

**-EXERCICE 1.1-**• **ENONCE :**

« Conductivité électrique d'un métal »

- La conduction électrique dans un fil de cuivre de rayon  $R=0,5\text{mm}$  est assurée par des électrons libres de masse  $m$ , de charge  $-e$ , en nombre  $n$  par unité de volume.

- On donne :  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} =$  nombre d'Avogadro

$$\mu = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = \text{masse volumique du cuivre ;}$$

$$M_{\text{Cu}} = 63,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \text{masse atomique du cuivre}$$

- 1) Déterminer la « vitesse d'ensemble »  $v$  des électrons libres pour un courant  $I = 3\text{A}$  ; on admettra que chaque atome de cuivre libère en moyenne un électron et que le vecteur densité de courant  $\vec{j}$  est uniforme.
- 2) On suppose que la vitesse  $\vec{v}$  est de la forme :  $\vec{v} = -\frac{e\tau}{m} \times \vec{E}$ , où  $\tau$  est la durée moyenne entre 2 chocs consécutifs, et  $\vec{E}$  le champ électrique subi par un électron ; exprimer la conductivité  $\gamma$  du cuivre en fonction de  $n, e, \tau$  et  $m$ .
- 3) Montrer que la puissance dissipée par unité de volume vaut  $\frac{dP}{d\tau} = \gamma E^2$  (= loi de Joule « locale »).

• CORRIGE :

« Conductivité électrique d'un métal »

 1) Le courant étant uniforme, on peut écrire :  $j = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi R^2}$ 

 Par ailleurs :  $\vec{j} = -ne\vec{v}$ , avec  $n = \frac{N_A}{(M_{Cu}/\mu)}$   $\Rightarrow$   $v = \frac{M_{Cu} \times I}{\pi R^2 e \mu N_A}$      A.N :  $v = 0,28 \text{ mm.s}^{-1}$ 

**Rq** : il ne faut surtout pas confondre cette « vitesse d'ensemble » d'un paquet d'électrons (ou de « dérive » le long du fil de cuivre), avec la vitesse individuelle d'un électron entre 2 chocs successifs, qui est de l'ordre de quelques  $10^3 \text{ km.s}^{-1}$ .

 2) On injecte la relation fournie par l'énoncé dans  $\vec{j} = -ne\vec{v}$ , pour obtenir :

 $\vec{j} = \frac{ne^2\tau}{m} \vec{E}$ , que l'on identifie avec la loi d'Ohm locale  $\vec{j} = \gamma \vec{E} \Rightarrow \gamma = \frac{ne^2\tau}{m}$ 

 3) Placé dans un champ électrique  $\vec{E}$ , un électron subit une force  $\vec{F} = -e\vec{E}$  ; la force volumique subie par les électrons vaut donc :  $\vec{f}_{vol} = \frac{d\vec{F}}{d\tau} = -ne\vec{E}$ .

 On en déduit la puissance volumique de cette force :  $\frac{dP}{d\tau} = -ne\vec{E} \cdot \vec{v} = \frac{ne^2\tau}{m} E^2 = \gamma E^2$ 

**Rq** : l'énergie électrique du champ  $\vec{E}$  est communiquée aux électrons sous forme d'énergie cinétique ; elle est ensuite transmise aux ions du réseau cristallin lors des « chocs ».

Les ions se mettent à vibrer davantage, et la température du fil s'élève : c'est cet aspect thermique macroscopique que l'on appelle « effet Joule ».