

## M06 : TRANSITION DE PHASE

### Idées directrices à faire passer

- une transition de phase peut être associée à des discontinuités selon son ordre
- lien entre coexistence de phase et plateau d'une des grandeurs thermodynamiques pour les transitions du second ordre

### Commentaires du jury

- Le montage doit être quantitatif. Il ne faut pas faire une suite d'expériences qualitatives
- Etre clair quant aux conditions pour atteindre l'équilibre (en particulier, se méfier des mesures "à la volée")

### Bibliographie

- [1] Précis thermodynamique, Choimet, Bréal (pour une assistance sur la théorie de la transition)
- [2] Dictionnaire de physique expérimentale : Thermodynamique, Quaranta, Editions Pierron
- [3] La chimie expérimentale : chimie organique et minérale, Le Maréchal, Dunod (recalescence du fer)

**Introduction** : définir une phase, une transition de phase. Etre très bref

## I Etude de la transition liquide-vapeur [2]

### 1 Tracé d'une isotherme

- colonne ENSC 417 et bain thermostaté ENSC 418
- tracer en préparation deux isothermes : une à  $T < T_c$  (montrer un palier de pression) et une à  $T > T_c$  (état fluide)
- montrer la compressibilité très différente des gaz et des liquides
- il est impératif d'attendre plusieurs minutes avant la prise de mesure (vaut mieux prendre peu de points mais bien !)
- faire les acquisitions à température montante (la thermalisation est plus simple dans ce sens)

### 2 Courbe de rosée/ébullition, mesure de $L_{\text{vap}}$ [2]

- colonne ENSC 417 et bain thermostaté ENSC 418
- prendre pour plusieurs températures uniquement les points des courbes de rosée et d'ébullition (l'objectif est de tracer ces deux courbes)
- utiliser dans la cuve de circulation un bain de mélange eau/glacé pour avoir une basse température (on obtient environ 8°C)
- toujours partir de l'état d'équilibre liquide/vapeur pour aller vers l'"extérieur" -> on évite ainsi les retards à la transition
- appliquer la relation de Clapeyron pour obtenir  $L_{\text{cap}}$  en fonction de  $T$  (attention, le Handbook ne permet que de vérifier  $L_{\text{cap}}$  à l'ambiante)

### 3 Méthode calorimétrique de mesure de $L_{\text{vap}}$ [2]

- on fait la mesure pour le diazote
- la méthode est d'introduire une résistance chauffante dans le bain de diazote et d'évaluer la perte de masse par vaporisation en fonction du temps à chauffage constant
- cette droite de régression permet de remonter à  $L_{\text{vap}}$

- il faut évaluer la perte de masse en l'absence de chauffage (c'est la perte due aux échanges thermiques avec l'extérieur). On retranchera cette perte
- cette expérience marche mieux avec du diazote qu'avec de l'eau. En effet l'azote est hors équilibre dans les CNTP et le chauffage par la résistance ne va pas modifier sa température et ne va donc pas modifier ses échanges avec l'extérieur. Au contraire, il faut porter l'eau à 100°C avec qu'elle ne soit à ébullition

## II Transition liquide-solide et solide-vapeur

### 1 Transition solide liquide de l'étain, mise en évidence de la surfusion [2]

- mettre en fusion avant le début de la présentation orale
- en début de montage, ôter les impuretés superficielles au dessus de l'étain (et le dire) et déclencher le refroidissement avec acquisition de la température
- mise en évidence de la surfusion puis du palier de refroidissement
- cette manipulation marche aussi avec de l'eau mais la surfusion marche souvent tellement bien que l'on n'observe pas de palier de solidification...

### 2 Equilibre entre trois phases : point triple du diazote

- mettre sous pression réduite jusqu'à l'obtention d'un volume suffisant de glace
- fermer le robinet (coupe le pompage). on laisse alors le diazote évoluer librement
- on passe alors **furtivement** par le point triple (se remarque par un palier de pression) -> relever alors  $P_{Tr}$  et  $T_{Tr}$
- il faut être rapide sur la lecture des valeurs car la stabilisation est de courte durée
- on forme un système zérovariant ! montrer le chemin parcouru sur un diagramme P, T

## III Autres transitions de phase

### 1 Transition allotropique du fer cristal [3]

Suivre la manipulation du Maréchal p242 "transition de phase du fer".

### 2 transition para-ferro, température de Curie [1]

- utiliser un thermocouple avec bout en fer prévu à cet effet
- on évalue alors grossièrement la température de transition
- comparer à la valeur donner dans le Quaranta
- la valeur est assez imprécise (prise à la volée, chauffage rapide et non homogène, étalonnage du thermocouple potentiellement peu fiable, tension de la chainette de maintien...) -> obtenu avec une erreur de l'ordre de 20°C. Pour limiter l'erreur, on essaiera de faire un chauffage homogène et assez doux sur la fin et on mettra la sonde la plus verticale possible pour limiter l'effet du couple (même s'il faut que l'angle soit non nul pour observer le décrochage!)

**Conclusion** : application aux machines thermiques ! On a constaté a quel point une transition de phase pouvait être énergétique (bien plus que la seule capacité thermique)

**Q/R**

1. Transition du premier et du second ordre : quelles différences ?
2. Classification d'Ehrenfest.
3. L'alimentation 20A – 50V est elle dangereuse ?
4. Quelle est la limite d'un courant qui peut tuer un humain ?
5. Quelle est la résistance du corps humain ?

- 
6. Donner des applications de la métastabilité.
  7. Pourquoi est il préférable d'utiliser un thermocouple de type T dans le cas du diazote ?
  8. Comment fonctionne une alimentation stabilisée ?