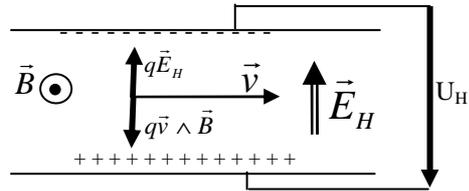


## Mesures de champs B. Teslamètre à effet Hall

### 1. principe du teslamètre à effet Hall

principe de l'effet Hall : l'effet Hall a été découvert en 1879; dans un conducteur parcouru par un courant I, soumis à un champ magnétique B, la trajectoire des porteurs de charge est modifiée par la force de Lorentz. Il en résulte une modification de la répartition des charges, et apparition d'un champ électrique  $\vec{E}_H$  jusqu'à obtention d'un régime permanent. Il apparaît une d.d.p.  $U_H$  appelée "tension de Hall" entre les faces du conducteur. (ici  $q > 0$ )



soit  $q$  la charge d'un porteur, et  $n$  le nombre volumique de porteurs :

$$q\vec{E}_H + q\vec{v} \wedge \vec{B} = \vec{0} \quad \text{soit} \quad nq\vec{E}_H = -nq\vec{v} \wedge \vec{B} = -\vec{j} \wedge \vec{B} \quad \text{ou} \quad \vec{E}_H = \frac{1}{nq} \vec{B} \wedge \vec{j} = R_H \vec{B} \wedge \vec{j}$$

$R_H = \frac{1}{nq}$  est appelée *constante de Hall*      appelons  $a$  et  $b$  les dimensions transversales,

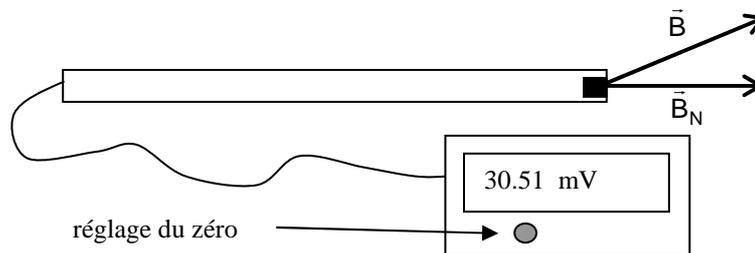
la d.d.p qui apparaît entre les deux faces s'écrit, avec le courant  $I = jab$  :

$$U_H = E_H a = R_H B j a = R_H B a \frac{I}{ab} = \frac{R_H B I}{b} = \frac{B I}{nq b} \quad \text{ou encore} \quad B = \frac{nq b}{I} U_H$$

on voit que la mesure de la d.d.p.  $U_H$  permet d'atteindre la valeur de  $B$ . Cet effet est d'autant plus important que  $n$  est plus grand, c'est avec des semi-conducteurs, pour lesquels on a plusieurs types de porteurs, que la tension de Hall  $U_H$  est la plus facilement mesurable (quelques  $\mu V$ ) et donne, une fois amplifiée, une tension de quelques mV

applications : teslamètres, capteurs de position, détermination des caractéristiques des semi-conducteurs, etc.. (pour une étude plus détaillée de l'effet Hall, voir le chapitre correspondant du cours).

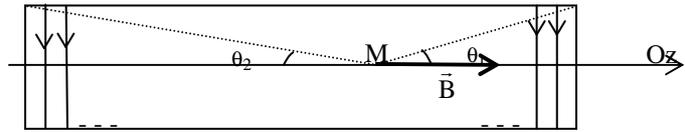
le *teslamètre à effet Hall* se présente sous la forme d'une tige contenant la "puce" sensible au champ magnétique, alimentée par un boîtier séparé; la tension, une fois amplifiée, est mesurée au moyen d'un multimètre. Le champ mesuré, correspond à la composante normale au boîtier du semi-conducteur. Avant toute mesure, il faut faire un réglage du zéro, en l'absence de champ magnétique, et vérifier fréquemment ce réglage.



## 2. mesure du champ sur l'axe d'un solénoïde court

### 2.1 rappel théorique :

la valeur du champ magnétique en un point de l'axe d'un solénoïde court, est donnée par la relation montrée en cours :



pour un bobinage de longueur l, constitué de N spires jointives, dont les rayons sont vus depuis le point M sous les angles

$$\theta_1 \text{ et } \theta_2 \quad \vec{B} = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \theta_2 + \cos \theta_1) \vec{u}_z \quad \text{avec } n = N/l \quad \text{et pour un solénoïde infini : } \vec{B} = \mu_0 n I \vec{u}_z$$

on se propose de vérifier ces relations pour le bobinage représenté ci-contre  
celui-ci comporte deux enroulements, mais on n'utilisera que l'enroulement à entrées multiples (bornes rouges)



caractéristiques du bobinage : il s'agit du nombre de spires, de la longueur l, et de l'angle  $\theta$  de la partie de bobinage située à droite ou à gauche du point M.  
(le nombre de sorties peut différer suivant le bobinage utilisé)

N (spires)	l (mm)	cos $\theta$
5	10,5	0.39
10	21	0.64
20	41	0.85
30	62	0.93
50	103	0.97
70	144	0.99
100	206	1.00

si le teslamètre est placé au centre, et si on choisit des nombres de spires différents à droite et à gauche, il faut prendre les valeurs correspondantes.

exemple : 20 spires à gauche, et 50 spires à droite :  $N = 20+50=70$   
 $l = 41+103=144 \text{ mm}$      $\cos\theta_2=0.85$      $\cos\theta_1=0.97$

### 2.2 mesures du champ au centre, pour différentes longueurs de bobinage

placer le teslamètre sur son support, de façon à effectuer la mesure au centre du solénoïde.  
allumer l'alimentation, après quelques minutes régler le zéro; **refaire ce réglage souvent.**  
alimenter au moyen d'un courant de 3,0 ampères, les bornes symétriques par rapport au centre ( N = 20, 40, 60, etc...), en prenant soin de bien maintenir la valeur du courant constante.  
relever la valeur de B pour chaque sortie.

calculer maintenant ces valeurs au moyen de la formule théorique, et porter ces résultats dans un tableau. On indiquera également l'écart relatif  $(B_{\text{mesuré}} - B_{\text{calculé}}) / B_{\text{calculé}}$

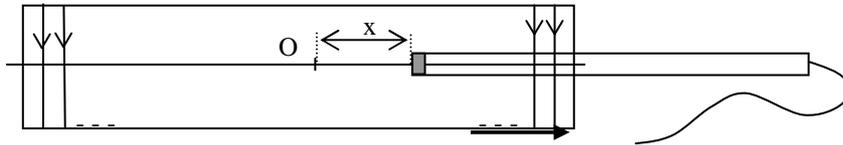
Commenter les résultats obtenus. Dans quel cas peut-on admettre que la relation  $\vec{B} = \mu_0 n I \vec{u}_z$  obtenue pour le solénoïde infini est valable à mieux que 1%, puis 5% près ?

réaliser également quelques mesures, pour des sorties dissymétriques par rapport au centre (par exemple, 20+50 spires, 10+70 spires, etc..)

### 2.3 mesure du champ en fonction de la distance au centre du bobinage

le courant sera maintenu à une valeur constante (3,0 A) pour toutes les mesures suivantes.

pour les bobinages de 20, 60, 140 et 200 spires (nombre total), effectuer la mesure de B, en déplaçant le teslamètre depuis le centre; on obtient ainsi B(x) pour chaque longueur de bobine, en prenant soin de multiplier les mesures au voisinage du centre où le champ varie beaucoup (voir tableau de valeurs à la fin).



porter les résultats dans un tableau, puis tracer les courbes correspondantes.

déterminer pour chaque longueur de bobinage, la distance sur laquelle le champ peut être considéré comme constant à 1%, puis 5% près. Conclusion ?

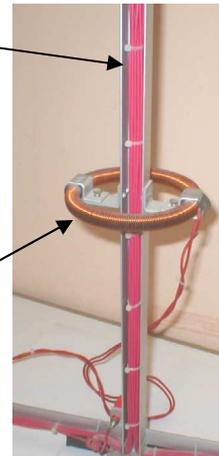
### 3. conducteur rectiligne; tore

#### 3.1 conducteur rectiligne

faire passer dans la portion de conducteur vertical constitué de 18 brins, un courant de 5,0 A.

Mesurer le champ en positionnant le teslamètre dans le logement prévu dans le bobinage torique, qui sert ici de support. (r = 5 cm)

Comparer à la valeur théorique  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$  où I est le courant total (18x5 A)



#### 3.2 tore

procéder de la même façon avec le tore (250 sp.)

Comparer à la valeur théorique  $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$ .

### 4 bobines de Helmholtz

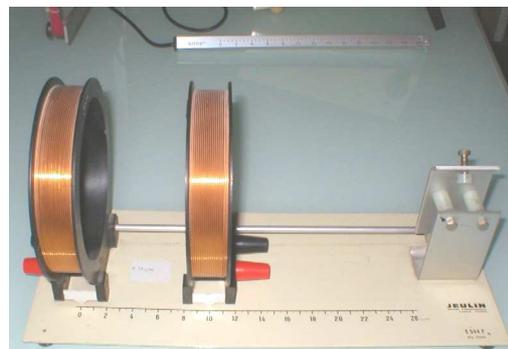
on utilise ici deux bobines de 98 spires, dont on peut faire varier l'écartement.

les bobines seront parcourues par un courant de 2 A, créant un champ de même sens au centre le champ B sera mesuré sur une distance de 20 cm à partir du centre, pour plusieurs écartements entre les bobines (d < R, d = R, d > R), et on tracera les courbes correspondantes.

conclusion ? Quelle est l'utilité d'un tel dispositif ?

S'il reste du temps, vous pourrez tracer les courbes, mais en inversant le sens du courant dans une des bobines (bobines de "Holtzhelm")

Qu'observez-vous maintenant ? Utilité ?



**Feuille de mesures : Mesures de champs B. Teslamètre à effet Hall.**

**2.2-étude du champ au centre du solénoïde :**

Nb de spires	20	40	60	140	200
B calculé (mT)					
B mesuré (mT)					
écart relatif					

autres valeurs : .....

**2.3-étude du champ en fonction de la distance au centre**

x (cm)	0	0,5	1	1,5	2	4	6	8	10	12	14	16	20	x(1%)	x(5%)
20 sp.															
60 sp.															
140 sp															
200 sp															

tracer les courbes correspondantes.

**3.1conducteur rectiligne :**

B mesuré :..... B calculé :..... écart relatif :.....

**3.2 tore :**

B mesuré :..... B calculé :..... écart relatif :.....

**4) bobines de Helmholtz :**

dist./centr een cm	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
d<R										
d=R										
d>R										

conclusion ?.....

allure des tracés ( pour x variant de -10 à +10 cm) :

