

Table des matières

1 Réponse spectrale d'une photodiode	1
1.1 Matériel utilisé	1
1.2 Mesures effectuées, résultats.	1
1.3 Remarques.	2
2 Conductivité d'un barreau de Germanium non dopé	4
2.1 Matériel utilisé	4
2.2 Mesures effectuées, résultats.	4
2.3 Remarques.	4
3 Effet Hall pour un barreau de Germanium dopé p	5
3.1 Matériel utilisé	5
3.2 Mesures effectuées, résultats.	5
3.3 Remarques.	5
4 Manip surprise : Mesurer l'inductance mutuelle de deux bobines	6
4.1 Résumé Rapide	6
4.2 Questions du correcteur relatives à la manip surprise	6
5 Questions et remarques du correcteur	6

1 Réponse spectrale d'une photodiode

Nous avons choisi de réaliser cette manip avec la photodiode plutôt que de tracer sa caractéristique ou vérifier son caractère linéaire pour valoriser l'exploitation des résultats en termes de matériaux semi-conducteurs. On peut en effet, grâce à cette expérience, remonter à une estimation de l'énergie de gap du silicium.

1.1 Matériel utilisé

- ▷ Ensemble pyromètre, monochromateur, hacheur optique, photodiode silicium
- ▷ Banc Optique
- ▷ Lampe quartz-iode
- ▷ Oscilloscope

1.2 Mesures effectuées, résultats

On réalise deux séries de mesures : la première avec un pyromètre a pour but de caractériser la réponse spectrale de la lampe QI; en effet, le pyromètre est un récepteur thermique à réponse dite plate (indépendante de la longueur d'onde). La deuxième permet de caractériser l'ensemble de la photodiode et de la lampe.

Le pyromètre est sensible à des variations de flux, d'où l'utilisation d'un hacheur optique en entrée du monochromateur (fréquence de l'ordre de 4Hz). Notez que ce hacheur n'est pas indispensable pour la photodiode, mais que l'on peut l'utiliser tout de même pour que les deux expériences soient réalisées dans les mêmes conditions.

En sortie de la photodiode, on observe à l'oscilloscope une tension image du photocourant (via un résistor intégré au dispositif) produit après réception d'un flux lumineux à une certaine longueur d'onde sélectionnée par le monochromateur. On trace la grandeur normalisée :

$$s(\lambda) = \frac{\frac{U_{photodiode}}{U_{pyromètre}}}{\max\left(\frac{U_{photodiode}}{U_{pyromètre}}\right)} \quad (1.1)$$

avec $U_{pyromètre}$ l'amplitude pic à pic du signal observé en sortie du pyromètre (première série de mesures), $U_{photodiode}$ celle obtenue en sortie de la photodiode lors de la seconde série de mesures.

Les résultats sont donnés dans la figure 3.

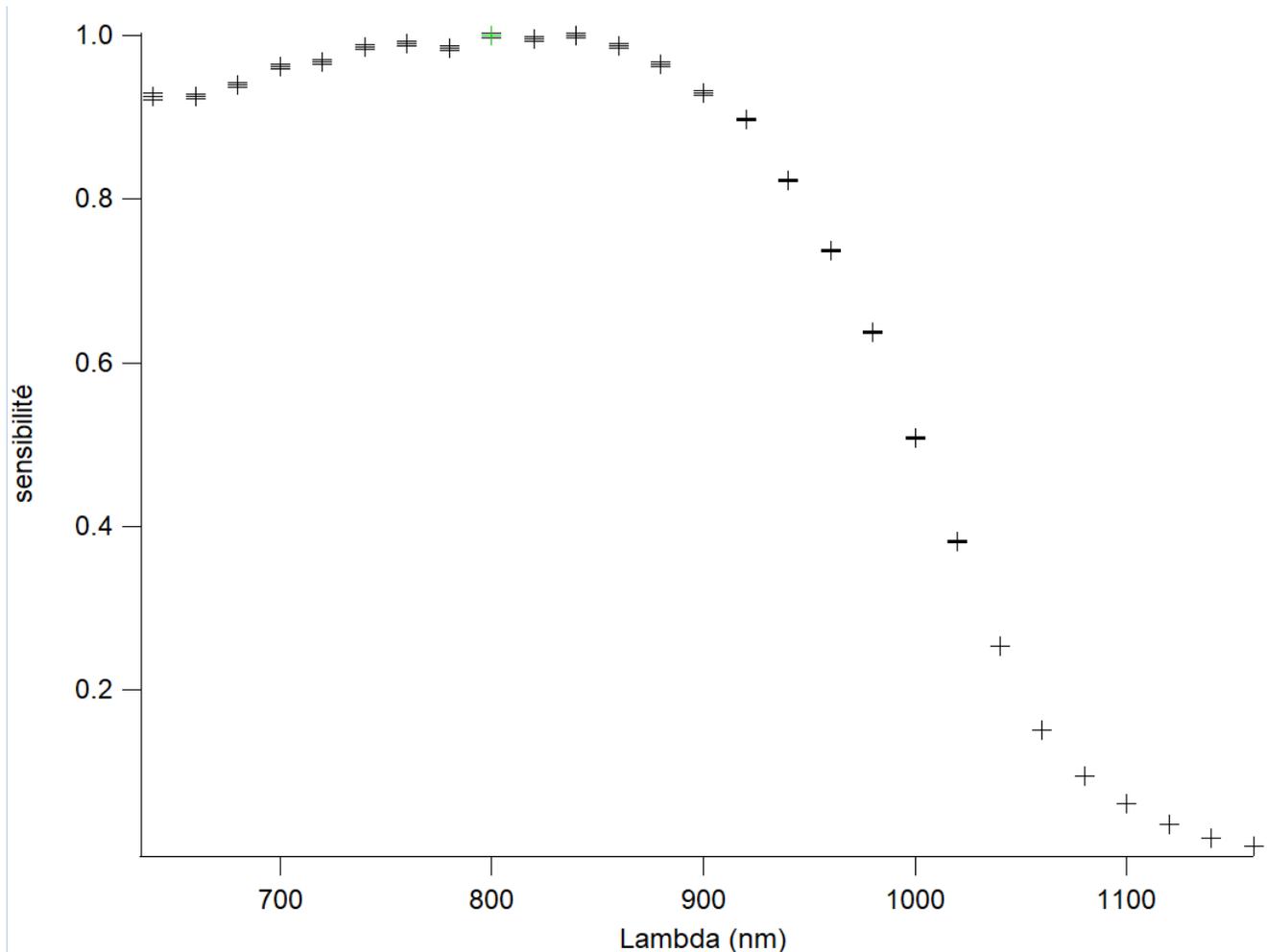


Fig. 1 – Courbe obtenue en préparation

On peut alors chercher la longueur d'onde critique après laquelle la photodiode peine à générer du courant (les photons reçus ne sont alors plus assez énergétiques pour que les électrons franchissent le gap) en se donnant un critère (par exemple coupure à -3dB donc amplitude de $\frac{1}{\sqrt{2}}$).

$$\lambda_c = \frac{hc}{E_g} \quad (1.2)$$

On trouve avec ce critère une longueur d'onde critique de l'ordre de 960 nm d'où une énergie de gap de l'ordre de 1.3 eV. On peut trouver comme valeur tabulée pour le gap du silicium : $E_g(Si) = 1.12eV$.

1.3 Remarques

▷ Nous avons ici pris des points tous les 10nm (affichés par le monochromateur, mais il faut penser à multiplier par deux comme indiqué sur le matériel) entre 320nm et 580nm ;

- ▷ Possibilité de réaliser une mesure en direct mais les résultats sont extrêmement sensibles à l'orientation de l'ensemble monochromateur + receptr, donc bien s'assurer que rien n'a bougé depuis la préparation ;
- ▷ Penser à allumer l'alimentation du photorécepteur pour les mesures ;
- ▷ L'incertitude sur le gap est majoritairement liée au critère que l'on se donne pour déterminer λ_c (la chute de sensibilité n'étant pas brutale), ici je l'ai en fait sous-estimée en ne considérant que la précision sur la longueur d'onde liée à l'expérience ;
- ▷ Attention à d'éventuelles saturations à l'oscillo (adapter le calibre en tension).

2 Conductivité d'un barreau de Germanium non dopé

2.1 Matériel utilisé

▷ Ensemble barreaux de Germanium

2.2 Mesures effectuées, résultats

On mesure la tension aux bornes du barreau de germanium, à courant fixé, en fonction de l'inverse de la température (en Kelvin !) pour remonter à l'énergie de gap (voir formule dans la notice).

$$\ln\left(\frac{lI}{SU}\right) = \ln(\sigma_0) - \frac{E_g}{2k_B T} \quad (2.1)$$

avec l et S les dimensions de la plaque données par la notice (penser à estimer l'incertitude sur ces grandeurs puisque la notice n'en donne pas), I le courant fixé à $4mA$ pour les résultats donnés dans la figure 2.

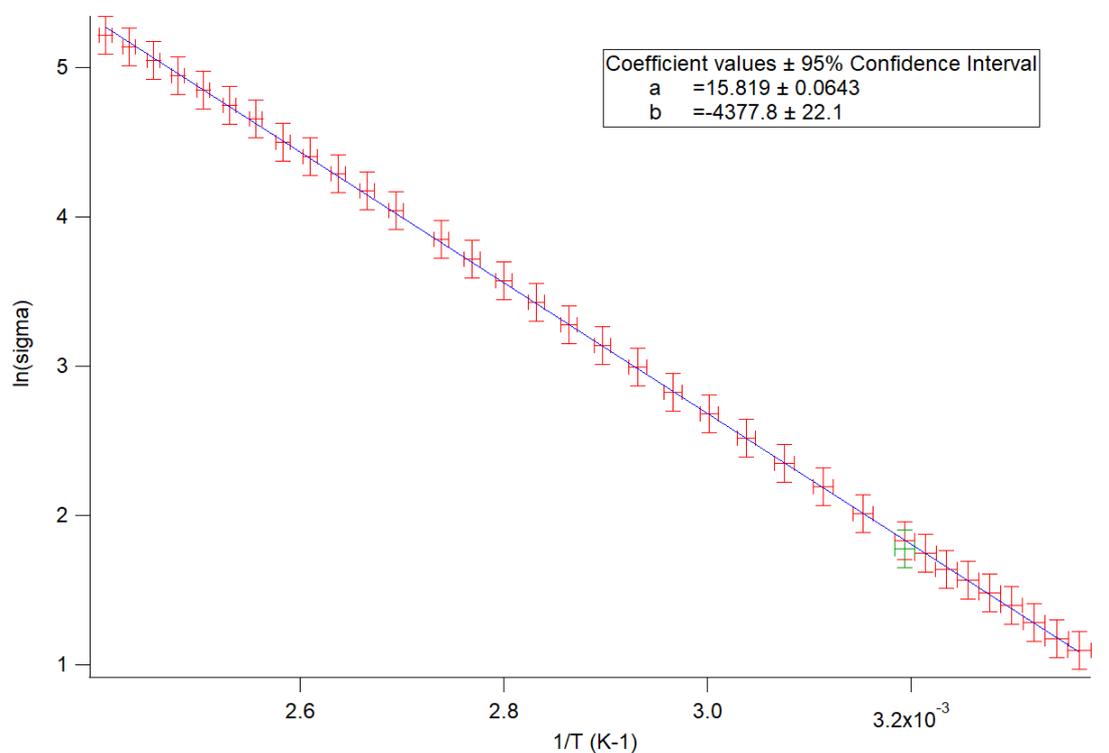


Fig. 2 – Courbe obtenue en préparation

De la pente de cette droite, on déduit E_g pour le germanium : ici $0.75 \pm 0.04eV$, la valeur tabulée étant $0.67eV$. Si l'intervalle donné pour la valeur expérimentale est à 1σ , on peut calculer le Z-score et le comparer à 2 :

$$Z_{score} = \frac{|E_g^{exp} - E_g^{tab}|}{\sigma} \quad (2.2)$$

2.3 Remarques

- ▷ Manip très reproductible et pour laquelle il est facile de réaliser des branchements en direct ;
- ▷ Les points expérimentaux ont été obtenus d'une traite, en attendant que la température diminue à partir de la température maximale et en essayant de prendre une valeur intermédiaire de tension pour chaque température (vous verrez que la tension varie assez significativement pour une même température affichée, du fait de la précision au degré près) ;
- ▷ J'ai pris des points tous les 4 degrés à haute température pour avoir le temps de tout noter, à basse température on a davantage de temps et on peut donc prendre davantage de points si nécessaire.

3 Effet Hall pour un barreau de Germanium dopé p

3.1 Matériel utilisé

- ▷ Ensemble barreaux de Germanium
- ▷ Gaussmètre
- ▷ Électroaimant
- ▷ Alimentation stabilisée

3.2 Mesures effectuées, résultats

On mesure la tension aux bornes du barreau (le courant le traversant est mainenu constant à $I = 27mA$) pour différentes valeur de champ magnétique dans l'entrefer de l'électroaimant (contrôlé par le courant délivré par l'alimentation stabilisée) mesurées avec un gaussmètre (noter l'ironie d'utiliser un capteur à effet Hall pour mettre en évidence l'effet Hall).

La loi ainsi vérifiée est :

$$U_H = \frac{I}{ned}B \quad (3.1)$$

avec n la densité volumique de porteurs de charges à laquelle on peut remonter avec l'expérience, e la charge élémentaire, d la dimension adaptée de la plaque (voir notice).

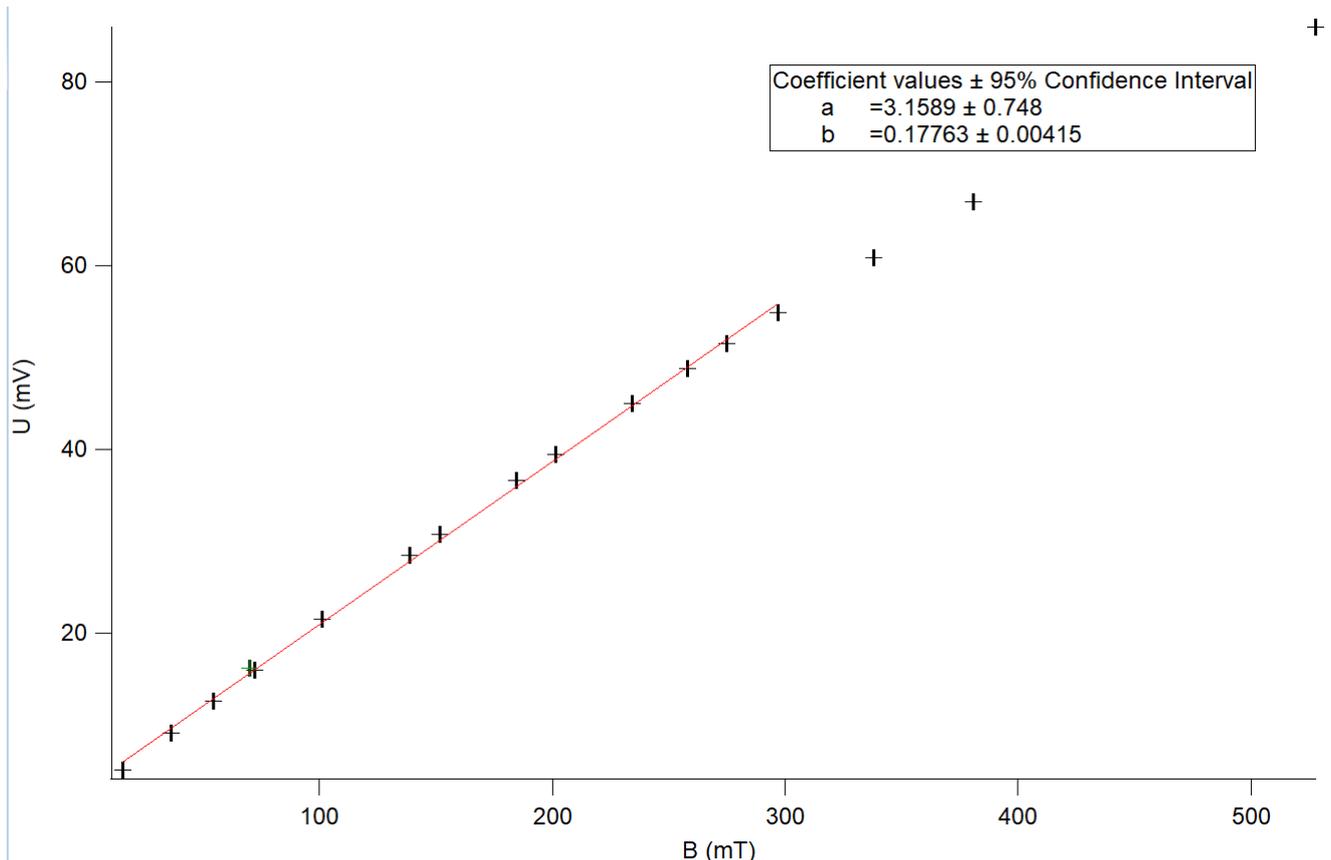


Fig. 3 – Courbe obtenue en préparation

3.3 Remarques

- ▷ Au dos du boîtier dans lequel on insère la plaque, il y a un potentiomètre qui permet de régler une tension Hall nulle lorsque le champ magnétique est nul (nous l'avons appris après la présentation d'où l'ordonnée à l'origine non nulle sur le graphe) ;
- ▷ si l'on change le sens du Gaussmètre, on n'obtient pas exactement l'opposé du champ magnétique initial, dans l'idéal il faudrait faire la moyenne en valeur absolue de ces grandeurs (cela dit pour déterminer le nombre de porteurs, on cherche avant tout un ordre de grandeur, et pas vraiment une grande précision)

4 Manip surprise : Mesurer l'inductance mutuelle de deux bobines

4.1 Résumé Rapide

J'ai alimenté l'une des deux bobines avec un GBF en incluant un résistor dans la boucle de courant pour me permettre de visualiser à l'oscilloscope une tension image du courant dans le primaire (voie 1). En voie 2, on prend la tension aux bornes de la seconde bobine. Le rapport des amplitudes des deux tensions vaut alors :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{RI_1}{M\omega I_1} \quad (4.1)$$

ce qui permet de calculer M .

4.2 Questions du correcteur relatives à la manip surprise

- ▷ Pourquoi envoyer un signal sinusoïdal ?
- ▷ Pourquoi à cette fréquence ?
- ▷ La valeur de mutuelle est-elle cohérente ? *Comparer à l'inductance propre des bobines utilisées.*
- ▷ Comment cette mutuelle peut-elle varier ? *En éloignant ou en rapprochant les bobines, en utilisant un noyau de fer doux pour canaliser les lignes de champ.*

5 Questions et remarques du correcteur

- ▷ En conclusion, insister sur l'intérêt des mesures effectuées vis-à-vis du sujet ;
- ▷ Qu'est-ce qu'un pyromètre ? *Récepteur thermique à réponse plate.*
- ▷ Aurait-on pu à partir de la première manip calculer le rendement quantique ? *Manque une courbe d'étalonnage du pyromètre pour connaître la puissance optique reçue*
- ▷ Expliquer ce qui se passe au niveau de la photodiode quand elle reçoit un flux lumineux ;
- ▷ Pourquoi n'observe-t-on pas une brisure nette une fois que l'énergie des photons devient inférieure à celle de la bande interdite ?
- ▷ Pourquoi la conductivité du germanium varie-t-elle exponentiellement ? *Probabilité de passage des électrons de la bande de valence à la bande de conduction proportionnelle à la mobilité !*
- ▷ Comment et où est mesurée la température du barreau de germanium ? *Sonde Pt100 mais difficile de dire où exactement.*
- ▷ Qu'est-ce qui assure l'uniformité de la température au sein du barreau ? *Grande conductivité thermique des semi-conducteurs, on pourrait vérifier à l'aide d'une caméra thermique.*
- ▷ Dire à l'oral que l'on constate que l'on a surestimé les incertitudes le cas échéant (typiquement sur la manip conductivité, les points s'alignent parfaitement) ;
- ▷ Comment sont prises en compte les incertitudes sur Igor ? *Il faudrait utiliser la méthode Monte-Carlo avec un script Python pour éviter ce genre de questions... Des ressources bien expliquées seraient en accès libre sur le site de l'académie de Paris.*
- ▷ Comment pourrait-on déterminer par l'expérience si le barreau est dopé n ou p ? *La réponse en température est très différente pour les deux ce qui permettrait de trancher, sinon en théorie la tension de Hall est opposée pour les deux du fait de la charge.*
- ▷ Autre manip possible pour le montage ? *Étude d'une thermistance.*

- BONNE PRÉPARATION -