

# Comparaison microcanonique-canonique, vibreurs et cristal d'Einstein

Les mesures de chaleur spécifique massique de quelques solides à température et pression ambiante (25 C et 1 atm) donnent ces résultats :

Substance	C (J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
Aluminium	0.897
Antimoine	0.210
Cuivre	0.384
Or	0.129
Argent	0.231
Plomb	0.129
Fer	0.444
KCl	0.695
Diamant	0.509

- Comment ramener ces valeurs à une base de comparaison commune ?
- Ces chaleurs spécifiques ont été mesurées à pression constante. Est-ce une difficulté ?
- Analyser ces valeurs par rapport à la loi de Dulong et Petit (1819)
- Les mesures suivent-elles systématiquement la loi, y-a-t-il une exception ?

## Les mesures en fonction de la température pour le diamant

Capacité calorifique massique

T	C (J g <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
215	0,217
264	0,348
273	0.433
280	0,452
306	0,549
335	0,65
363	0,751
412	0,983
471	1,215
516	1,301
874	1,857
1079	1,869
1238	1,887

- Examiner ces valeurs

## Modèle d'Einstein

- Quelles sont les hypothèses ?

### Résolution utilisant les relations de l'ensemble microcanonique

- Quelles sont les variables ?
- Quelle est la "somme d'état" et sa relation avec une grandeur thermodynamique ?
- Quelles sont les hypothèses utilisées ?
- Disposez-vous d'une autre relation thermodynamique ?
- Comment calculer en pratique la somme d'état pour des vibreurs (modèle microscopique) ?
- Comment en déduire des grandeurs thermodynamiques (aspect macroscopique) ?
- Comment obtenir la chaleur spécifique et comparer avec les mesures ?
- Quel paramètre peut-on obtenir pour un matériau particulier (diamant par exemple) ? voir [ici](#)
- Des spectroscopistes indiquent que la fréquence de vibration fondamentale dans le diamant est  $2.78 \cdot 10^{13}$  Hz. Que peut-on en déduire ?
- Même question pour le plomb avec la fréquence  $1.9 \cdot 10^{12}$  Hz

### Résolution utilisant les relations de l'ensemble canonique

- Adopter la même démarche :
  - Quelle est la somme d'état à utiliser ?
  - Combien de vibreurs doit-on prendre en considération, pourquoi ? Comment passer à un grand nombre ?
  - Comment l'indiscernabilité est-elle prise en compte ?
  - Donner des relations avec des grandeurs thermodynamiques ?
  - Retrouver l'expression de la chaleur spécifique de vibration
  - Comment obtenir la variance sur l'énergie ?

## Comparaison

- Discuter de l'avantage de l'un ou l'autre des ensembles utilisés.

## Les mesures à basse température pour le diamant, le fer

### Diamant

T	C (J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
12,9	0,00053
16,1	0,00081
19,8	0,00138
24,1	0,00257
30,1	0,00494
33,4	0,0074

T	C (J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
41,3	0,0133
47,7	0,02
57,2	0,0365
67	0,0595
76,1	0,092
87	0,147
100,4	0,24
113,1	0,378
126,3	0,56
143,4	0,88
159	1,19
176	1,66
197	2,21

- Que peut-on conclure en examinant ces données à basse température par rapport au modèle proposé par Einstein ?

## Modèle d'Einstein et gaz polyatomiques

- Peut-on utiliser le modèle d'Einstein ?
- Calculer la contribution à la chaleur spécifique due aux vibrations pour des molécules usuelles (azote, oxygène, dioxyde de carbone, eau,...), à température ambiante, à haute température.
  - Justifier le nombre de vibrations à prendre en considération
- Exprimer la probabilité pour qu'un vibreur maintenu à une température égale à sa température caractéristique ait un nombre quantique de vibration égal à 2.
- Dresser un tableau indiquant les probabilités pour divers rapports  $T/\theta$  et nombre quantique  $n$
- Que peut-on en conclure pour les transitions observées par spectroscopie IR ?

## Données diverses

- Fer
  - $\alpha = 3,54 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  (coefficient de dilatation)
  - $V = 7,12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  (volume molaire)
  - $\kappa = 0,59 \cdot 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$  (coefficient de compressibilité)
- Constantes :
  - $k_B = 1.3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  # Constante de Boltzmann (en J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)
  - $N_A = 6.02214129 \cdot 10^{23}$  # Nombre d'Avogadro (en mol<sup>-1</sup>)
  - $c = 299792458$  # Vitesse de la lumière (valeur exacte)
  - $h = 6.62606957 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  # Constante de Planck (en J.s)
- Modes de vibration du CO<sub>2</sub> (en cm<sup>-1</sup>) :
  - 641.49
  - 1373.01
  - 2438.
- Modes de vibration de H<sub>2</sub>O (en cm<sup>-1</sup>) :
  - 1711.15
  - 3730.03

- 3851.06
- Mode de vibration de N<sub>2</sub>: 2744 cm<sup>-1</sup>
- Mode de vibration de O<sub>2</sub>: 2061 cm<sup>-1</sup>

## Références

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Mod%C3%A8le\\_d%27Einstein](http://fr.wikipedia.org/wiki/Mod%C3%A8le_d%27Einstein) (+ version anglaise)
- <http://www.chem.purdue.edu/gchelp/vibs/index.html>
- <http://www.chemtube3d.com/Organic%20Structures%20and%20Bonding.html>

From:

<https://dvillers.umons.ac.be/wiki/> - **Didier Villers, UMONS - wiki**

Permanent link:

[https://dvillers.umons.ac.be/wiki/teaching:exos:cv\\_vibration\\_einstein?rev=1395053907](https://dvillers.umons.ac.be/wiki/teaching:exos:cv_vibration_einstein?rev=1395053907)

Last update: **2014/03/17 11:58**

