

# Champs magnétiques (Solénoïde, bobines plates)

Version papier téléchargeable



# Table des matières

<b>I - Objectifs du TP</b>	<b>3</b>
<b>II - Principe</b>	<b>4</b>
<b>III - Matériel</b>	<b>6</b>
<b>IV - Evolution du champ magnétique dans le solénoïde</b>	<b>11</b>
<b>V - Etude de bobines plates</b>	<b>14</b>
<b>VI - Manipulations virtuelles</b>	<b>16</b>
1. Evolution du champ magnétique dans le solénoïde .....	16
1.1. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de sa longueur .....	16
1.2. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité qui le traverse.....	16
1.3. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité qui le traverse pour les 2 enroulements en série .....	16
2. Bobines plates .....	16
2.1. Champ magnétique le long de l'axe d'une bobine plate.....	16
2.2. Champ magnétique le long de l'axe des bobines de Helmholtz distantes de $2R$ .....	16
2.3. Champ magnétique le long de l'axe des bobines de Helmholtz distantes de $R$ .....	16
<b>VII - Bibliographie</b>	<b>17</b>
<b>VIII - Crédits</b>	<b>18</b>

# Objectifs du TP

---



Quels sont les objectifs à atteindre ?

[cf. Objectifs du TP]

Les objectifs du TP champ magnétique sont les suivants:

- savoir utiliser un teslamètre pour mesurer l'intensité d'un champ magnétique,
- mesurer expérimentalement l'évolution du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde, d'une bobine plate et de 2 bobines plates associées dites bobines de Helmholtz,
- Et enfin de déterminer expérimentalement la perméabilité magnétique du vide  $\mu_0$

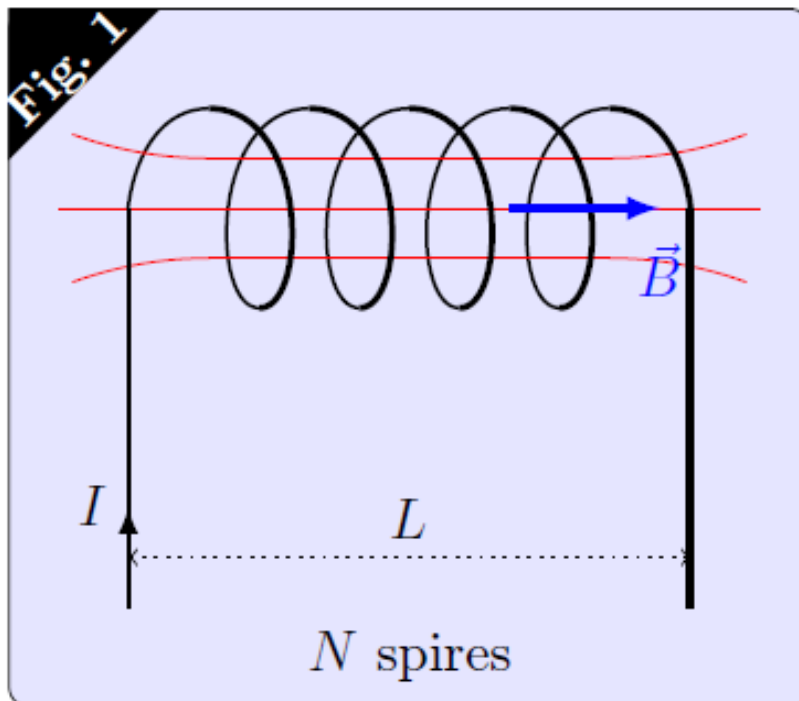


# Principe

Un circuit parcouru par un courant se comporte comme un aimant et crée son propre champ magnétique  $\vec{B}$  dont la cartographie dépend de la configuration spatiale du circuit.  $\vec{B}$  peut être déduit du théorème de Biot et Savart, ou du théorème d'Ampère qui seront vus en cours.

## 1.1 Champ magnétique créé par un solénoïde

Un solénoïde est une bobine de longueur  $L$  et de rayon  $R$  constituée de  $N$  enroulements (spires) (Fig. 1). On peut montrer que, si  $L$  est grand par rapport à  $R$ , le champ magnétique est uniforme à l'intérieur et est nul à l'extérieur (excepté près des bords où les lignes de champ sont déformées).



Dans un tel système, l'amplitude du champ magnétique a pour expression :

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I \quad (1)$$

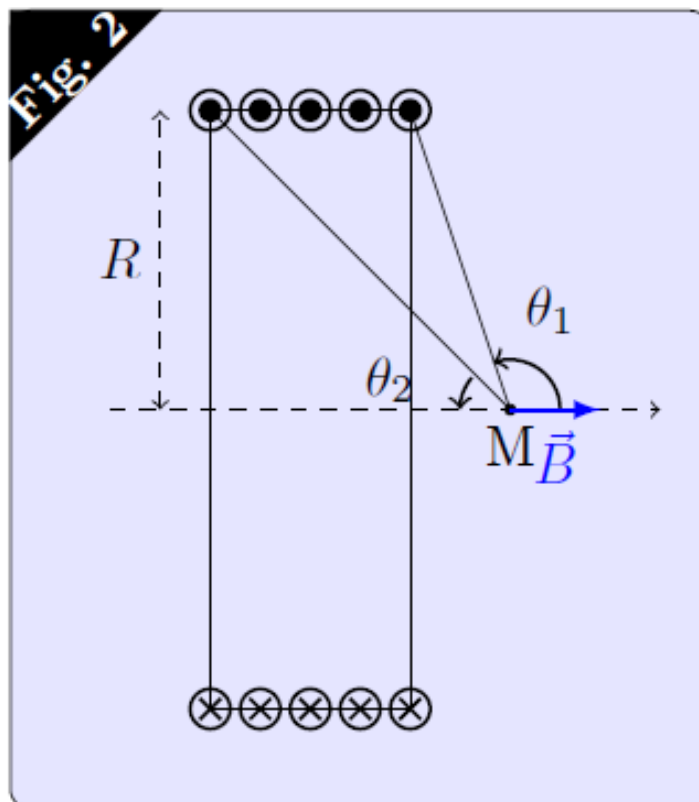
où  $I$  représente l'intensité du courant qui circule dans le circuit, et  $\mu_0$  la perméabilité du vide.

## 1.2 Champ magnétique créé par une bobine plate

Le champ magnétique créé par une bobine plate n'est plus uniforme. Seul le champ magnétique créé sur son axe prend une expression simple (Fig.2). Il est parallèle à l'axe de la bobine, et son amplitude vaut :

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \frac{1}{2} (\cos\theta_1 + \cos\theta_2) \quad (2)$$

où  $L$  est la longueur de la bobine, et les angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  sont des angles orientés définis sur la Fig. 2.



Le sens du courant électrique définit ici la direction de l'axe de la bobine. Inverser le sens du courant revient à inverser la direction de  $\vec{B}$ .

# Matériel

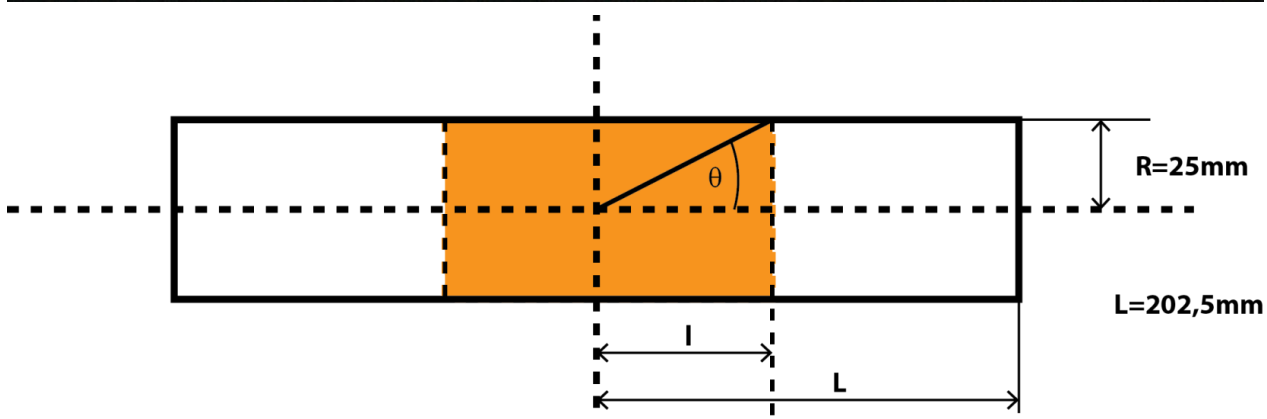
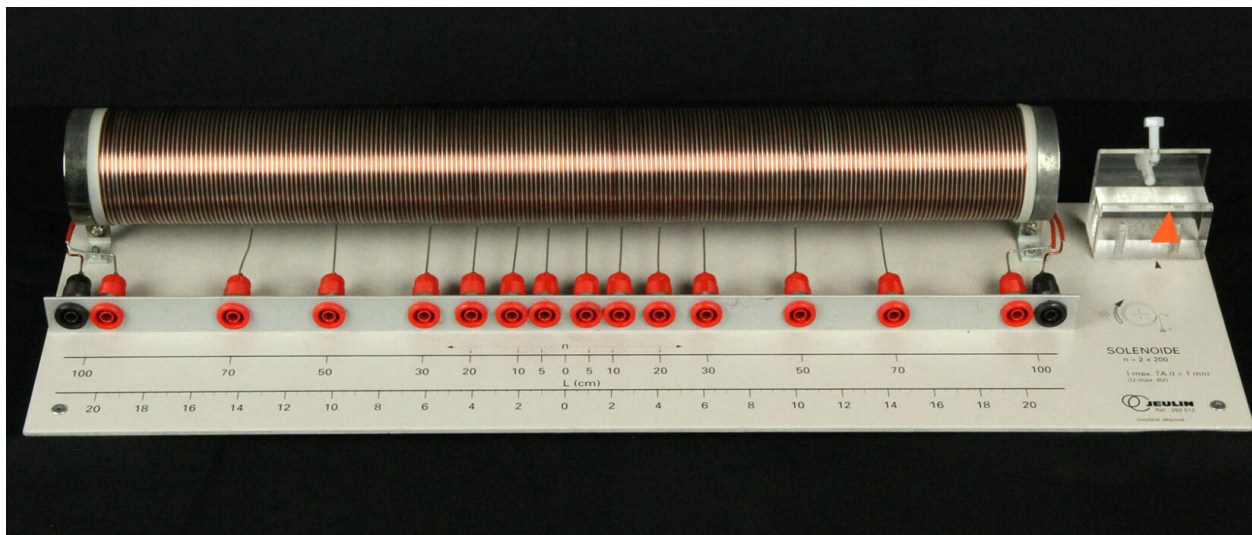


Présentation du matériel

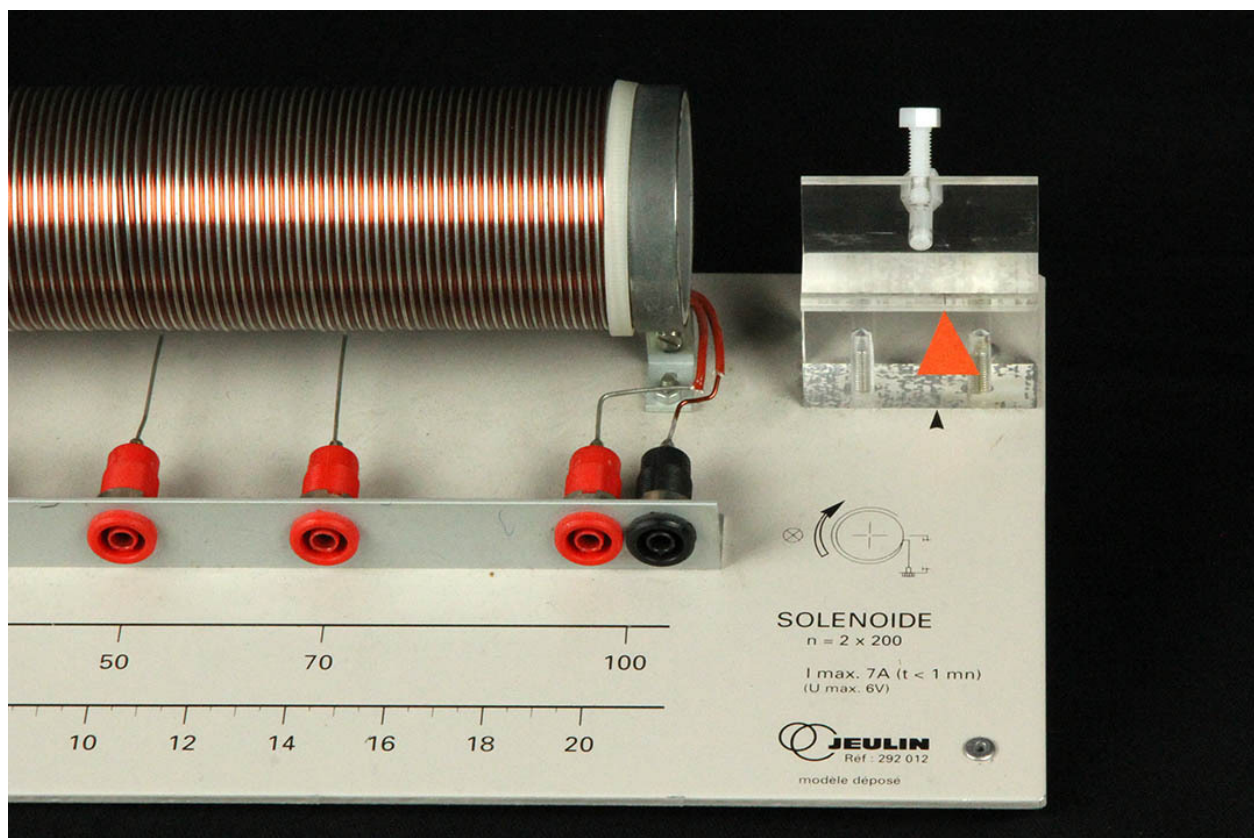
[cf. Présentation du matériel]

## Solénoïde

Le solénoïde est composé de deux enroulements bobinés simultanément sur un même support cylindrique : l'un, E1, en fil de diamètre 1mm, émaillé (bornes noires), l'autre E2, en fil étamé, de même diamètre (bornes rouges). Ils comportent tous deux 200 spires, mais E2 possède des sorties intermédiaires. Les dimensions du solénoïde sont indiquées ci-dessous :



Sur la droite des enroulements, il a été prévu un guide D adapté à la sonde C du teslamètre ; grâce à une graduation du manche porte-sonde, il est possible de repérer la distance de la sonde au centre du solénoïde, par lecture directe.



Sur l'avant de l'appareil, les différentes sorties de l'enroulement E2 sont accessibles. Les branchements doivent être effectués de façon symétrique par rapport au centre du solénoïde.

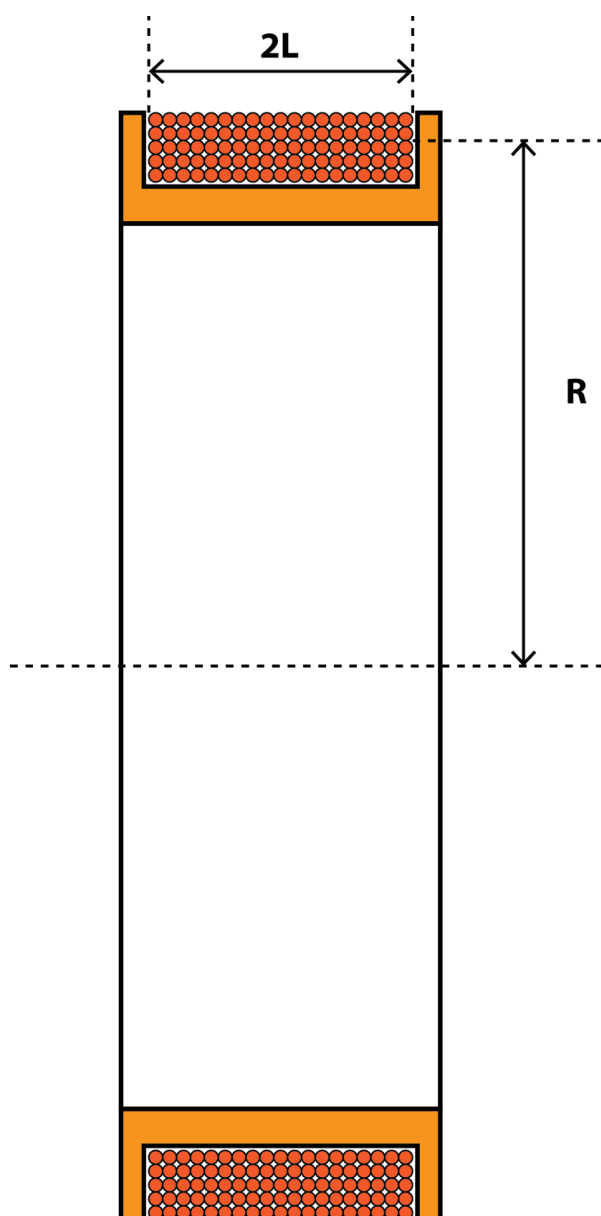
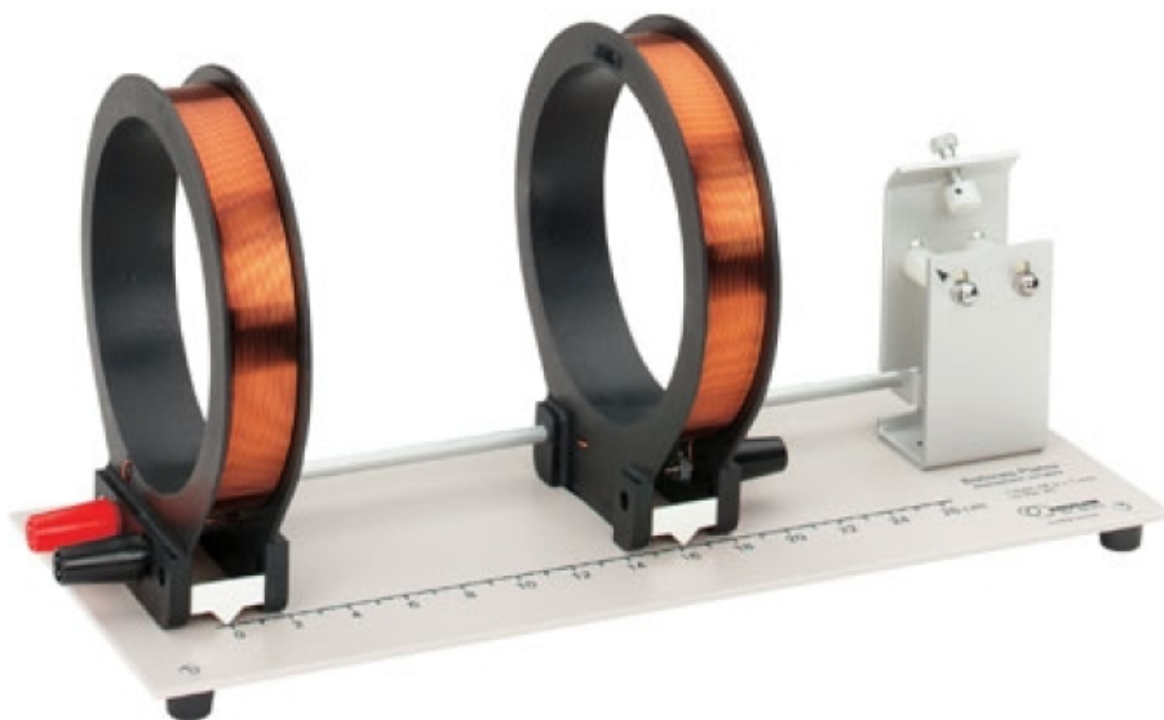
Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de chaque enroulement :

Sortie N°	l(mm)	nombre de spires	cos $\theta$
1	10,3	5	0,381
2	20,6	10	0,636
3	40,3	20	0,850
4	60,9	30	0,925
5	101,2	50	0,971
6	141,6	70	0,985
7	202,5	100	0,992

Table 1 – Caractéristiques du solénoïde. Attention, le nombre de spires doit être doublé pour tenir compte du fait que le branchement se fait de façon symétrique par rapport au centre.

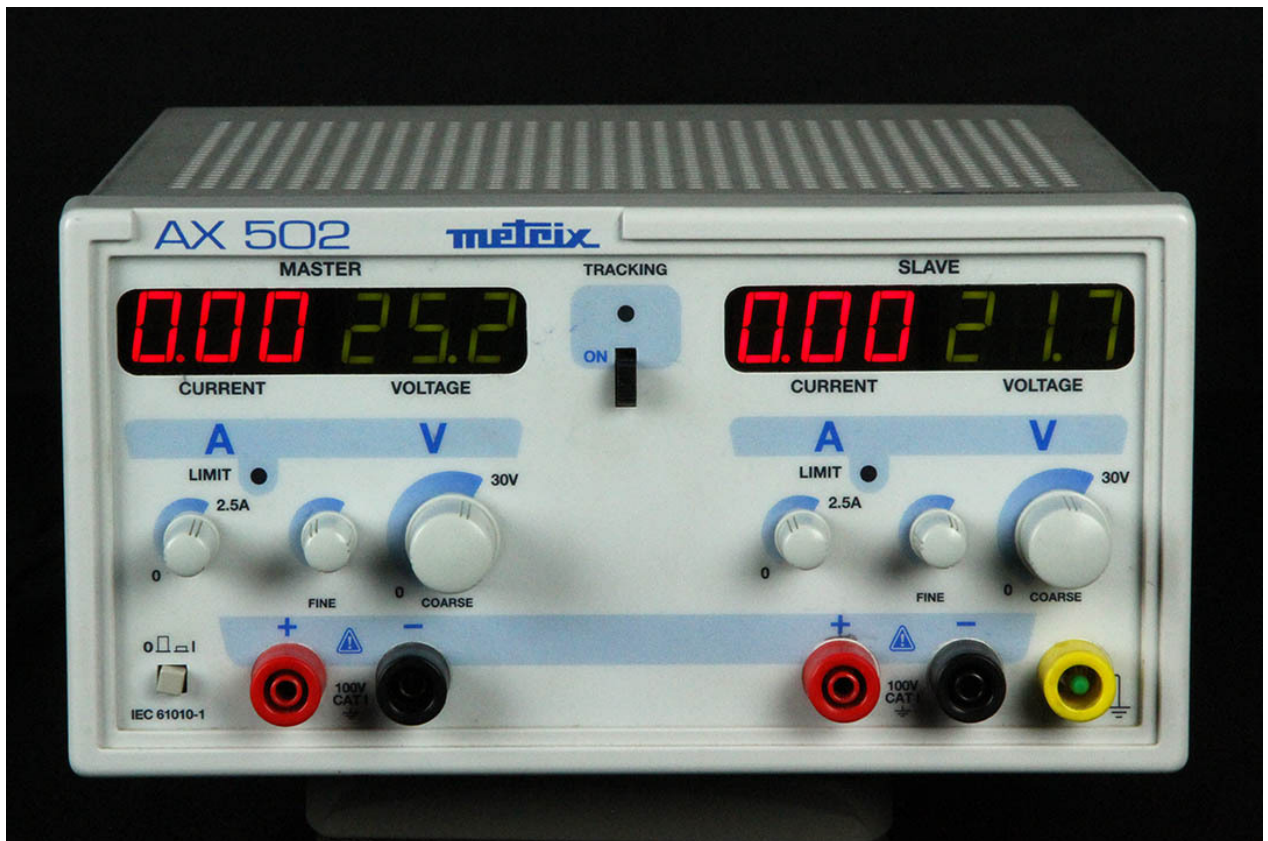
### Bobines plates

Le dispositif étudié comporte deux bobines plates qui peuvent être alimentées séparément. Le dispositif est visible sur la figure ci-dessous. La largeur de chaque bobine est de  $2L = 2.5\text{cm}$ , et leur rayon vaut  $R = 6.5\text{cm}$ . Le bobinage comporte  $N = 95$  spires, réparties en 5 couches de 19 spires de fil 10/10 émaillé.

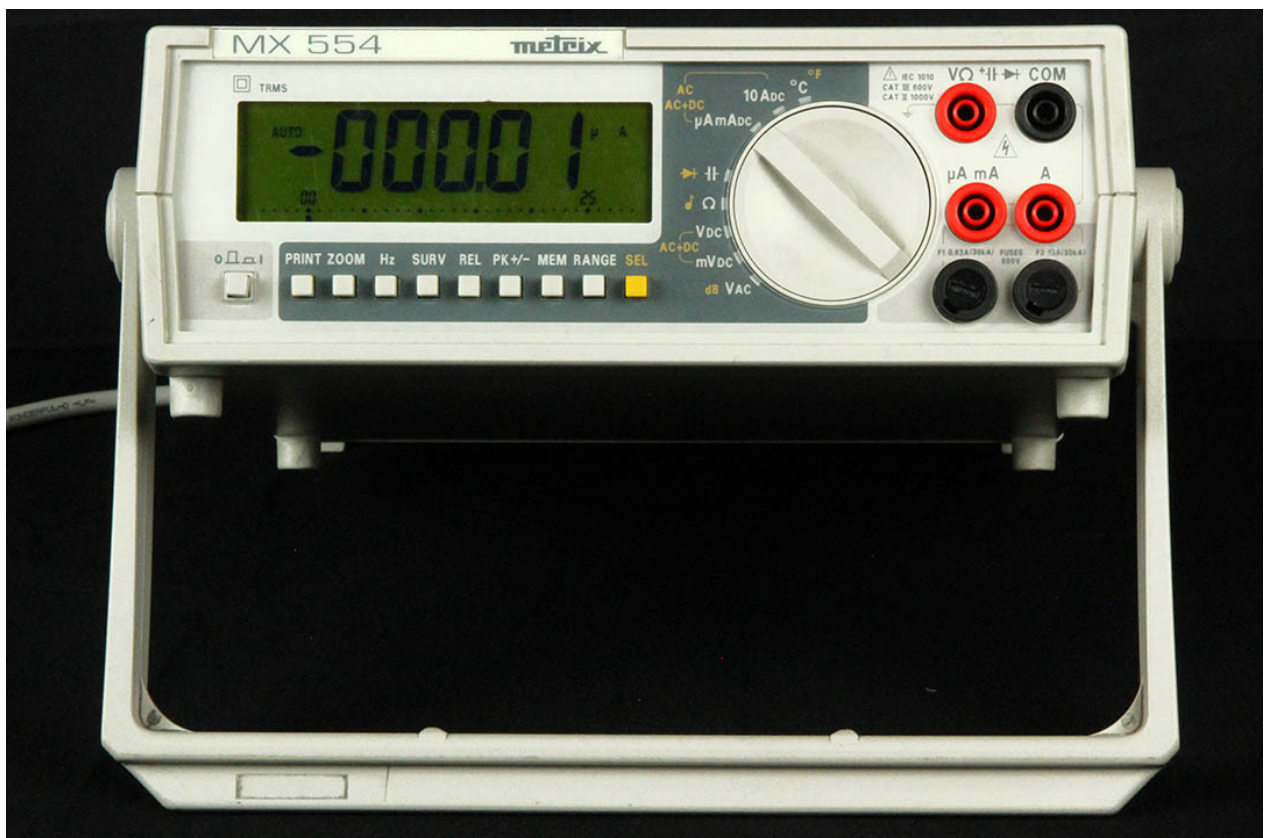




Alimentation 2 fois 30V 2,5 A



Multimètre numérique



Teslamètre



Interrupteur



# Evolution du champ magnétique dans le solénoïde



**L'intensité du courant ne doit pas dépasser 5 A !**

[cf. Objectifs de l'étude du solénoïde]

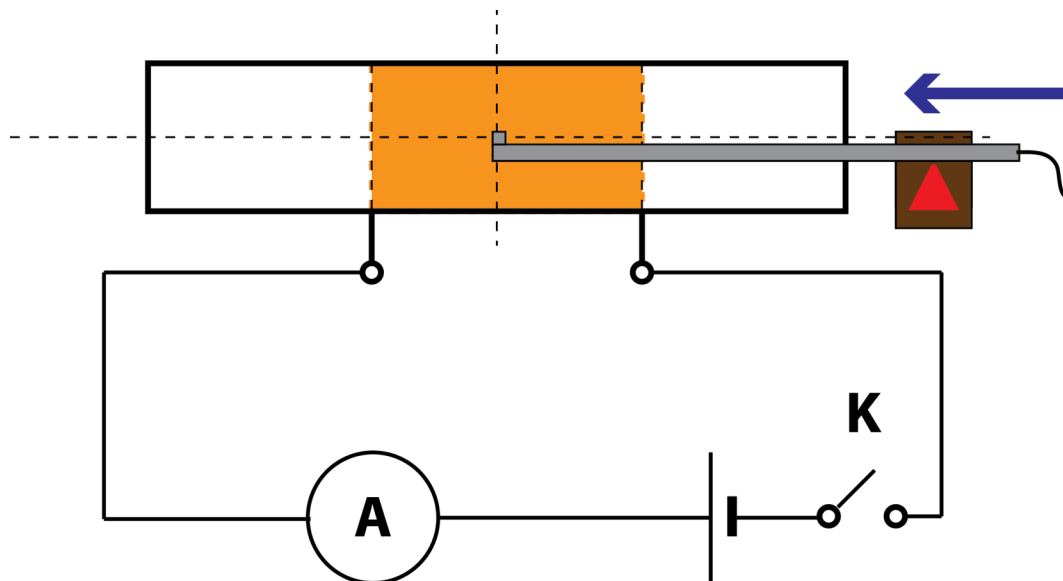
**L'objectif est de :**

- déterminer l'évolution du champ magnétique en fonction de la longueur du solénoïde,
- mesurer l'évolution de  $B$  en fonction du courant  $I$ ,
- mesurer la perméabilité magnétique du vide  $\mu_0$ .

**Protocole expérimental :**

1- Réaliser le montage schématisé sur la figure ci-dessous:

[cf. Protocole expérimental dans le cas du solénoïde]



2- Engager le manche porte-sonde dans le guide. Amener l'ensemble à l'intérieur du solénoïde, de sorte que le zéro de graduation coïncide avec le repère: la sonde est alors au centre du solénoïde, sur son axe.

3- Sélectionner la composante  $B_x$  (longitudinale) sur le boîtier.

4- Vérifier le zéro du teslamètre et régler la sonde si nécessaire (Vérifier régulièrement le zéro car l'électronique chauffe et le zéro se décale sensiblement au court de l'expérience).

5- Brancher de façon symétrique le solénoïde en commençant par le nombre de spires le plus faible.

6- Fermer l'interrupteur  $K$  et régler l'intensité  $I$  à 5 A

7- Mesurer les composantes  $B_x$  et  $B_z$  du champ magnétique.

8- Recommencer l'opération pour tous les enroulements du bobinage E2 et remplir le tableau:

Sortie n°	$B_x$ (mT)	$B_z$ (mT)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

9- Tracer la courbe  $B_x = f(I)$ . Commenter cette courbe. Comment évolue  $B_z$  en fonction de I ?

10- A partir de quelle valeur du rapport  $\frac{l}{R}$  peut-on considérer que le champ  $B_x$  a atteint sa valeur limite ?

11- Utiliser la dernière sortie (7).

12- Faire varier l'intensité I de 0 jusque 5 A et mesurer la composante  $B_x$  du champ magnétique en fonction de I. Remplir le tableau suivant:

I(A)	$B_x$ (mT) pour $E_2$	$B_x$ (mT) pour $E_1$ et $E_2$
0		
0,5		
1		
1,5		
2		
2,5		
3		
3,5		
4		
4,5		
5		

13- Tracer la courbe  $B = f(I)$ .

14- Recommencer l'expérience avec les enroulements  $E_1$  et  $E_2$  en série.

15- Pourquoi ne pas mettre les enroulements en parallèle ?

16- Commenter ces deux courbes. Calculer leur pente et vérifier que le rapport des pentes est dans le rapport des nombres de spires par mètre.

17- Déterminer dans chaque cas la valeur de  $\mu_0$  (on mesurera la pente de chaque courbe).

# Etude de bobines plates



## Evolution du champ magnétique sur l'axe de la bobine plate

[cf. Objectifs de l'étude avec une bobine]

L'objectif est de :

déterminer l'évolution du champ magnétique en fonction de la position sur l'axe d'une bobine.

[cf. Protocole expérimental dans le cas d'une bobine]

### Protocole expérimental :

1- Réaliser le même montage que précédemment en branchant uniquement la bobine de gauche (voir Fig. précédente). Fixer le courant à 4 A.

2- Mesurer le champ magnétique  $B_x$  pour plusieurs points sur l'axe de la bobine. Remplir le tableau.

x(cm)	$B_x$ (mT)
0	
1	
2	
3,5	
4	
5	
6	
7	
8	
R	

3- Tracer le graphe  $Bx=f(x)$ .

4- Comparer les valeurs expérimentales pour  $x = 0$  et  $x = R$  aux valeurs théoriques.

5- Que se passe-t-il si le sens du courant est inversé ?

[cf. Manipulation avec une bobine]

## Evolution du champ magnétique sur l'axe dans la cas de bobines de Helmholtz

[cf. Objectifs de l'étude avec deux bobines]

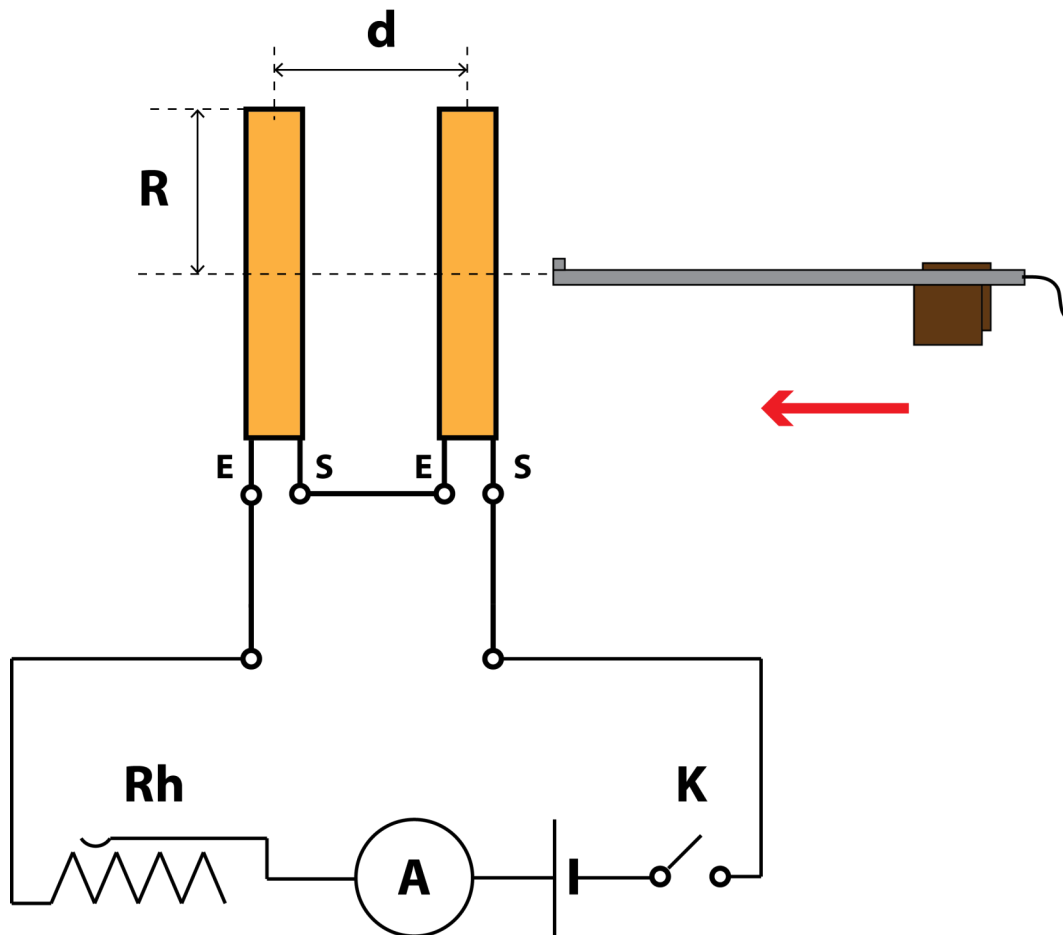
L'objectif est de :

— déterminer l'évolution du champ magnétique en fonction de la position sur l'axe d'un ensemble de deux bobines (appelées bobines de Helmholtz).

[cf. Protocole expérimental dans le cas de 2 bobines]

**Protocole expérimental :**

1- Réaliser le montage suivant:



2- Placer la bobine mobile à la distance  $d = R$  de la bobine fixe.

3- Brancher les deux bobines de telle sorte que les champ magnétiques s'additionnent.

4- Tracer l'évolution de  $B_x$  pour différentes positions de la sonde.

5- Recommencer la même expérience, mais pour une distance  $d = 2R$ . Conclusions ?

[cf. Vue 3D des bobines de Helmholtz]

[cf. Mesures pour les bobines de Helmholtz distantes de 6,5 cm]

[cf. Mesures pour les bobines de Helmholtz distantes de 12,5 cm]

# Manipulations virtuelles

---



Grâce aux animations qui suivent, qui ne sont qu'une mise en musique de photos prises à partir de la vraie manipulation, vous aurez la possibilité de faire les mesures comme si vous étiez en train de les relever sur la vraie manipulation.

## 1. Evolution du champ magnétique dans le solénoïde

### 1.1. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de sa longueur

[cf. Champ magnétique du solénoïde en fonction de sa longueur]

### 1.2. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité qui le traverse

[cf. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité]

### 1.3. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité qui le traverse pour les 2 enroulements en série

[cf. Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde (2 enroulements) en fonction de l'intensité]

## 2. Bobines plates

### 2.1. Champ magnétique le long de l'axe d'une bobine plate

[cf. Champ magnétique le long de l'axe d'une bobine plate]

### 2.2. Champ magnétique le long de l'axe des bobines de Helmholtz distantes de $2R$

[cf. Champ magnétique le long de l'axe des bobines de Helmholtz]

### 2.3. Champ magnétique le long de l'axe des bobines de Helmholtz distantes de $R$

[cf. Bobines de Helmholtz distantes de  $R$ ]



# Bibliographie

---



Préparer et rédiger un TP

- *comment préparer un TP [cf. Comment preparer un TP.pdf]*
- *rédiger un compte-rendu de TP [cf. Comment rédiger un CR.pdf]*

Ressources concernant EXCEL: "Utilisation d'EXCEL pour les scientifiques par Alain Perche (Maître de conférences à l'Université de Lille1

*1 ère partie [cf. ANNEXCEL2005.pdf]*

*2 ème partie [cf. ANNEXCEL2005\_ch2.pdf]*

# Crédits

---



## **Auteurs :**

Yves Quiquempois professeur à l'IUT Université Lille1

mel : yves.quiquempois@univ-lille1.fr

## **Conception technique :**

Eric Lutun

mel :Eric.Lutun@univ-lille1.fr

## **Réalisation :**

Bernard Mikolajczyk (SEMM Université de Lille1), réalisation des vidéos

mel : bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr

Jean-Marie Blondeau (SEMM Université de Lille1), réalisation du site

mel : jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr

## **Moyens techniques :**

Service Enseignement et Multi Media (SEMM<sup>1</sup>) Université de Lille1



---

<sup>1</sup>semm.univ-lille1.fr