

LP23: Mécanismes de la conduction électrique dans les solides

Alexandre Fafin

24/05/18

Références

- [1] N. W. Ashcroft and N. D. Mermin. *Physique des solides*. EDP Sciences, 2002.
- [2] A. Durupthy. *Chimie des matériaux inorganiques*. H-prépa, 1996.
- [3] J.Ph. Pérez. *Electromagnetisme : fondements et applications*. Dunod, 2011.
- [4] M.-N. Sanz. *Physique tout-en-un, PC, PC**. Dunod, 2014.

Niveau

L2

Prè-requis

- Electrostatique
- Electricité
- Théorie cinétique des gazs
- Mécanique
- Distribution de Fermi-Dirac

Objectifs

- Modèle classique de la conductivité électrique
- Notion de théorie ds bandes
- Distinction entre isolant, conducteur et semi-conducteur

Table des matières

1	Modèle de Drude[1]	2
1.1	Hypothèses	2
1.2	Calcul de la conductivité électrique	2
1.3	Lien entre la loi d’Ohm locale et intégrale[4]	2
2	Prise en compte d’effets quantiques	2
2.1	Limites du modèle de Drude[1]	2
2.2	Modèle de Sommerfeld[1]	2
2.3	Bandes d’énergie dans les solides[2, 3]	2
2.4	Cas des semi-conducteurs	2

Introduction

1 Modèle de Drude[1]

1.1 Hypothèses

Citer les hypothèses du modèle :

- Pas d'interaction électrons/électrons et électrons/ions entre deux collisions → Mouvement rectiligne uniforme (approximation des
- Collisions = événements instantanés. Drude pensait que les électrons collisionnaient sur les noyaux.
- Probabilité de collision par unité de temps $1/\tau$ avec τ le temps de libre parcours moyen

1.2 Calcul de la conductivité électrique

- Calcul en régime permanent pour arriver à la vitesse limite. On arrive à $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ avec

$$\gamma = \frac{ne^2\tau}{m} \quad (1)$$

- Ordre de grandeur pour un métal. Application au cuivre où $\rho = 8,96 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et $M=63,5 \text{ g/mol}$. Le nombre de porteur par unité de volume est :

$$n = \frac{\rho N_A}{M} \quad (2)$$

- Dans le cas des métaux la durée du régime transitoire est négligeable [3]

1.3 Lien entre la loi d'Ohm locale et intégrale[4]

- Loi d'Ohm local : $\vec{j} = \gamma \vec{E}$
- Dans le cas statique, Loi d'Ohm intégrale $U = RI$ avec

$$R = \frac{l}{\gamma S}$$

2 Prise en compte d'effets quantiques

2.1 Limites du modèle de Drude[1]

- Le modèle de Drude prévoit une augmentation de la résistance en fonction de la racine de la température. Or expérimentalement on constate de la résistance diminue linéairement avec la température.
- **Manip** Mesure de la conduction électrique en fonction de la température
- Loi de Wiedemann-Franz : on obtient l'ordre de grandeur mais il y a un facteur 2

2.2 Modèle de Sommerfeld[1]

- Présentation de la statistique de Fermi-Dirac
- Présentation du modèle de Sommerfeld
- Loi de Wiedmann-Franz : bon ordre de grandeur
- Problème : On ne peut pas distinguer isolants et semi-conducteurs d'un métal

2.3 Bandes d'énergie dans les solides[2, 3]

- Amener la notion de bandes d'énergie.
- Discuter du niveau de Fermi pour un isolant et métal (et peut-être semi-conducteur)
- Donner des ordres de grandeurs

2.4 Cas des semi-conducteurs

Conclusion

- Drude et Sommerfeld : pas mal pour reproduire certaines propriétés des métaux. Par contre ça ne permet pas de distinguer un isolant d'un métal.
- (3) Ouvrir sur la supraconductivité, ou un corps à une température inférieure

à sa température critique ne présente aucune résistance électrique. Modèle quantique nécessaire (théorie BCS, paires de cooper).