

**LP n° 47 Titre :** Mécanismes de la conduction électrique dans les solides

**Présentée par :** Emmanuelle Martinot (docteur)

**Rapport écrit par :** Thibault Chastel

**Correcteur :** Yves Guldner

**Date :** 12/02/19

### Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
<b>Solid State</b>	<b>Kittel</b>		
Physique du solide	Ashcroft Mernin		
BUP 550			
Physique expérimentale	Le Diffon	De Boeck	

### Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : L3

Pré-requis : Electrocinétique, Electromagnétisme, Physique statistique, Physique Quantique

#### I) Modèle de Drude

- 1) Hypothèse du modèle
- 2) Conductivité électrique
- 3) Limites du modèle
  - Manip : conductivité électrique du cuivre en fonction de la température
  - ➔ mesure de la résistivité résiduelle

#### II) Modèle du gaz d'électrons quantiques

- 1) Quantification des états électroniques
- 2) Niveau de Fermi
- 3) Densité des états électroniques
- 4) Distribution de Fermi-Dirac
- 5) Conductivité électrique

### Questions posées par l'enseignant

Questions :

- Quel est le message de votre leçon ?
- Pourquoi il y a des bandes ?
- Doit-on avoir un chevauchement de bande pour un métal ? non
- Quelles sont les bandes qui conduisent et celles qui ne conduisent pas ?
- Pourquoi la bande de valence ne conduit pas alors qu'elle est pleine d'électrons ? Principe de Pauli
- Énergie de gap du diamant ? environ 5 eV
- Pourquoi dans Drude on a des collisions électron-ion et pas électron-électron ? Pourquoi pas un électron (-) ne va pas être diffusé par un autre électron (-).
- C'est quoi la mobilité ? unité ? unité de  $\sigma$  ? de la résistivité ?

- Manip : explication de la résistivité négative obtenue ? valeur intrinsèque ou extrinsèque ?
- Pourquoi on a eu besoin d'un autre modèle que Drude ? pas de raison de négliger les collisions electron/electron !
- Pourquoi  $1/\sqrt{V}$  dans la fonction d'onde ?
- OdG de l'énergie de Fermi ?
- Tous les électrons participent à la conduction !
- C'est les défauts de la périodicité qui introduisent les collisions et non pas le réseau cristallin (IMPORTANT)
- Conduction électrique pour autres que les métaux ?
- Qu'est ce qu'on règle dans un semi-conducteur ? Le niveau de Fermi
- Dans un ordinateur : comment on règle le niveau de Fermi ?
- Pourquoi on dope un semi conducteur ? gap du silicium ?
- C'est quoi un trou ?

### Partie réservée au correcteur

#### Avis sur le plan présenté

Le plan choisi est assez logique, un peu trop centré sur les métaux.

#### Concepts clés de la leçon

Définition des grandeurs caractérisant la conduction d'un solide à partir du modèle de Drude : conductivité, résistivité, temps de collision, mobilité des électrons...

Limite du modèle de Drude et nécessité du traitement quantique.

Existence d'un gaz de Fermi d'électrons libres dans un solide conducteur. Notion de vitesse et de température de Fermi.

Origine des bandes d'énergie dans un solide cristallin, remplissage des bandes. Cas des métaux, des isolants, des semi-conducteurs.

#### Concepts secondaires mais intéressants

Mécanismes de collision des électrons (phonons, impuretés, joints de grain, défauts ponctuels, dislocations...)

Comment peut-on varier la conduction d'un semi-conducteur en variant son potentiel chimique par dopage ou en appliquant un potentiel électrique (grille d'un transistor à effet de champ) ?

#### Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Variation en température d'une résistance métallique, d'un semi-conducteur.

#### Points délicats dans la leçon

Compréhension du déplacement de la sphère de Fermi lors de l'application d'un champ électrique.

Collisions des électrons de vecteur d'onde  $k=k_F$

Le gaz d'électrons libres (classique ou quantique) n'est pas suffisant pour expliquer la conduction électrique des solides. L'existence de bandes d'énergie et leur remplissage sont nécessaires.

Ce sont les défauts de périodicité du cristal qui sont à l'origine des collisions des électrons.

#### Bibliographie conseillée

Kittel

Ashcroft et Mermin