

# MP18 : SEMI-CONDUCTEURS

6 avril 2017

*"Freine !" "T'inquiète, je conduis mieux à chaud."*  
VIN DIESEL, SEMI-CONDUCTEUR

Corentin Gourichon & Lucien Causse

## Bibliographie

- ⚡ *Dictionnaire de physique expérimentale, Tome III et tome IV, Jean-Marie Donnini, Lucien Quaranta*
- ⚡ *Expérience de physique, Roger Duffait*

## Expériences

- 👤 Étude d'une thermistance CTN
- 👤 Mesure de la conductivité d'une plaque SC dopée
- 👤 Effet Hall dans un SC
- 👤 Étude d'une photorésistance
- 👤 Présentation d'une diode laser

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Étude d'un semi conducteur intrinsèque : la CTN</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Semi-conducteur extrinsèques</b>	<b>2</b>
3.1	Conductivité	2
3.2	L'effet Hall	3
<b>4</b>	<b>Applications</b>	<b>3</b>
4.1	Un capteur de lumière : la photorésistance	3
4.2	La diode laser	4

## 1 Introduction

Dans une séquence précédente, on a étudié les métaux, qui se sont vu caractérisés par leurs grandes conductivités thermique et électrique en comparaison aux isolants. Ces différentes propriétés sont explicables en étudiant la répartition énergétique des électrons. On distingue deux bandes d'énergie : la bande de conduction et la bande de valence. Chez les isolants, la bande de valence est pleine et séparée de la bande de conduction, vide, par un gap d'énergie de l'ordre de 10 eV. Dans les métaux, ces bandes se chevauchent et de nombreux électrons peuplent donc la bande de conduction. Comme son nom l'indique les semi conducteurs sont à la frontière entre ces deux types de matériaux. C'est ce qu'on va étudier au travers de ce montage en commençant par mettre en lumière les propriétés des semi-conducteurs, remonter aux valeurs de l'énergie de gap et du nombre de porteurs. Enfin on étudiera une application : la jonction PN.

## 2 Étude d'un semi conducteur intrinsèque : la CTN

La thermistance est un semi-conducteur dont la résistance varie lorsque la température augmente. Elles sont utilisées comme thermomètre. Il existe des thermistances dont la résistance diminue si la température augmente (CTN, composées de semi conducteurs intrinsèque). Ainsi une augmentation de la température entraîne une augmentation du nombre de porteurs augmentant la conductivité du matériaux. Il existe d'autres thermistances dont la résistance

augmente quand la température augmente (CTP, cf : conduction dans les métaux). La formule de la résistance de la CTN est :

$$R = R_0 \exp \frac{E_g}{2k_b T} \quad (1)$$

### La thermistance

🔗 Duffait et Quarenta III

⊖ 20 minutes

Matériel

- Un GBF
- Un ampèremètre
- Une CTN de  $470 \Omega$
- Bain thermostaté

On envoie une tension continue au GBF. On branche en série l'ampèremètre et la CTN qu'on met dans un bain thermostaté. On étudie l'évolution de la résistance en fonction de la température.

On trace  $\ln(R) = f(\frac{1}{T})$  et on peut ainsi mesurer l'énergie de gap.

On trouve une énergie de gap de l'ordre de 0,75 eV ce qui correspond au gap du germanium.

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (2)$$

Remarque : à température ambiante l'énergie de gap est grande devant l'énergie d'excitation thermique. Afin d'avoir des matériaux ayant une conduction plus élevée à température ambiante, on ajoute des impuretés au cristal. Le SC est dit dopé P si l'on ajoute des trous dans la bande de valence, et dopé N si l'on ajoute des électrons à la bande de conduction. On va donc étudier ces semi-conducteurs dopés.

## 3 Semi-conducteur extrinsèques

### 3.1 Conductivité

On va réaliser la même expérience que précédemment sur une plaquette de SC dopé.

#### Conductivité d'un SC dopé

🔗 Quaranta IV

⊖ 10 minutes

Matériel

- Un voltmètre
- Plaque avec SC dopé
- Support pour plaque, sur laquelle on peut ajuster le courant et contrôler le chauffage
- Alimentation 12V alternatif pour alimenter le tout

On impose un courant de quelques mA avec le support, on chauffe la plaque SC jusqu'au alentours de 150 degrés (la notice conseille de ne pas dépasser 170 degrés, ainsi, si vous souhaitez vous aventurer au delà, soyez particulièrement vigilant à toutes fumées ou odeurs suspectes), et on relève en faisant refroidir à l'air la tension à différentes températures.

En traçant  $\ln(\sigma)$  en fonction de  $\frac{1}{T}$  on constate deux régimes de fonctionnement. Pour les basses températures, la conductivité est à peu près constante, seul les porteurs issus du dopage entrent en compte dans la conductivité, on dit qu'il y'a saturation extrinsèque. En augmentant la température, on parvient à un régime comparable à la CTN, le nombre de porteurs liés à l'excitation thermique n'est plus négligeable.

## 3.2 L'effet Hall

On va étudier l'effet Hall dans une plaquette semi conducteur afin de remonter au nombre de porteurs issus du dopage.

$$U = \frac{B * i}{n * q * b} \quad (3)$$

Avec n le nombre de porteur, q leur charge et b (2,5 mm dans notre cas) la largeur de la plaque SC.

### Effet Hall dans un SC

⚡ Quaranta

⌚ 30 minutes

Matériel

- Plaquette SC
- Support
- Electro aimant (On en monte un petit nous même avec bobines et noyaux de fer, sinon les fils branchés à la plaquette SC empêche de réduire l'entrefer des gros électroaimant)
- Voltmetre
- Teslametre

On impose un courant, on relève à la fois la tension de Hall et le champ magnétique, on fait varier B.

On trace la tension de Hall en fonction de B à température ambiante (en régime de saturation extrinsèque), la pente de la droite nous permet alors de remonter au nombre de porteur.

### Effet Hall dans un SC à différentes températures

⚡ Quaranta

⌚ 30 minutes

Matériel

- Lamêmchoz

Cette fois ci à B constant on fait varier la température et on relève la tension de Hall

On observe de nouveau les deux régimes exposés précédemment.

## 4 Applications

### 4.1 Un capteur de lumière : la photorésistance

On étudie le comportement d'une photorésistance et en particulier on veut retrouver la proportionnalité entre R et  $\frac{1}{flux}$ . La photorésistance est un composant électrique doté d'une jonction PN, association de deux semi conducteurs dopé P et dopé N. Un flux énergétique incident sur cette jonction PN va créer des paires de porteurs libres qui vont faire diminuer la résistance du composant.

### Photorésistance

⚡ Duffait

⌚ 15 minutes

Matériel

- Une diode laser qu'on réutilisera ensuite

- Un flux mètre
- Deux polariseurs
- Une Photorésistance
- Un Ohmmètre
- Une lentille courte focale

On fait varier l'intensité lumineuse en croisant plus ou moins polariseur et analyseur, on place alternativement le fluxmètre et la photorésistance là où focalise le faisceau.

On trace alors  $\ln(R)$  en fonction de  $\ln(\text{flux})$ . La photorésistance peut alors être utilisée comme capteur de flux lumineux.

## 4.2 La diode laser

De nouveau, une jonction PN entre en jeu ici. Cette fois ci, on apporte de l'énergie électrique qui est convertie en flux lumineux.

### Diode laser

⚡ Rien, éventuellement Sextant ou Duffait

⌚ 5 minutes

Matériel

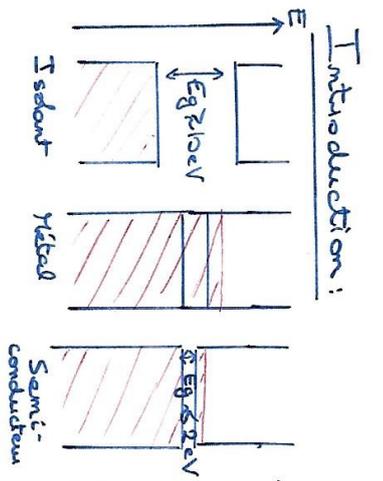
- Spectro
- Diode Laser
- Polariseur, analyseur pour ne pas saturer le spectro

On relève le spectre de la diode laser

On obtient une gaussienne centrée autour de 650 nm , ce qui équivaut donc bien à une énergie de gap de l'ordre de 2 eV.

## Remarques, questions intelligentes, cons et semi-cons

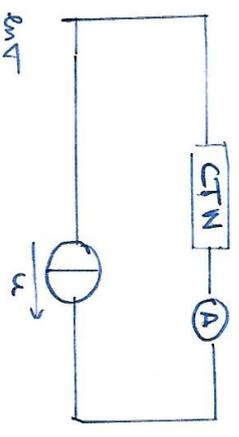
MP 18 : Semi-conducteurs



I Semi-conducteur pur :

la CTN  

$$V \sim e^{-\frac{E_g}{2k_B T}}$$



$$\frac{E_g}{2k_B} = \pm K$$

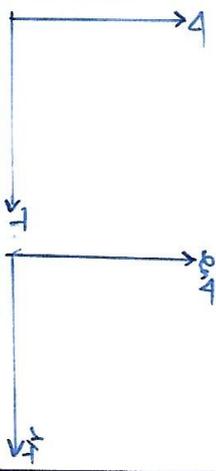
$$\Rightarrow E_g = \pm eV$$

$$E_g > k_B T_{amb} = 25 meV$$

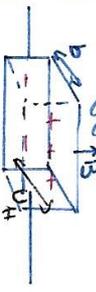
$$\Rightarrow \text{Dopage}$$

II Semi-conducteur dopé

A) Conductivité

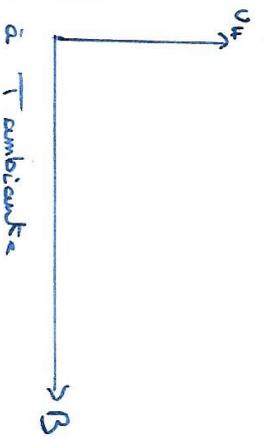


B) Effet Hall



$$u_H = \frac{i}{n_p \cdot q \cdot b} B$$

$n_p$ : nombre de porteurs  
 $q$ : leur charge



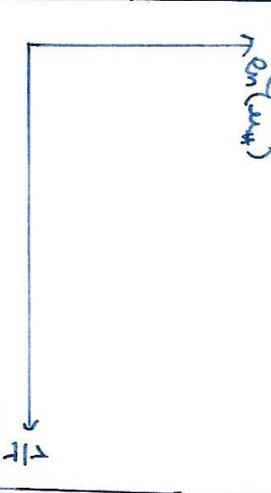
$$\Rightarrow \frac{i}{n_p q b} = \pm n \cdot T^{-1}$$

$$\Rightarrow n_p = \pm n \cdot m^{-3}$$

avec

$$T_{mp} = \sqrt{\left( \frac{1}{q b \text{ porte}} \right)^2 \Delta T^2 + \left( \frac{i}{q b^2 \text{ porte}} \right)^2 \frac{1}{V_b^2}} + \left( \frac{E}{q b \text{ porte}^2} \right)^2 \frac{1}{V_{porte}^2}$$

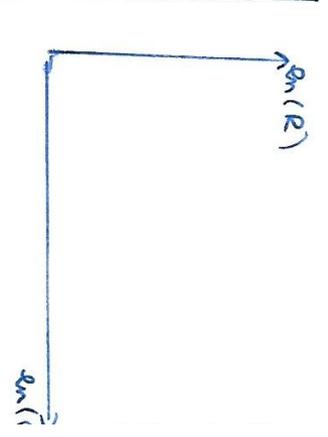
III Influence de T :



$\Rightarrow$  On retrouve  $E_a$   
 changement de régime

III Applications

A) Photoresistance



B) La diode laser



$$E_g = \frac{hc}{\lambda} = \pm eV$$