1 Introduction

On a des grosses disparités sur les valeurs de conductivité des solides : 27 ordres de grandeurs.

2 Modèle de Drude

2.1 Principe et hypothèses

On considère un gaz d'électrons soumis à un champ électriques qui vérifient :

- les électrons ne font des chocs qu'avec des atomes
- On a des collisions instantanées
- On note τ le temps moyen entre deux collisions
- On considère que l'équilibre thermodynamique est atteint. La température est alors uniforme dans le conducteur, et la distribution des vitesses après chocs est uniforme, de norme liée à la température.

On montre alors que $\mathbf{j} = \sigma E$ où σ la conductivité qui s'écrit :

$$\sigma = \frac{\tau n e^2}{m} \tag{1}$$

2.2 ordre de grandeur

On a $\tau = \mathrm{lpm}/v$ avec un libre parcours moyen d'environ 1 Å et une vitesse quadratique moyenne qui s'écrit $\sqrt{3kT/m}$. On trouve alors une conductivité de l'ordre de 10^7 S/m.

2.3 Limites du modèle et discussion

En fait, le libre parcours moyen est plutôt de l'ordre de 100 Å donc pour rester cohérent sur les conductivités, on doit avoir des vitesses qui ne sont plus du tout "thermiques" : beau coup de bol que ça ait marché.

Si on suppose une distribution de Maxwell Boltzmann, on a $\sigma_{\text{Drude}} \propto 1/\sqrt{T}$, or on mesure plutôt expérimentalement $\sigma \propto 1/T$.

3 Gaz d'électrons de Fermi (modèle de Sommerfeld)

3.1 Motivations et hypothèses

En regardant la longueur d'onde thermique de De Broglie, on voit qu'un traitement quantique est nécessaire. On va faire quelques hypothèses :

- électrons indépendants
- Pas d'interactions (comme par exemple des chocs avec les phonons du réseau)
-

Le Hamiltonien s'écrit donc sous la forme

$$\mathcal{H} = \sum_i \frac{{p_i}^2}{2m} \tag{2}$$

3.2 Solutions

On cherche des solutions à l'équation de Schrödinger pour une particule libre en régime permanent. Donc sous la forme :

$$\Psi = \phi(\mathbf{r}) e^{iEt/\hbar} \tag{3}$$

avec ϕ qui vérifie l'équation $\Delta\phi = E\phi$. Les solutions s'écrivent alors :

$$\phi(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{V}} e^{i\mathbf{k}.\mathbf{r}} \tag{4}$$

avec

$$E = \frac{\hbar^2 \mathbf{k}^2}{2m} \tag{5}$$

en supposant des conditions limites périodiques, on détermine enfin les états accessibles pour un électron qui se mettent sous la forme :

$$k_i = \frac{2\pi n_i}{L} \tag{6}$$

On en déduit le volume d'espace des phases occupé par un état $\Omega = (2\pi/L)^3$.

3.3 État fondamental à N électrons

On trace dans l'espace des **k** qui est $\mathbb{Z}^3$. En remplissant par k croissant car l'énergie totale est fonction croissante de la norme de **k**. On trace ainsi la sphère de Fermi dont on peut déterminer le rayon puisqu'on connaît le nombre total de particules et le volume qu'un état occupe dans l'espace des phases (lié à la quantification de k). On trouve

3.4 Mécanisme de la condction

On peut pour commencer réaliser une approche semi classique qui donne que quand on ajoute un champ électrique, on vient donner une impulsion globale à tous les électrons (on fait un PFD) :

$$\delta \mathbf{p} = -e\tau \mathbf{E} \tag{7}$$

En conséquence, on vient translater la sphère de fermi. Les électrons qui peuvent participer à la conduction sont ceux du bord de bande qui passent dans un état excité.