

**Question 1 – Loi de Dulong et Petit (12 pts)**

- a) A partir de la loi de Boltzmann, démontrez que la chaleur spécifique à volume constant est donnée par la loi de Dulong et Petit :

$$C_V = 3R$$

où  $R$  est la constante des gaz parfaits.

- b) Pour quel cristal cette loi est manifestement fautive à température ambiante ?  
c) Quelle hypothèse fait Einstein dans son modèle permettant d'interpréter les résultats mesurés ?

**Question 2 – Potentiel interatomique (12 pts)**

- a) Quelle hypothèse permet de justifier la définition d'une énergie potentielle d'interaction entre les atomes ?  
b) Quel effet physique est représenté par un potentiel de sphères dures ?  
c) Le Xe est un cristal monoatomique avec un réseau de Bravais cubique à faces centrées à basses températures. On représente le potentiel d'interaction entre les atomes de Xe par :

$$V = 4\varepsilon \left[ \frac{\sigma^{12}}{R^{12}} - \frac{\sigma^6}{R^6} \right]$$

avec les paramètres  $\varepsilon=0.0200$  eV et  $\sigma=0.398$  nm déduits empiriquement de l'équation d'état du gaz. Calculez le paramètre cristallin du réseau et l'énergie de cohésion par atome du Xe selon ce modèle de potentiel.

- d) La valeur de l'énergie de cohésion par atome de Xe mesurée est de 0.17 eV. Expliquez l'origine plausible des différences entre votre calcul et cette valeur.

**Question 3 – Réseaux de Bravais et théorie de la diffraction (16 pts)**

- a) Représentez le réseau de Bravais hexagonal à deux dimensions, sa maille primitive et ses vecteurs primitifs.  
b) Représentez la maille d'un réseau de Bravais cubique centré et ses vecteurs primitifs.  
c) Démontrez la condition de diffraction de Bragg.  
d) Énoncez la condition de diffraction de Laue et démontrez son équivalence avec la relation de Bragg.