Intro :

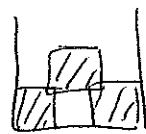
- * On a tous tendu parler des 3 états de l'eau : solide, liquide et vapeur.
Aujourd'hui, on va s'intéresser aux passages entre les ~~entre~~ phases de
matières composées : les transitions de phase ou changement d'états.
- * Les transitions de phase peuvent être de plusieurs ordres, et on va tout d'abord
commencer par étudier les caractéristiques des transitions du 1^{er} ordre.

I. Transition du 1^{er} ordre : caractéristiques

On va s'intéresser à la transition solide $\rightarrow$ liquide

1. Discontinuité de volume

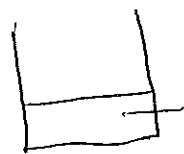
Une des caractéristiques des transitions du premier ordre, est la discontinuité d'une (au moins) des dérivées du potentiel thermodynamique associé aux conditions observées.



glace $m =$

($\rho_{\text{glace}} = 917 \text{ kg.m}^{-3}$).

$\Rightarrow$ $V =$



eau liquide

$V =$

à l'équilibre

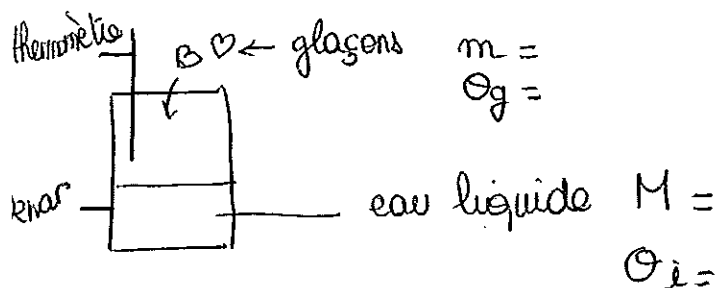
$\Rightarrow$ $\uparrow$ de volume lors du
changement de phase solide $\rightarrow$ liquide

2. Chaleur latente de fusion de l'eau (suffait CAPES pg 281)

On va utiliser la méthode des mélanges pour déterminer la chaleur latente de fusion de la glace.

Dans un calorimètre, on ajoute à une masse M d'eau liquide à θ_i ,
 quelques glaçons à la température θ_g et de masse m .
 Soit θ_f la température de l'eau après fusion complète.

Selon: $(M + m_c) C_{eau} (\theta_i - \theta_f) = m L_f + m C_{eau} (\theta_f - \theta_g)$



or $L_f = \frac{(M + m_c) C_{eau} (\theta_i - \theta_f) - m C_{eau} (\theta_f - \theta_g)}{m}$

$C_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \Rightarrow L_f =$

$L_f^{\text{tab}} = 333000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Incertitudes:

$$\frac{\Delta L_f}{L_f} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{(\Delta M + \Delta m_c) C_{eau} (\theta_i - \theta_f) + 2 \Delta \theta (M + m_c) C_{eau} + m C_{eau} \Delta \theta}{(M + m_c) C_{eau} (\theta_i - \theta_f) - m C_{eau} \theta_f}$$

$$\frac{\Delta L_f}{L_f} \approx \frac{\Delta m_c C_{eau} (\theta_i - \theta_f) + 2 \Delta \theta C_{eau} (M + m_c) + m C_{eau} \Delta \theta}{(M + m_c) C_{eau} (\theta_i - \theta_f) - m C_{eau} \theta_f}$$

$\Delta m_c = 0,0056 \text{ kg}$

$\Delta \theta =$

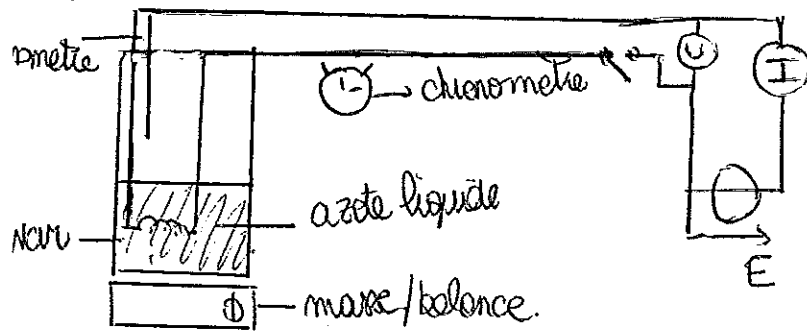
$\left. \vphantom{\frac{\Delta L_f}{L_f}} \right\} \frac{\Delta L_f}{L_f} =$

1.3. Chaleur latente de vaporisation de l'azote (Quanta pg 51) L3

On va ici s'intéresser à la vaporisation de l'azote liquide.

Afin de déterminer la chaleur latente de vaporisation, on va utiliser la calorimétrie et notamment la méthode électrique.

schéma de l'expérience :



(Δ montage courte durée car RN 2L pr avoir forte puissance $P \sim \frac{U^2}{R}$)

Etape 1 : Expérience (après avoir attendu que l'ensemble se soit stabilisé)

On apporte une certaine énergie électrique $W = U \cdot I \cdot t$. Cette énergie permet de vaporiser une masse m d'azote liquide, on a donc

$$m L_v = U I t.$$

$$U =$$

$$m =$$

$$I =$$

$$t =$$

Etape 2 : Evaluation des pertes (car azote très volatil)

On fait le même montage sans chauffage ($I=0$), et on va donc estimer les pertes dues aux parois.

On regarde la masse qui s'évapore pendant un certain temps.

$$m_p =$$

$$t_p =$$

$\Rightarrow v_p =$
vitesse des pertes.

$\Rightarrow$ Les pertes estimées par l'exp précédente sont $m_p = N_p \cdot t =$

Aussi, on va utiliser: $U I t = m L_v + \mu t = (m - m_p) L_v$

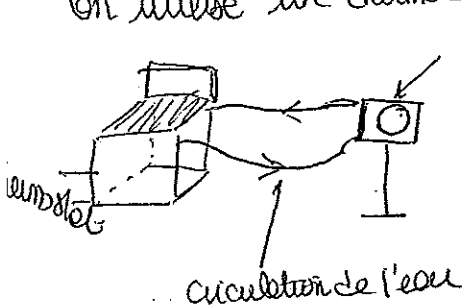
$$\Rightarrow \boxed{L_v = \frac{U I t}{m - m_p}}$$

- pas d'incertitudes car valeur trop écartée de la valeur attendue.
- Ici à présent nous avons vu des transitions du premier ordre, mais il en a d'autres et c'est ce que l'on va voir à de suite.
- On a vu $L \leftrightarrow V$ est du 1^{er} ordre, cela est vrai à moins d'être au point critique, c'est ce que nous allons aller voir à de suite.

II. Illustrations d'autres transitions de phase

1. Opalescence critique (suivante pp 359)

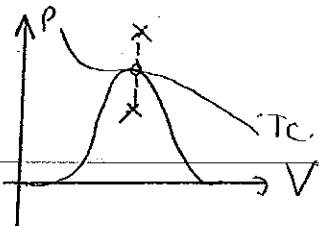
On utilise un thermostat et une cellule "SF6"



$\rightarrow$ on éclaire avec une QI + projection + écran
 $\rightarrow$ pour le SF6, $T_c = 45,5^\circ\text{C}$.

On va donc se placer à $T > T_c = 45,5^\circ\text{C}$, afin de faire passer le liquide

SF6 à l'état fluide supercritique.

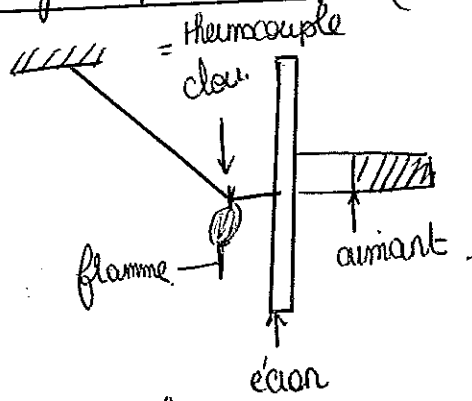


* Puis on place une cuve glacée au dessus de la ϕ "SF6"
 on rediminue alors la $T \Rightarrow$ on retrouve le mélange "liquide + vapeur"
 en passant par le point critique.

* Ici nous avons une transition du second ordre, car nous avons continuité du volume, puisque le mélange SF6 est contenu dans la ϕ qui a un volume fixe.

2. Transition ferro-para du fer. (Quanta thermo pg 458)

15



* À la température de cuve, ($T = 770^\circ$) le clou se détache de l'aimant, quitte la flamme et se refroidit.

* En fait le clou est ferromagnétique au départ $\Rightarrow$ attiré par l'aimant. puis lorsqu'on passe la température de cuve, l'aimant devient paramagnétique, il n'est pas attiré par l'aimant, ceci est une des caractéristiques de cet état.

on lit sur le thermocouple.

$$\Rightarrow \begin{array}{|l} U = \\ T_c = \end{array} \quad (\text{étalonnage})$$

⚠ si $\Delta T_c = 20^\circ\text{C}$, c'est parce qu'on a mis de référence au thermocouple ^{pas}

3. Retard à la transition : surfusion de l'étain (Chaumont)

On chauffe ^{au} bec bunsen, un creuset rempli d'étain (solide) dans lequel, on a placé un thermocouple K.

⚠ mettre l'autre bout du thermocouple dans de la glace pour avoir $T_{ref} = 0^\circ\text{C}$.

On observe 1 plateau au phénomène de surfusion (synchronisme) -



on en déduit la température de fusion de l'étain $T_f =$

CONCLUSION