

# Commentaires/Liste de questions/Biblio LP47 - Mécanismes de la conduction électrique dans les solides

Prépa agreg ENS Paris-Saclay

## 1 Titres alternatifs/Proposition de plan

### 1.1 Titres alternatifs

- Phénomènes de transport dans les solides
- Transport du courant électrique dans les solides - Effet Hall
- Transport du courant électrique dans les solides - Métaux et semi conducteurs
- Transport du courant électrique en phase condensée - solides et solutions électrolytiques

### 1.2 Proposition de plan

Intro : Explication phénoménologique du phénomène de conduction électrique, complétée par des tables de conductivités pour mettre en avant les différents comportements possibles...

#### I- Modèle de Drude

##### I-1. Modèle de Drude

hypothèses, résolution en régime permanent, interprétation du terme de collision comme force de frottement visqueux.

##### I-2. En régime sinusoïdal forcé. Conductivité optique.

#### II- Prolongations du modèle de Drude

##### II-1. Ajout d'un champ magnétique-effet Hall

##### II-2. Résolution en régime forcé, application à la transparence des métaux

#### III- Limites du modèle de Drude

(a) Résultats expérimentaux non prédits ou en contradiction, impossibilité d'expliquer pourquoi certains matériaux sont conducteurs et d'autres non.

(b) Aperçu de la théorie des bandes, distinction métal, isolant, semi-conducteur.

Ouverture : Applications, supraconducteurs, nanostructures...

## 2 Biblio

- Ashcroft Mermin
- Perez, EM
- BFR, EM1
- Kittel (chap 7), pas trop mal sur les bandes
- S. Datta, Quantum transport

## 3 Commentaires et questions

### 3.1 Commentaires sur la présentation

- Le timing doit être mieux maîtrisé : la dernière partie a été un peu sabordée, les semi conducteurs n'ont pas pu être discutés autant que nécessaire
- Attention aux petites erreurs (vecteur=scalaire, pb d'homogénéité dans la présentation de l'effet Hall) : c'est déstabilisant, et ça donne du grain à moudre aux membres du jury friands de questions non pertinentes...
- L'analogie hydraulique proposée n'est pas forcément très claire (voire pas vraiment utilisable).
- Le modèle de Drude n'est pas forcément à dénigrer trop fortement : dès lors qu'on se cantonne au cas des métaux, on peut retrouver le modèle de Drude à partir de l'approximation du temps de relaxation (cf. Ashcroft notamment), qui donne un éclairage nouveau sur le temps typique intervenant dans Drude.

### 3.2 Liste de questions

1. Peut-on en toute rigueur parler d'isolant à  $T \neq 0$ ?
2. Qu'est-ce que la mobilité?
3. Comment prendre en compte plusieurs espèces dans le modèle de Drude?
4. Comment se produit la conduction du courant en solution électrolytique? Similarités entre le modèle de Drude et la loi de Kohlrausch?
5. Le comportement de la conductivité en  $1/\sqrt{T}$  est-il un problème du modèle de Drude ou de la statistique classique?

6. Dans la construction du modèle de Sommerfeld, comment calculer le vecteur d'onde de Fermi  $k_F$ ? Quel est le lien avec des quantités expérimentales?
7. Quelle est la différence fondamentale entre les modèles de Drude et de Sommerfeld?
8. Qu'est-ce qu'un semi-conducteur intrinsèque/extrinsèque? Que signifie gap direct/indirect?
9. Qu'est-ce qu'un semimétal?
10. Comment expliquer la supraconductivité?
11. Qu'est-ce que la thermoélectricité?
12. Qu'est-ce que la conductivité optique?
13. Quel est le lien entre la conductivité thermique et la conductivité électrique? Pourquoi les deux sont-elles différentes? Les phonons participent aussi à la conductivité thermique
14. Qu'est-ce que la loi de Wiedemann-Franz? Quel est son domaine de validité?
15. Que sont les régimes balistiques et diffusifs de la conduction?
16. Qu'est-ce que le quantum de conductance?
17. Que se passe-t-il en présence d'un champ magnétique? Qu'est-ce que l'effet Hall? Comment se manifeste l'effet Hall quantique?
18. Quels sont les succès et les échecs du modèle de Drude?
19. Comment se construit la fonction d'onde pour des électrons sans interaction? déterminant de Slater
20. En quoi  $300\text{ K}$  est une basse température pour un métal? Ce qui compte, c'est le rapport  $T/T_F$  et  $T_F \simeq 10^4\text{ K}$ . Attention, ce n'est plus vrai dans les structures de basse dimension...
21. Comment les interactions modifient-elles la conductivité en première approche? Dans la théorie du liquide de Fermi, l'effet premier des interactions est de modifier la masse, qui devient une masse effective plus grande que la masse "nue".
22. Dans le modèle de Drude, qu'est-ce que la vitesse de dérive?
23. Qu'est-ce que la mobilité?
24. Comment s'écrit la conductivité en régime AC dans le modèle de Drude? Quels régimes peut-on ainsi identifier?