**Phonons et capacité thermique**

Prérequis :Ondes sonores dans un solideOscillateurs harmoniques quantiquesEnsemble grande canoniqueGaz de photonsPlan : I. Description qualitative des phonons 1) Rappel sur les ondes élastiques 2) Analogie photons/phonons II. Vibration collective des atomes dans un cristal 1) Description du système et ondes progressives 2) Modes propres découplage des équations du mouvement3) Quantification des modes propresIII. Application à la capacité calorifique des solides1) Énergie moyenne du système2) Approximation de Debye et calcul de la capacité calorifique

3) Discussion

Q1: Vous avez tracé une sorte de relation de dispersion … est-ce que il y a d'autres formes possibles pour la relation de dispersion pour les ondes sonores ?

Q1bis: Vous avez décrit des modes acoustiques, vous pouvez me parler des modes optiques ?

-->L'hyp du réseau de Bravais, mode acoustique ok mais si c'est pas un réseau de Bravais alors modes optiques (énergie plus haute, fréquence supérieure et en forme de chapeau ...Q3: pourquoi vous n'avez pas besoin de prendre en compte les mode optiques ? --> basse température donc modes pas peuplésQ4: si on avait fait un calcul classique, on aurait obtenu quoi ? Avec particule classique ... --> Dulong et Petit, Thm d'équipartition, et chaque particule a 6D --> Energie à 3NkbTQ5 : c'est juste un therme quadratique qui apporte 1/2 kbT à l’énergie ?

Q5bis : Si j'ai un couple de torsion, ça donne 1/2 kbT ?

-> non, seulement pour les variables cartésiennes le thm d'équipartition d’énergie

Q6 : "La c'est de la physique" Pourquoi on modélise par des ressorts ? C'est quoi l'hyp sous-jacente ? Q6bis : On est très proche de l'équilibre, en termes de déplacement des atomes ça veut dire quoi ? Ils sont faibles devant quoi les déplacements ?Q7: En pratique, c'est de cb ces déplacements ? - -> quelques pourcents de la distance atomique il faut le dire et insister proprement : on fait un DL pcq déplacement faible devant distance interatomique Q8: Si on ne peut pas faire cette hyp, on fait quoi et dans quel cas ? --> dilatation d'un solideQ9 mathématiquement il faudrait décrire quoi ? 🡪 effet anharmonique il faut thermes non lineaire du x^3 Q10 : Où la quantification intervient. Quel type de quantification vous avez dans cette leçon ? --> condition au limiteQ10 bis : C'est la seule que vous utilisez ? Q10 ter : Dans le calcul de l’énergie (intégrale, blablabla ..), d'où sortent les différents termes ? --> quantification de l’énergie car OH quantique Quantification de k et de l'amplitude !

Q11 : Vous connaissez un autre cas physique où la dynamique quantique des atomes (et pas des électrons) est important ? 🡪 supraconductivité