

Physique 10 – Module 21
Elément 1 : Introduction à la Physique des Matériaux
Evaluation 2 – Correction

L'absence d'unité ou le non-respect du bon nombre de chiffres significatifs enlève la moitié de la note.

Exercice 1 : Conductivités électriques du cuivre et de l'aluminium (7 points)

1.a (0.75 p)

$$a = 2\sqrt{2} r$$
$$a_{Cu} = 362 \text{ pm}$$
$$a_{Al} = 404 \text{ pm}$$

1.b (0.75 p)

$$\rho = \frac{4M}{N_A a^3}$$
$$\rho_{Cu} = 8,89 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$
$$\rho_{Al} = 2,72 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

2. (0.75 p)

$$n = \frac{4 \times \text{valence}}{a^3}$$
$$n_{Cu} = 8,43 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$$
$$n_{Al} = 1,82 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$$

3.

$$\sigma = n \cdot e \cdot \mu$$
$$\sigma_{Cu} = 6,00 \cdot 10^7 \text{ S.m}^{-1} \text{ (0.5 p)}$$
$$\sigma_{Al} = 3,81 \cdot 10^7 \text{ S.m}^{-1} \text{ (0.5 p)}$$
$$\frac{\sigma_{Cu}}{\sigma_{Al}} = 1,57 \text{ (0.25 p)}$$

4. La grande conductivité électrique du cuivre fait que ce conducteur est peu résistant ce qui permet son utilisation dans le transport de l'électricité en diminuant les pertes par effet joule. (0.5 p)

La faible masse volumique de l'aluminium permet de limiter la masse des avions et minimiser ainsi la consommation de carburant. (0.5 p)

5. On sait que :

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

a. Puisque la résistivité croît en fonction de la température la conductivité diminue. (0.5 p)

b. Lorsque la température du réseau augmente, les vibrations du réseau augmentent et la densité de phonons augmente entraînant un accroissement du nombre de collisions entre les électrons et les phonons ce qui entraîne une décroissance de la mobilité et par conséquent une réduction de la conductivité. (1 p)

6.a. C'est le phénomène de supraconductivité. (0.5 p)

b. Production des champs intenses pour l'imagerie médicale (TD série 4 – Ex 4) (0.5 p)

Exercice 2 : Conductivité d'un cristal de germanium (7 points)

1.a

$$n_i = 10^{22} \times 300^{\frac{3}{2}} \times \exp\left(-\frac{0,67 \times 1,60 \cdot 10^{-19}}{2 \times 1,38062 \times 10^{-23} \times 300}\right) = 1,2 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3} \text{ (0.75 p)}$$

1.b Dans un semiconducteur la conductivité est due à la fois aux électrons et aux trous:

$$\sigma = e(p \cdot \mu_p + n \cdot \mu_n)$$
$$n = p = n_i$$
$$\sigma = e n_i (\mu_p + \mu_n)$$
$$\sigma = 10 \text{ S.m}^{-1} \text{ (1 p)}$$
$$\frac{\sigma_{Cu}}{\sigma_{Ge}} = \frac{6,00 \cdot 10^7}{10} = 6 \cdot 10^6 \text{ (0.25)}$$

2.a. La concentration en atomes dans le cristal de germanium est donnée par la formule:

$$n_{Ge} = \frac{N}{V} = \frac{d \times \rho_{eau} \times N_A}{M_{Ge}}$$

$$n = 10^{-7} \times n_{Ge} = \frac{10^{-7} \times d \times \rho_{eau} \times N_A}{M_{Ge}} \quad (0.5 \text{ p})$$

$$n = 4,44 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3} \quad (1 \text{ p})$$

b.

$$\frac{n}{n_i} = \frac{4,44 \cdot 10^{21}}{1,2 \cdot 10^{20}} = 37 \quad (1 \text{ p})$$

c.

$$p = \frac{n_i^2}{n} = 3,2 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3} \quad (1 \text{ p})$$

d.

$$\sigma = e(p \cdot \mu_p + n \cdot \mu_n)$$

$$\sigma = 1,60 \cdot 10^{-19} \times (3,2 \cdot 10^{18} \times 0,17 + 4,44 \cdot 10^{21} \times 0,36)$$

$$\sigma = 2,6 \cdot 10^2 \text{ S.m}^{-1} \quad (1 \text{ p})$$

e.

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 26 \quad (0.25 \text{ p})$$

Un dopage de 10^{-7} par atome de germanium permet de multiplier la conductivité par un facteur de 26 (0.25 p).

Exercice 3 : Energie de cohésion du néon Ne (6 points)

1. Les paramètres σ et ε :

- ε : a la dimension d'une énergie, il représente l'énergie de cohésion ramenée à un seul atome.

- σ : la distance à partir de laquelle l'interaction devient nulle, il y a compensation entre l'attraction VW et la répulsion électronique.

2. En égalant les deux expressions :

$$A = -4\varepsilon\sigma^6 \quad (0.5 \text{ p})$$

$$B = 4\varepsilon\sigma^{12} \quad (0.5 \text{ p})$$

3. A l'équilibre l'énergie est minimale, sa dérivée s'annule pour $r = r_0$, r_0 étant la distance entre les premiers proches voisins :

$$r_0 = 2^{\frac{1}{6}} \times \sigma = 1,12 \sigma \quad (1 \text{ p})$$

4.a

$$r_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} a = 3,15 \text{ Å} \quad (1 \text{ p})$$

b.

$$\sigma = \frac{r_0}{1,12} = 2,81 \text{ Å} \quad (1 \text{ p})$$

c.

$$E_c = 6N\varepsilon \quad (0.5 \text{ p})$$

d.

$$E_c = 1,93 \text{ kJ.mol}^{-1} \quad (0.5)$$

e. L'écart relatif entre la valeur calculée et la valeur expérimentale est :

$$\frac{\Delta E_c}{E_c} = 2,4\% \quad (0.5)$$

f. Interprétation : Les paramètres obtenus à partir des propriétés des gaz à faible densité (deuxième coefficient du viriel) donnent une description cohérente de la liaison très faible du néon solidifié. (0.5 p)