

Université de Bourgogne
L3 Physique - Physique de la matière condensée
PFA **Prof. A. Dereux**
Examen écrit - 24 mai 2018
Calculatrice et documents autorisés

Question 1 (8 points)

Considérer les propositions suivantes. Pour chacune d'entre elles, déterminer si elle est vraie ou fausse sur la base d'un raisonnement, éventuellement illustré par un croquis (propre et lisible), long de dix à quinze lignes.

- (1) Dans la modélisation d'une expérience de diffraction de neutrons par un échantillon cristallin, la première approximation de Born consiste à considérer le champ incident comme une onde plane.
- (2) La capacité calorifique à basse température d'un cristal monoatomique dépend de la densité d'états des phonons optiques.
- (3) Dans un cristal, l'opérateur quantique de création d'un phonon ne dépend que des opérateurs décrivant les amplitudes de vibration de chaque atome du cristal.
- (4) L'intégrale de recouvrement de deux orbitales atomiques $1s$ centrées sur des noyaux différents est maximale et vaut 1.

Question 2 (4 points)

Dans une expérience de diffraction d'électrons par un cristal dont les surfaces sont propres, l'énergie cinétique des électrons incidents est fixée à 144 eV. On observe le premier ordre de diffraction à un angle $\theta = 14$ degrés (l'angle nul correspondant à l'incidence rasante).

- (a) Déterminer la période d de l'espace direct associé à cet ordre de diffraction.
- (b) d est-il typique d'une période associée à tout le volume de l'échantillon ? Expliquer.
- (c) L'énergie des électrons incidents est augmentée à 256 eV. Décrivez comment la figure de diffraction se modifie (dilatation ? Contraction ?) d'après l'évolution de θ .
- (d) L'énergie des électrons incidents est abaissée à 5 eV. Expliquer si oui ou non le phénomène de diffraction reste observable.

Question 3 (8 points)

Les figures 1 et 2 représentent les relations de dispersion de deux cristaux A et B.

- (a) Sur la base de ces figures, expliquer quel cristal correspond à SiC et à quel cristal correspond à SiO_2 .
- (b) Considérons le cristal A. Quelles branches sont excitées à basses températures inférieures à 20 K). Quelle formule peut approximer la densité d'états à de telles basses températures.
- (c) Considérons le cristal A. Quelles branches (traits continus ou interrompus) correspondent aux modes de vibrations transverses ? Justifier la réponse.
- (d) Considérons le cristal B. Dans quelle domaine de fréquences la densité d'états des phonons sera-t-elle la plus élevée ? Ces modes sont-ils excités à température ambiante (300 K) ?

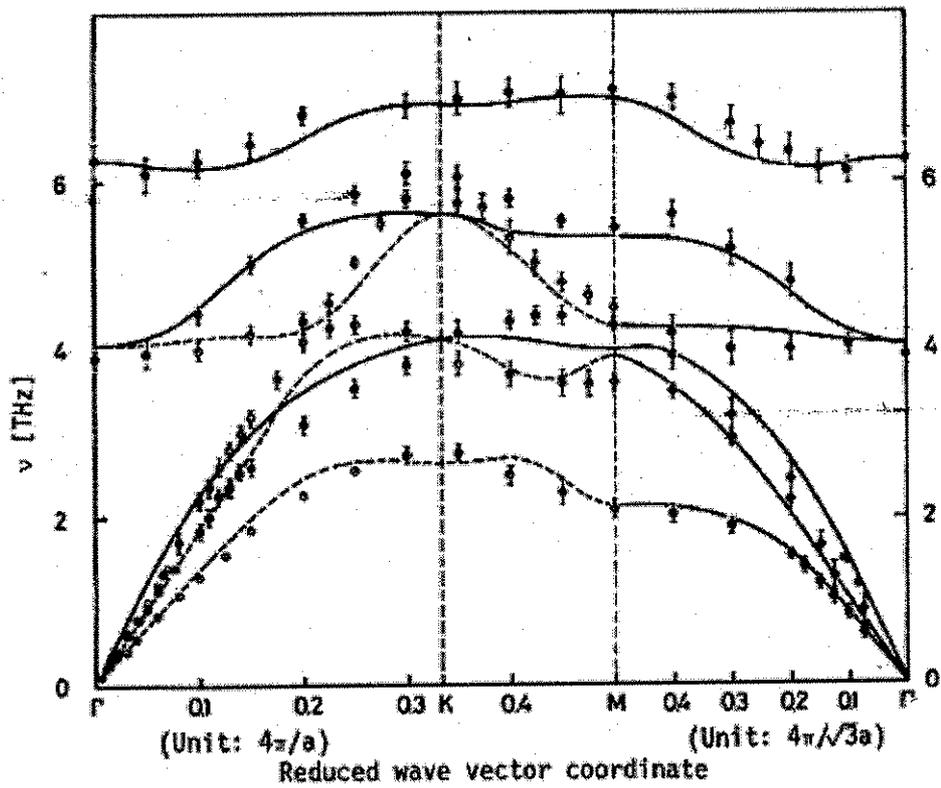


Fig.1. Relations de dispersion des phonons du cristal A (a est le paramètre cristallin).

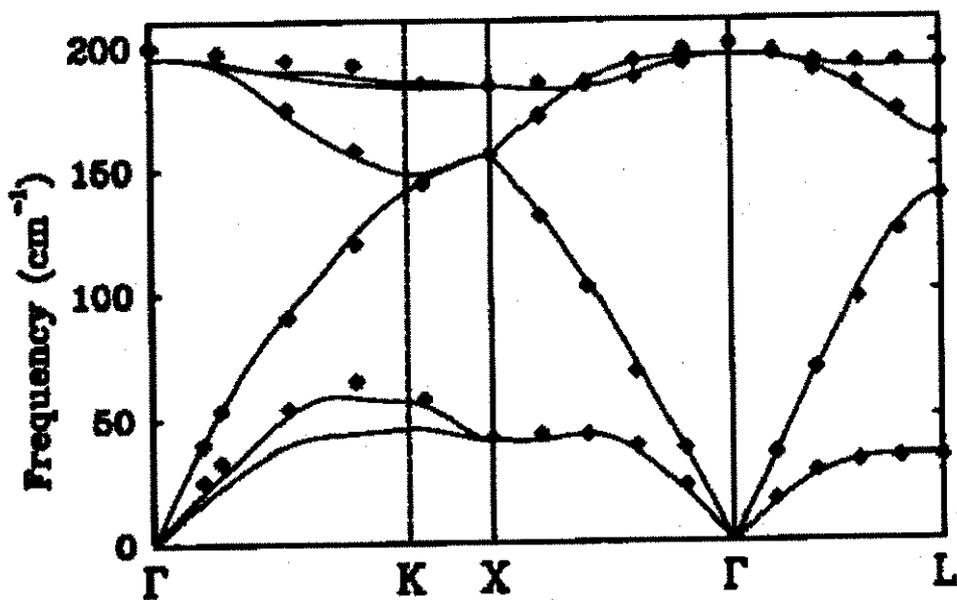


Fig.2. Relations de dispersion des phonons du cristal B (l'unité des ordonnées est l'inverse de longueur d'onde de la lumière dans le vide même si les relations de dispersion ne concernent pas la lumière).