

LP44: Capacités thermiques : Description, Interprétations microscopiques

Présentée le 23/02/2017 par Eric Brillaux

Correcteurs : Lucile Sanchez (lucile.sanchez@ens-lyon.fr)
Samuel Paillat (samuel.paillat@ens-lyon.fr)

Note : A

Rapport du jury

2006, 2007, 2008 : Cette leçon ne doit pas se limiter à un long exposé de méthodes calorimétriques mais laisser une place importante aux modèles microscopiques. Les capacités thermiques sont définies à partir des dérivées partielles de l'entropie ou de l'énergie interne.

Remarques générales

Eric a présenté une très bonne leçon. Le plan était très clair, toutes les notions et toutes les hypothèses faites étaient exposées, ce qui fait que la leçon était facile à suivre malgré la complexité des notions mises en jeu. De plus, les aller-retours entre les modèles théoriques et les valeurs expérimentales ont été appréciés. Le rythme était soutenu et le tableau agréable à lire. La seule fausse note a été le manque de temps pour expliquer sereinement le modèle de Debye. On peut sans doute aller plus vite sur le début de la leçon pour dégager 5 min, permettant de ne pas être pressé par le temps à la fin.

Commentaires plus détaillés

La première partie de l'exposé consistait en une définition des capacités calorifiques à partir des dérivées de l'entropie puis une présentation des mesures calorimétriques. Cette section sur la détermination des capacités thermiques dans les gaz et les liquides n'est pas exigible, voire facultative compte tenu du rapport du jury. C'est sans doute ici que l'on peut gagner un peu de temps. La dernière sous-partie sur l'intérêt de la connaissance du comportement des capacités calorifiques était très intéressante et permettait de faire une jolie transition vers les modèles microscopiques utilisant le formalisme de la physique statistique.

Les deux parties suivantes sur les capacités calorifiques dans les gaz parfaits et les solides ont été bien menées et Éric a montré une parfaite maîtrise des notions abordées. Dans la partie sur les gaz parfaits, on pourrait ajouter lors de l'énoncé des hypothèses, une justification en termes d'inégalité de l'hypothèse « sans interaction mutuelle ». Dans la partie sur les solides, il faut bien noter que la loi de Dulong et Petit est une loi expérimentale.

Questions

- Dans les descriptions microscopiques, tu as toujours modélisé le comportement de C_v , pourquoi définit-on C_p ? Quel est le lien entre C_p et C_v ? C_p est facile à mesurer dans le cas de solides puisqu'on est à pression atmosphérique. Lien C_v , C_p = relation de Mayer
- Tu as dit que la connaissance des capacités calorifiques permettait de quantifier les fluctuations dans l'ensemble canonique. Peux-tu préciser et redéfinir l'ensemble canonique ?

- Comment se comporte la capacité calorifique du gaz parfait monoatomique lorsque la température tend vers 0 ? On a $C_v = C_{ste}$, cependant on se place sous une approximation classique pour écrire ceci, approximation non valable quand T tend vers 0.
- Est-ce que tu peux donner une définition plus précise de l'approximation classique et préciser les échelles caractéristiques permettant de confirmer sa validité ? cette question découlant de la précédente, on s'attend à avoir une réponse mettant en jeu la longueur de De Broglie et sa dépendance avec la température.
- Quelle est donc la capacité thermique d'un condensat de Bose-Einstein ? Dans le cas de la condensation de Bose-Einstein, les bosons condensés dans l'état fondamental ne participent plus à la capacité thermique, cependant lorsqu'il y a condensation d'un gaz d'atomes froids il reste une fraction d'atomes qui ne sont pas condensés pour $T \ll T_B$ et ceux-ci sont responsables de la capacité thermique du gaz. [voir le DGLR Physique Statistique]
- Quand a été découverte la loi de Dulong et Petit ? Il serait souhaitable de connaître au moins la période de découverte des différents modèles. La loi de Dulong et Petit a été énoncé en 1819.
- Peux-tu ré-expliquer les hypothèses faites dans le modèle de Debye ?
- Soit un système à deux niveaux d'énergie, peux-tu donner l'allure de la capacité thermique ainsi que ses cas limites en fonction de la température ? Peux-tu interpréter cette courbe en termes de fluctuations thermiques ? Cette analyse est faite dans le livre de Physique Statistique de Couture et Zitoun.

Conclusion

C'était une très bonne leçon démontrant une très grande maîtrise du sujet à la fois lors de l'exposé et lors des réponses aux questions. Il faudra sans doute s'attendre à ce que le jury pose des questions plus ouvertes lors de l'oral de l'agrégation et notamment sur les métaux comme énoncé dans l'ouverture de la conclusion de cette leçon.