

## I.1 Objectif de la manipulation

Le but de cette manipulation est d'assurer la caractérisation de deux échantillons massifs type N et Type B par le biais du kit pédagogique « Effet Hall ». L'expérience nous permettra par la suite de calculer la Constante de Hall ainsi que la concentration des porteurs de charges.

## I.2 Description du système de mesure

Le banc de mesure Effet Hall est constitué essentiellement de plusieurs éléments de base (figure I.1) tels que l'alimentation qui génère une tension entre 0v et 30v ainsi qu'un courant qui peut atteindre 2.5A. Un millivoltmètre pour relever la tension de Hall, un générateur de courant continu dont la valeur maximale est de 19.90mA, un électro-aimant pour générer le champ magnétique nécessaire à la manipulation, et finalement le gaussmètre qui permet l'étalonnage du champ magnétique désiré dont la valeur maximale peut atteindre 2Kgauss en mode normal et 20Kgauss en mode différentiel, avec notamment la sonde de Hall.

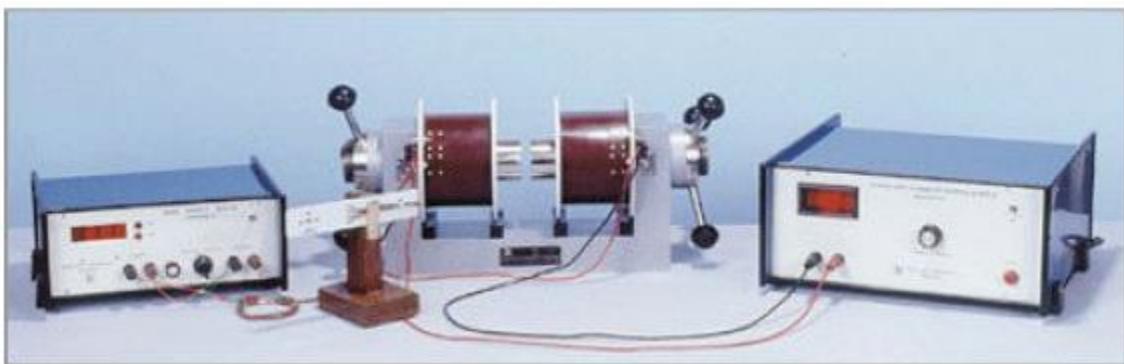


Figure I.1 : Système de mesure effet hall

### I.2.1 La sonde de Hall

On doit connecter la sonde Hall au gaussmètre afin d'étalonner le champ magnétique (figure I.2). Elle est couverte avec un métal non magnétique, et doit être inséré entre les deux cylindres des bobines de l'électro-aimant. L'indication N inscrite sur l'une des deux faces de la sonde nous permet de déduire le pôle sud du pôle

nord de l'électro-aimant. Si le champ magnétique indiqué par le gaußmètre est positif (sans signe), le cylindre faisant face au côté de la sonde de hall marquée 'N' est 'le Pôle nord'.



**Figure I.2 : La sonde de hall connectée au gaußmètre**

### I.2.2 Réglage du zéro

Tout d'abord on doit configurer l'instrument gaußmètre sur le mode 'NORMAL'. Puis on ajuste la lecture à l'aide du bouton 'ZÉRO ADJ' jusqu'à avoir la valeur '0000' tout en isolant la sonde de hall de n'importe quel champ magnétique. L'ajustement du zéro devrait être vérifié sur la gamme la plus sensible (X1).

### I.2.3 Mode de mesure

En premier lieu, on doit sélectionner le calibre approprié (X1) du gaußmètre. Ensuite, on installe la sonde de hall dans le champ magnétique à mesurer. La face plate de la sonde est gardée perpendiculaire à la direction du champ magnétique. La lecture de la valeur affichée multipliée par le calibre donne la densité du champ magnétique en gauss.

### I.2.4 Le mode différentiel

Vérifions tout d'abord si le champ indiqué par le gaußmètre est positif. Sinon, on doit faire tourner la sonde 180° afin qu'il soit positif. Faisons tourner le bouton 'balance' dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à ce qu'il s'arrête. Basculons le gaußmètre vers le mode 'différentiel' et puis on ajuste le bouton 'balance' jusqu'à avoir de nouveau la valeur '0000'. Pour une meilleure lecture à haute précision, on bascule à partir des

calibres X10 et X20 vers le calibre X1. Enfin, l'instrument est maintenant prêt pour des mesures en mode différentiel.

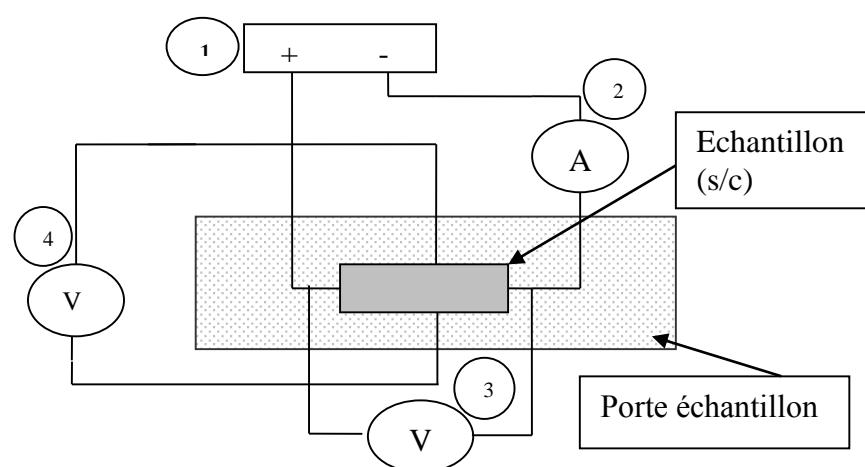
**Remarques :**

- ✓ La sonde de hall est très fragile et devrait être manipulée avec énorme soin. En dehors de son utilisation, elle devrait rester protégée par son boîtier.
- ✓ Pendant la mesure, la sonde de hall devrait rester stable, de préférence fixée sur un support figé.
- ✓ Avant la mesure du champ magnétique, on doit s'assurer que l'instrument est en mode 'normal' et Positif.

### I.3 Caractérisation électrique des semi-conducteurs

#### I.3.1 Montage de mesure

Un champ magnétique est généré par un électro-aimant constitué de deux bobines reliées en série, et placées sur un noyau en U. on ajuste aux deux extrémités de ces dernières deux pièces polaires qui permettent de canaliser le flux magnétique sur le semi-conducteur à étudier. Les deux bobines sont alimentées par un courant réglable et continu fourni par un redresseur de courant (alimentation). Le champ magnétique est constamment mesuré grâce à une sonde d'un gaussmètre placée au même niveau que le semi-conducteur. Nous pouvons calibrer le gaussmètre en plaçant la sonde à l'intérieur d'un champ magnétique connu. La présence d'un porte échantillon en boîte s'avère très nécessaire afin que la calibration ne se fasse pas avec l'influence du champ magnétique terrestre.



**Figure I.3 : Effet Hall (expérience)**

1/Alimentation variante entre 0v et 30v

2/Ampèremètre de mesure pour le courant traversant le s/c

3/Voltmètre de mesure de la tension aux bornes du s/c.

4/Voltmètre de mesure de la tension de Hall.

**I.3.2 Calibrage du Gaußmètre numérique**

Suivant les instructions du constructeur, nous avons opté pour :

- Un courant de calibrage qui a comme valeur 4.62mA.
- Un champ magnétique de 1984 gauss.

Le champ magnétique est calibré selon l'échelle choisie (X1, X10 où X20)

No.	calibre	Gaußmètre utilisé
1.	x 1	1.984 K.G.
2.	x 10	7.46 K.G.
3.	x 20	7.46 K.G.

**Tableau I.1 : Calibrage du gaußmètre**

**I.4 Caractérisation électrique**

Nous entamons dans cette partie de notre étude expérimentale la procédure de caractérisation électrique des échantillons présentés précédemment.

Le matériau à caractériser est placé dans son porte échantillon, qui est lui-même fixé dans l'entrefer de l'électro-aimant, sa face avant est orientée vers le pôle marqué N (pôle nord de l'électro-aimant), cette précaution étant nécessaire à la connaissance du type du semi-conducteur considéré (n ou p).

Nous abordons par la suite la phase des mesures électriques où nous relevons pour chaque configuration, les valeurs expérimentales nécessaires à la connaissance de la résistivité ( $\rho$ ) et la constante de hall (Rh), à partir desquelles nous déterminons la concentration et la mobilité des porteurs libres.

#### I.4.1 Caractérisation d'échantillons massifs

Soit deux échantillons massifs de Germanium dopés Bore de nature différente. Après calibrage du dispositif décrit précédemment, procédez à la caractérisation des deux échantillons comme suit : La première étape consiste à faire varier le courant injecté dans les échantillons avec un champ magnétique constant (1984 gauss). La deuxième consiste à faire varier le champ magnétique avec courant injecté constant.

##### Travail demandé :

Regroupez les résultats de mesure dans les tableaux (I.2 et I.3) à induction magnétique constantes égale à 1984 gauss, et les tableaux (I.4 et I.5) à courant constant égale à 30.1 mA et 29.9 mA respectivement.

Relevez la tension de Hall VH (mV) pour chaque expérience, puis en déduire la constante de Hall, la concentration des échantillons et la nature de l'échantillon type N ou P.

Tracez les courbes VH(I) correspondantes aux quatre expériences

I (mA)	VH (mV)	RH	Concentration ( $m^3$ )
2	-14.8	-0.1864	$3.3513 \cdot 10^{19}$
3	-22.1	-0.1856	$3.3665 \cdot 10^{19}$
4.5	-33.6	-0.1840	$3.3952 \cdot 10^{19}$
6	-43.2	-0.1814	$3.4444 \cdot 10^{19}$
7	-50	-0.1800	$3.472 \cdot 10^{19}$
8	-56.7	-0.1786	$3.4991 \cdot 10^{19}$
9	-63.2	-0.1769	$3.5136 \cdot 10^{19}$
10	-69.5	-0.1751	$3.5683 \cdot 10^{19}$
11	-75.4	-0.1727	$3.6180 \cdot 10^{19}$
12	-80.7	-0.1694	$3.6877 \cdot 10^{19}$
13	-86.1	-0.1669	$3.7444 \cdot 10^{19}$
14	-90.8	-0.1635	$3.8213 \cdot 10^{19}$

15	-95.6	-0.1606	$3.8912 \cdot 10^{19}$
17	-103.7	-0.1537	$4.0655 \cdot 10^{19}$
18	-105.3	-0.1474	$4.2393 \cdot 10^{19}$
18.5	-106.5	-0.1447	$4.3172 \cdot 10^{19}$

**Tableau I.2 : Evolution de VH en fonction du courant injecté (échantillon II)**

Le signe des porteurs de charge est négatif cela veut dire que le premier échantillon est de type N, et le nombre moyen de porteurs de charge pour le germanium dopé  $n=3.5283 \cdot 10^{19} / \text{m}^3$

I (mA)	VH (mV)	RH	Concentration ( $\text{m}^{-3}$ )
2	14.9	0.1877	$3.3288 \cdot 10^{19}$
3	22.2	0.1864	$3.3513 \cdot 10^{19}$
4.6	34.6	0.1895	$3.2971 \cdot 10^{19}$
6	45.2	0.1898	$3.2920 \cdot 10^{19}$
7	51.7	0.1861	$3.3578 \cdot 10^{19}$
8	59.9	0.1886	$3.3121 \cdot 10^{19}$
9	67.1	0.1878	$3.3263 \cdot 10^{19}$
10	74.8	0.1885	$3.3155 \cdot 10^{19}$
11	82.5	0.1890	$3.3066 \cdot 10^{19}$
12	89.5	0.1879	$3.3251 \cdot 10^{19}$
13	97	0.1880	$3.3237 \cdot 10^{19}$
14	107	0.19261	$3.2448 \cdot 10^{19}$
15	112.3	0.1886	$3.3125 \cdot 10^{19}$
17	127	0.1882	$3.3196 \cdot 10^{19}$
18	136.4	0.1909	$3.2727 \cdot 10^{19}$
19	143.3	0.1900	$3.2882 \cdot 10^{19}$
20	148.4	0.1869	$3.3423 \cdot 10^{19}$

**Tableau I.3 : Evolution de VH en fonction du courant injecté (échantillon II)**

Le signe des porteurs de charge est positif, cela veut dire que le deuxième échantillon est de type P, et le nombre moyen de porteurs de charge pour le germanium dopé  $p=3.3104 \cdot 10^{19} / \text{m}^3$ .

B (gauss)	VH (mV)	RH	Concentration (m <sup>3</sup> )
75	0	0	0
150	0	0	0
240	-1.5	-0.01038	6.02 10 <sup>20</sup>
320	-4.5	-0.02335	2.6755 10 <sup>20</sup>
480	-10.5	-0.03633	1.72 10 <sup>20</sup>
570	-14	-0.04079	1.5318 10 <sup>20</sup>
655	-17.4	-0.04412	1.4116 10 <sup>20</sup>
740	-20.5	-0.04601	1.3581 10 <sup>20</sup>
825	-23.6	-0.04751	1.3152 10 <sup>20</sup>
910	-25.4	-0.04636	1.3479 10 <sup>20</sup>
1040	-30.1	-0.04807	1.3 10 <sup>20</sup>
1280	-38.4	-0.04983	1.2541 10 <sup>20</sup>
1370	-40.8	-0.04947	1.2633 10 <sup>20</sup>
1420	-42.6	-0.04988	1.2581 10 <sup>20</sup>
1550	-47	-0.05036	1.2408 10 <sup>20</sup>
1640	-50	-0.05064	1.2341 10 <sup>20</sup>
1700	-52	-0.05081	1.23 10 <sup>20</sup>
1740	-53.5	-0.05107	1.2236 10 <sup>20</sup>

Tableau IV.4 : Evolution de VH en fonction du champ magnétique (échantillon I)

B (gauss)	VH (mV)	RH	Concentration (m <sup>3</sup> )
65	0	0	0
150	0	0	0
210	0	0	0
380	5.9	0.02596	2.4072 10 <sup>20</sup>
470	8.9	0.03166	1.9737 10 <sup>20</sup>
550	11.8	0.03587	1.7420 10 <sup>20</sup>
625	14.7	0.03933	1.5890 10 <sup>20</sup>
790	20.5	0.04339	1.4403 10 <sup>20</sup>
881	23.5	0.04460	1.4011 10 <sup>20</sup>
940	25.6	0.04554	1.3723 10 <sup>20</sup>

1010	28	0.04635	1.3481 10 <sup>20</sup>
1230	36	0.04829	1.2769 10 <sup>20</sup>
1310	38.8	0.04980	1.2618 10 <sup>20</sup>
1440	44.1	0.05121	1.2204 10 <sup>20</sup>
1570	48.6	0.05176	1.2073 10 <sup>20</sup>
1630	50.4	0.05170	1.2087 10 <sup>20</sup>
1700	52.7	0.05183	1.2056 10 <sup>20</sup>
1730	53.2	0.05142	1.2153 10 <sup>20</sup>

Tableau IV.5 : Evolution de VH en fonction du champ magnétique (échantillon II)