

Université de Bourgogne
L3 Physique - Physique de la matière condensée
Prof. A. Dereux
Examen écrit - 19 mai 2021
Calculatrice et documents autorisés

Question 1 (13 points)

La figure 1 ci-dessous montre, extraite de la littérature, la partie réelle de la fonction diélectrique d'un matériau X (attention au changement d'échelle dans les valeurs négatives).

- 1) Tracer approximativement la partie imaginaire de la fonction diélectrique sur cette feuille.
- 2) A l'aide de quelle formule pourrait-on calculer la partie imaginaire de la fonction diélectrique à partir des données de la figure ?
- 3) Quelles sont les fréquences des ondes électromagnétiques les plus fortement réfléchies par ce matériau ?
- 4) Quel modèle de fonction diélectrique pourrait s'appliquer à ce matériau ? Donner la formule et donner des approximations chiffrées de tous les paramètres qui entrent dans cette formule.
- 5) Est-ce que ce matériau est un métal ? Expliquer votre réponse à partir de la fonction diélectrique.

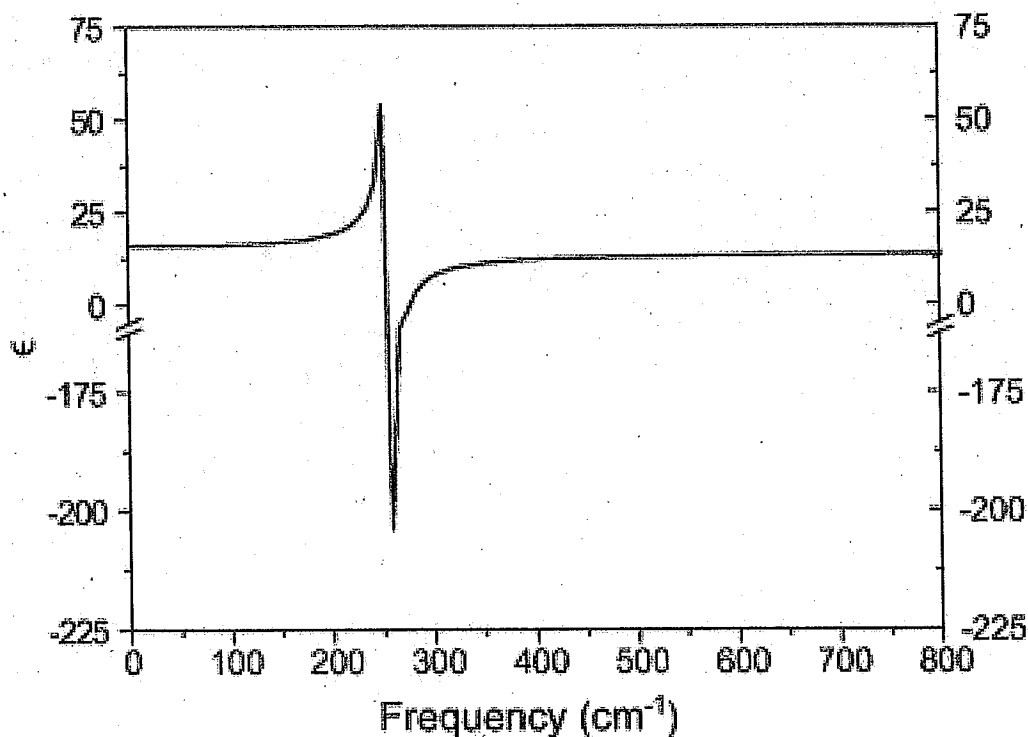


Fig. 1: Partie réelle de la fonction diélectrique du matériau X.

Question 2 (15 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 méthode LCAO, une orbitale hybride sp^3 est occupée par un électron dans un état s et par 3 électrons qui sont chacun dans un état p .
- (2) Dans la zone de Brillouin, lorsqu'on considère l'interaction d'une onde électromagnétique avec un cristal de paramètre cristallin $a = 2\pi \text{ \AA}$, le régime "optique" correspond à des vecteurs d'onde de l'ordre de π/a .
- (3) Dans un cristal, les opérateurs quantiques décrivant les amplitudes de vibration de deux atomes différents du cristal ne commutent pas entre eux.
- (4) En physique quantique, une expérience de diffraction inélastique de neutrons par un cristal s'interprète comme des échanges d'énergie et de quantité de mouvement du neutron avec l'un des atomes du cristal.
- (5) En mécanique quantique, l'interaction entre dipôles électriques est nécessairement répulsive.

Question 2 (12 points)

Les figures 2 et 3 représentent les relations de dispersion de deux cristaux A et B.

- (a) Sur la base de ces figures, expliquer quel cristal correspond à CaF_2 et à quel cristal correspond à CaO .
- (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 B dans la direction de la Zone de Brillouin [001]. Quelles branches (traits continus ou interrompus) correspondent aux modes de vibrations optiques transverses ? Justifier la réponse.
- (d) Considérons le cristal A. 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) ?

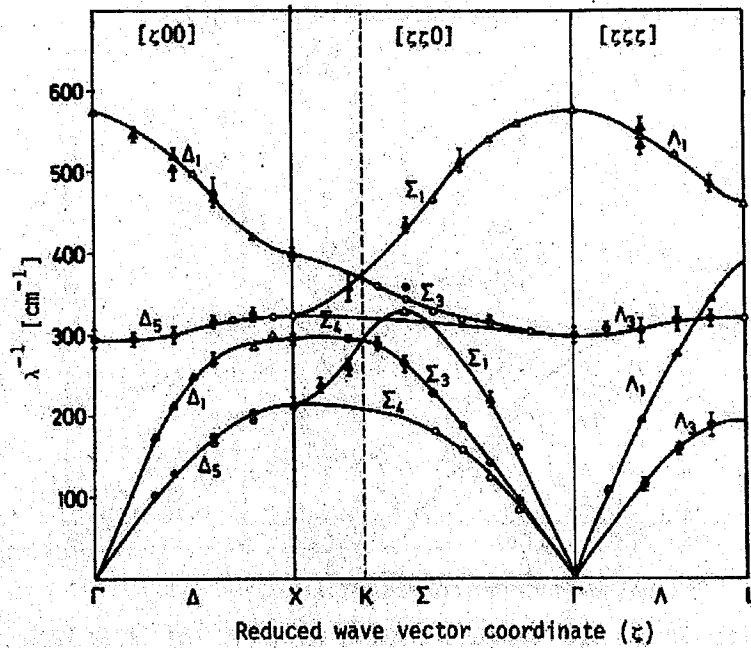


Fig.2: Relations de dispersion des phonons du cristal A mesurées par diffraction de neutrons [points expérimentaux, H.Rieder, B.A.Weinstein, M.Cardona, H.Bilz, Phys.Rev. B **8**, 4780 (1973)] et calculée à l'aide d'un modèle à 11 paramètres [traits continus, "shell model", D.H.Saunderson, G.Peckham, J.Phys. C **4**, 2009 (1971); R.P.Vijayaraghavan, Marsongohari, P.K.Iyengar in: Neutron Inelastic Scattering (IAEA, Vienna 1972) p.95. Phys.Rev. B **3**, 1482 (1971); 5. K.S.Upadhyaya and R.K.Singh, J.Phys.Chem Solids **36**, 293 (1975)].
Attention : les ordonnées sont en unités de nombres d'ondes de photons dans le vide !

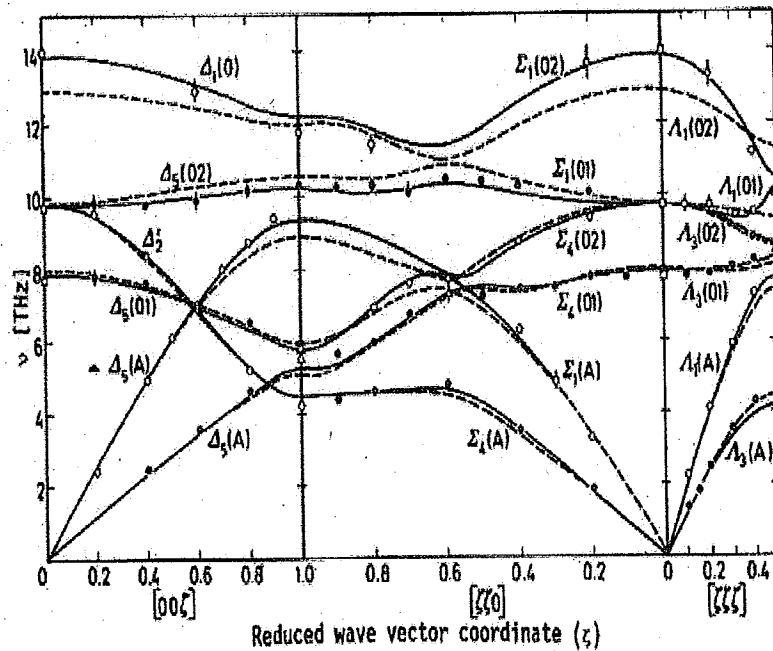


Fig.3: Relations de dispersion des phonons du cristal B (a est le paramètre cristallin) mesurée par diffraction de neutrons (points), calculée à l'aide d'un modèle à 13 paramètres ("shell model", traits continus) et par un modèle à 7 paramètres ("modèle d'ions rigides", traits interrompus) [M.M.Elcombe, A.W.Pryor, J.Phys. C **3**, 492 (1970)].

