



Champs magnétiques (Solénoïde, bobines plates)

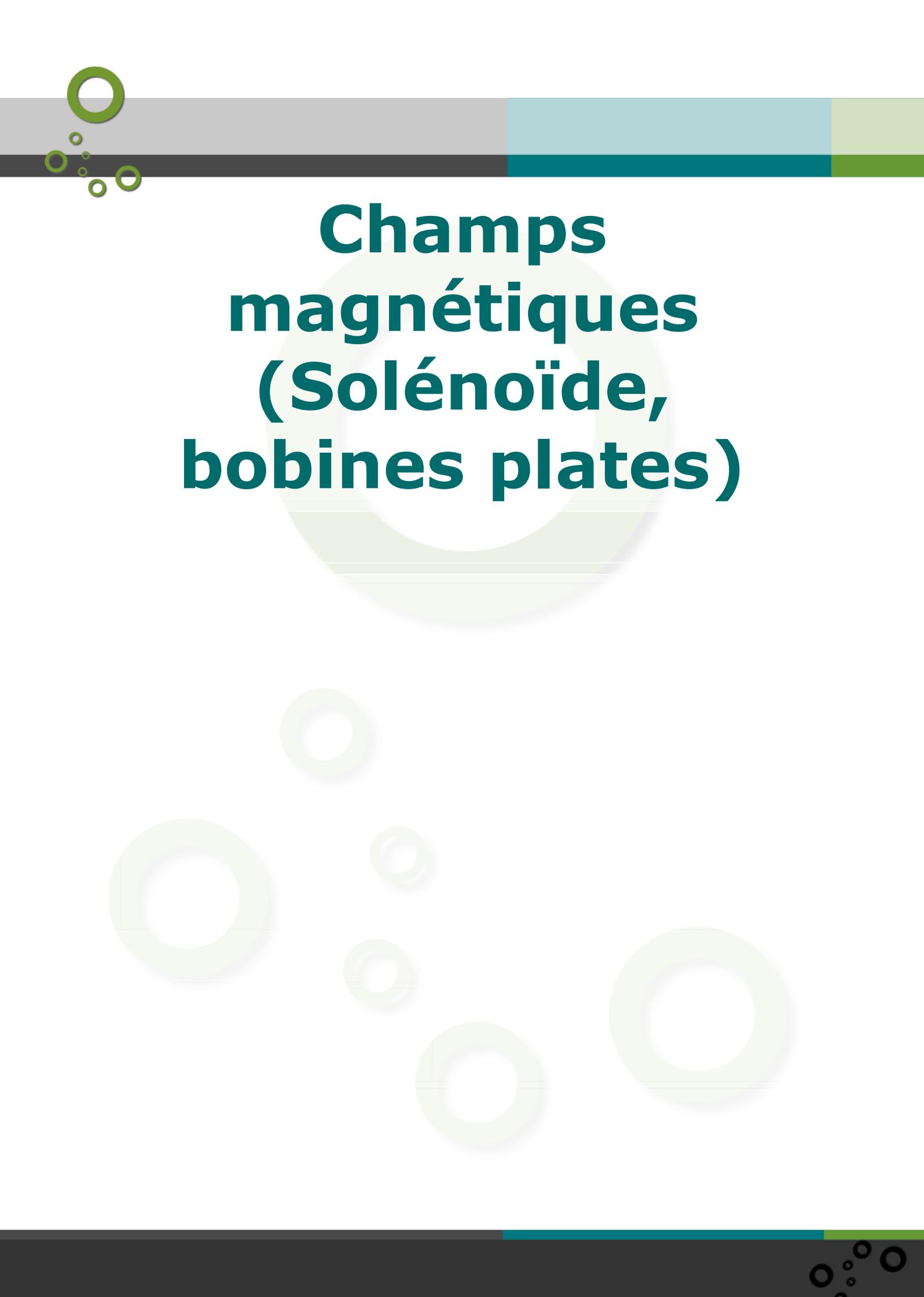




Table des matières

I - Objectifs du TP	5
II - Principe	7
III - Matériel	9
IV - Evolution du champ magnétique dans le solénoïde	17
V - Etude de bobines plates	21
VI - Manipulations virtuelles	23
VII - Bibliographie	25
VIII - Crédits	27





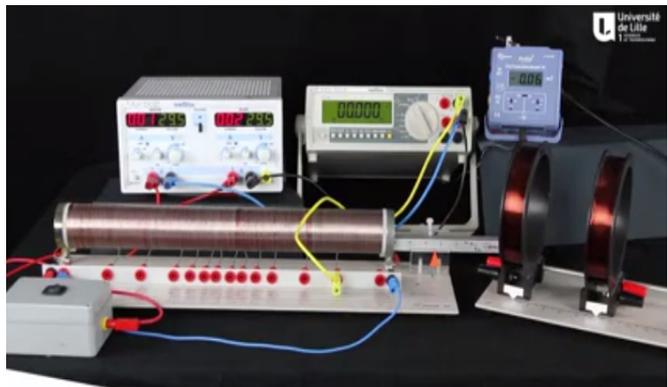
Objectifs du TP

I

Quels sont les objectifs à atteindre ?



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



Les objectifs du TP champ magnétique sont les suivants:

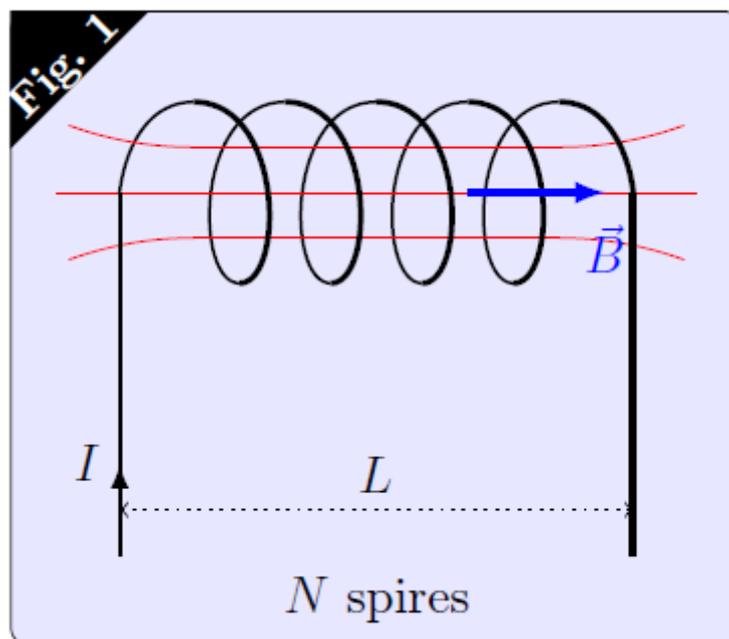
- savoir utiliser un teslamètre pour mesurer l'intensité d'un champ magnétique,
- mesurer expérimentalement l'évolution du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde, d'une bobine plate et de 2 bobines plates associées dites bobines de Helmholtz,
- Et enfin de déterminer expérimentalement la perméabilité magnétique du vide μ_0



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 μ_0 la perméabilité du vide.

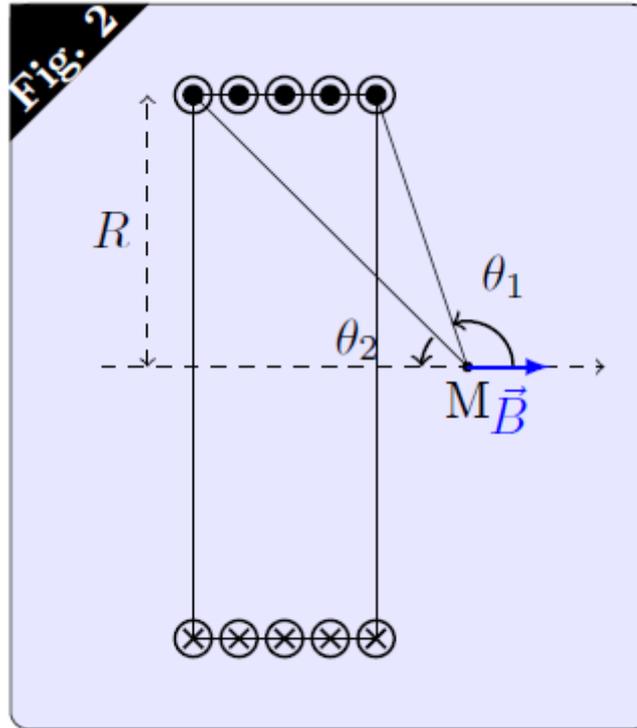
1.2 Champ magnétique créé par une bobine plate

Principe

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 θ_1 et θ_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} .



Présentation du matériel

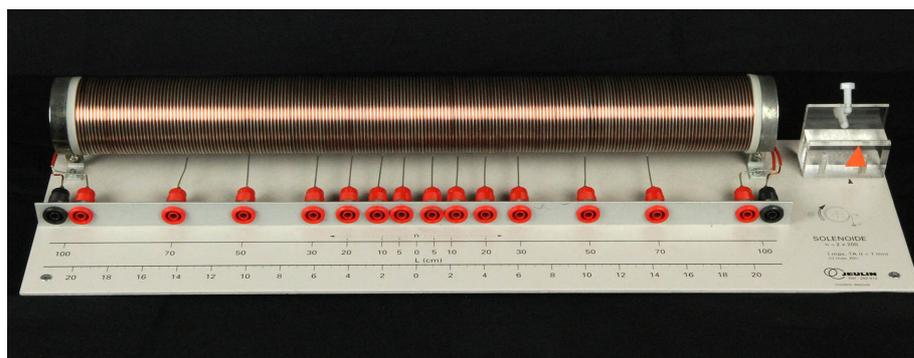


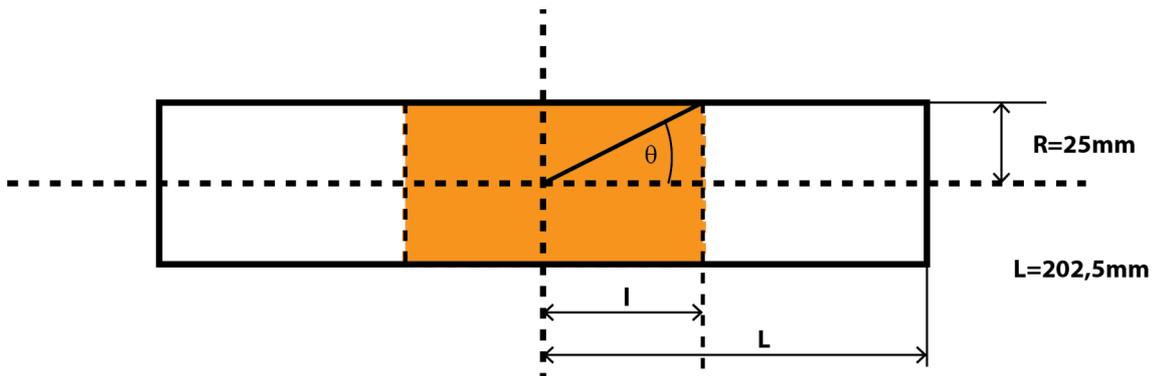
Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



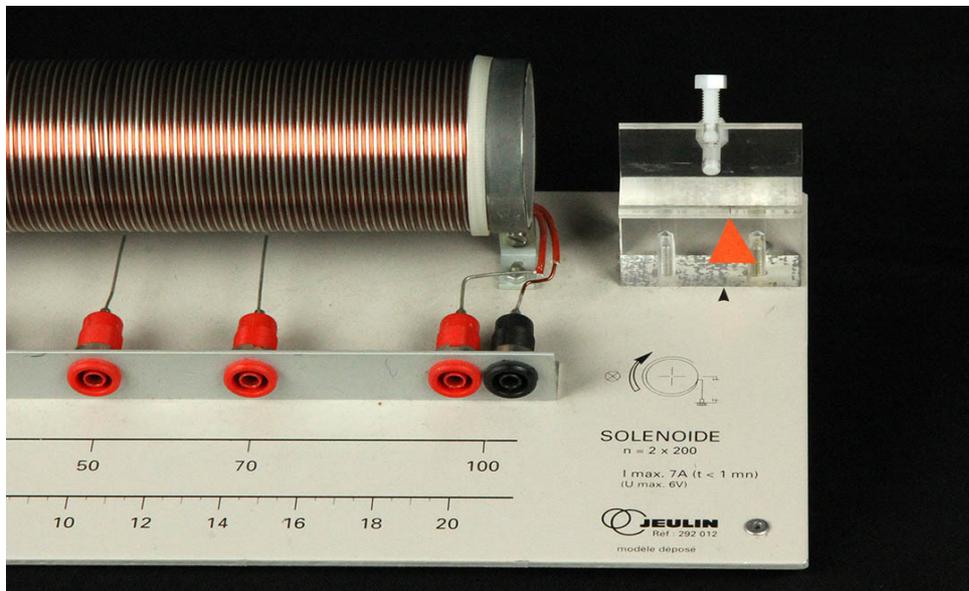
Solénoïde

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

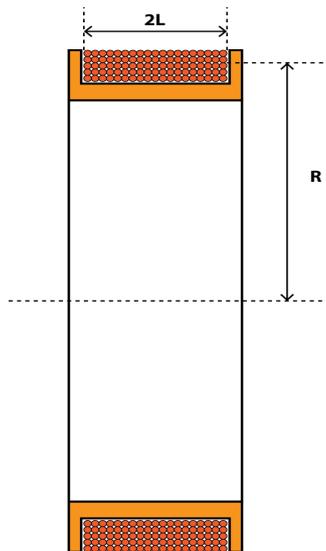
Table 1 – Caractéristiques du solénoïde. Attention, le nombre de spires doit être doublé pour tenir compte du fait que le branchement se fait de façon symétrique par rapport au centre.

Bobines plates

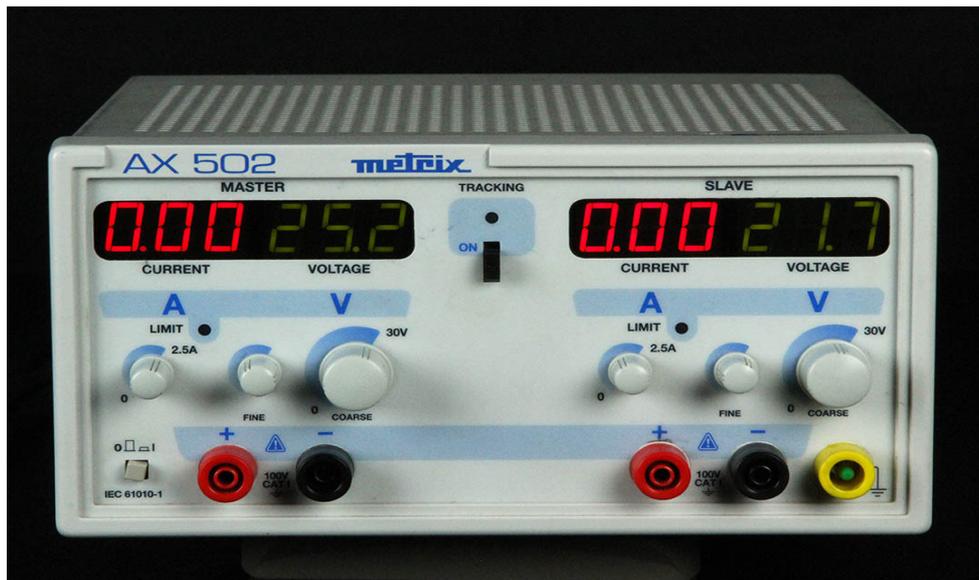
Le dispositif étudié comporte deux bobines plates qui peuvent être alimentées séparément. Le dispositif est visible sur la figure ci-dessous. La largeur de chaque bobine est de $2L = 2.5\text{cm}$, et leur rayon vaut $R = 6.5\text{cm}$. Le bobinage comporte $N = 95$ spires, réparties en 5 couches de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



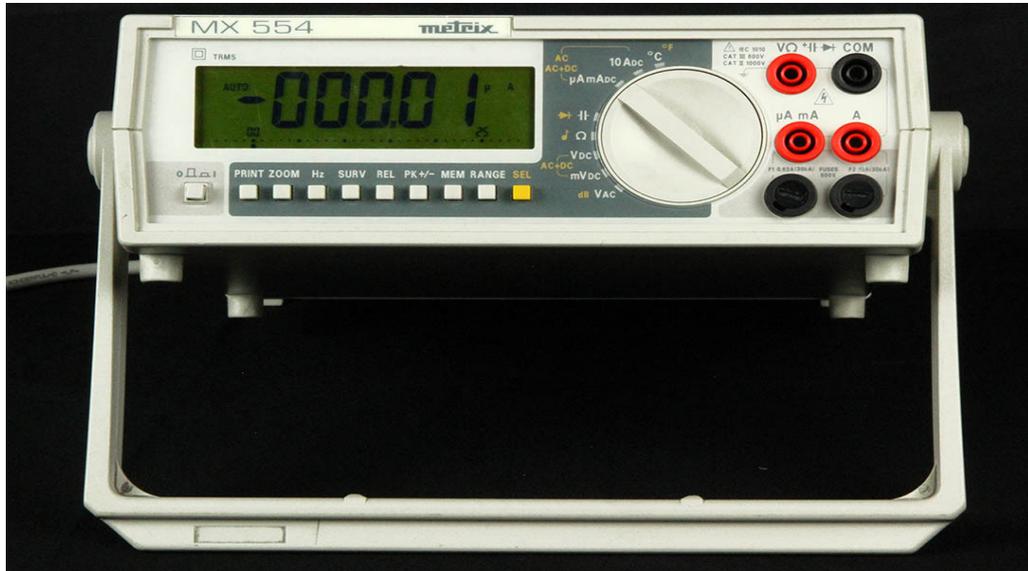
Matériel



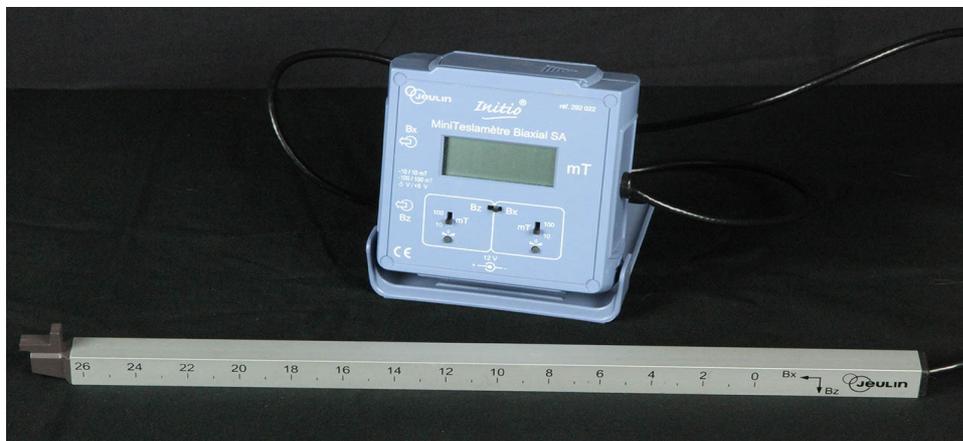
Alimentation 2 fois 30V 2,5 A



Multimètre numérique



Teslamètre



Matériel

Interrupteur



Evolution du champ magnétique dans le solénoïde

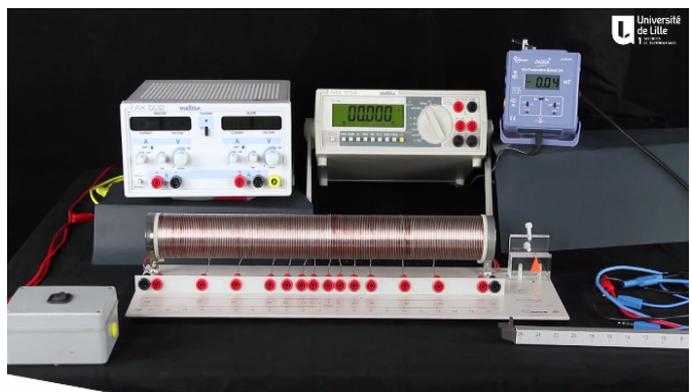


Attention

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



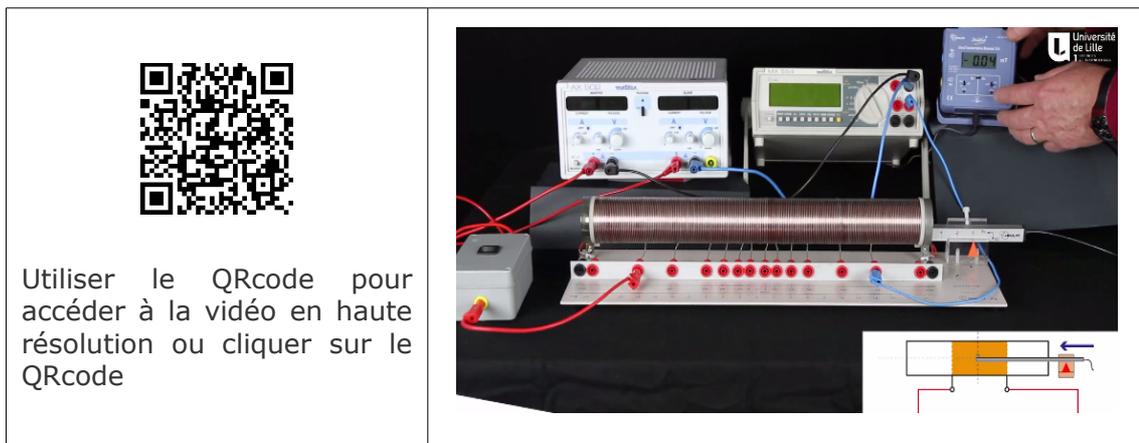
Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



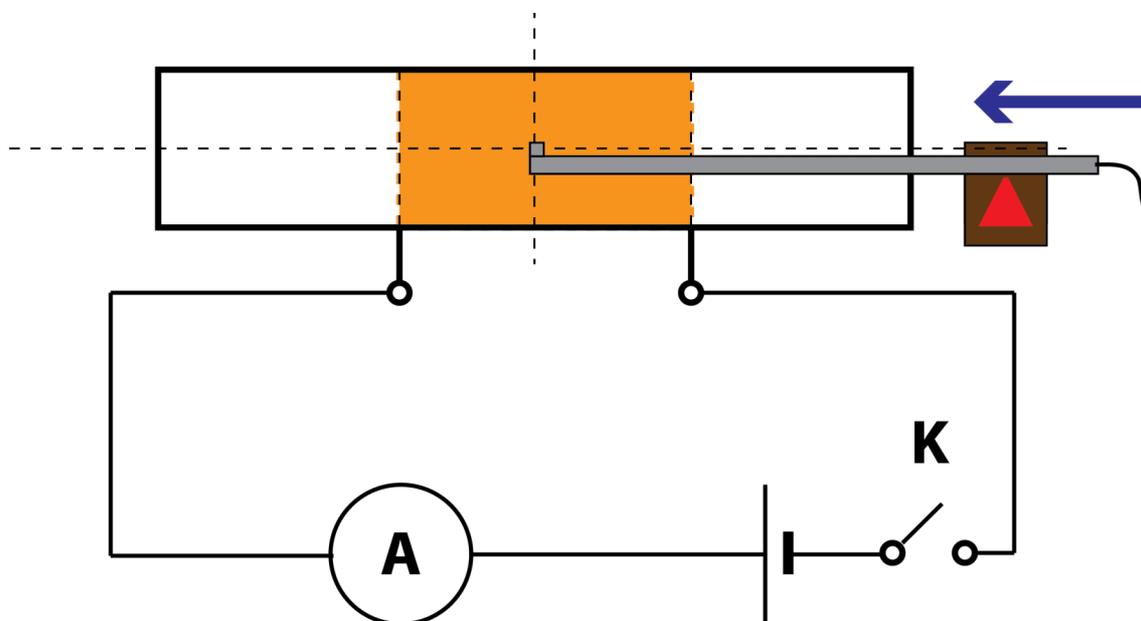
L'objectif est de :

- 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 μ_0 .

Protocole expérimental :



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



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 enroulement 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 μ_0 .



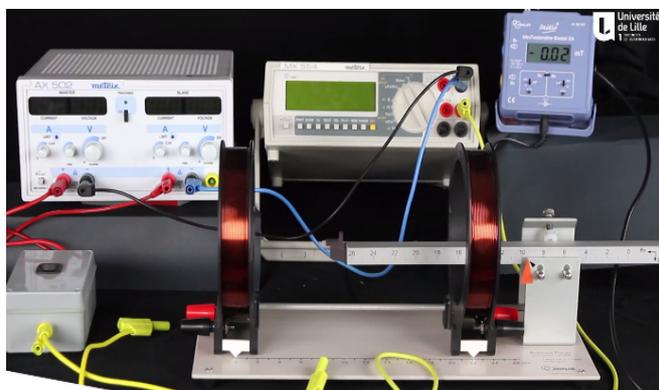
Etude de bobines plates



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



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



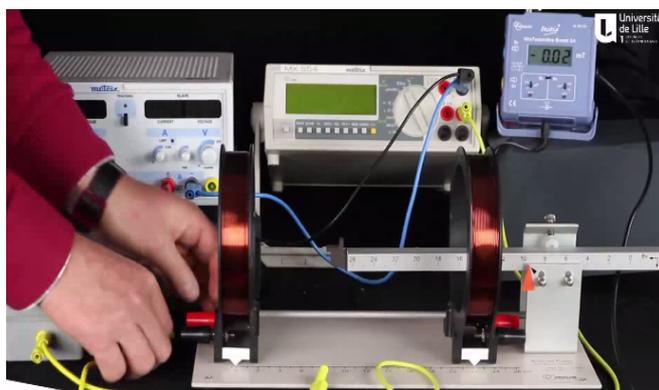
L'objectif est de :

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

Protocole expérimental :



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



- 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	

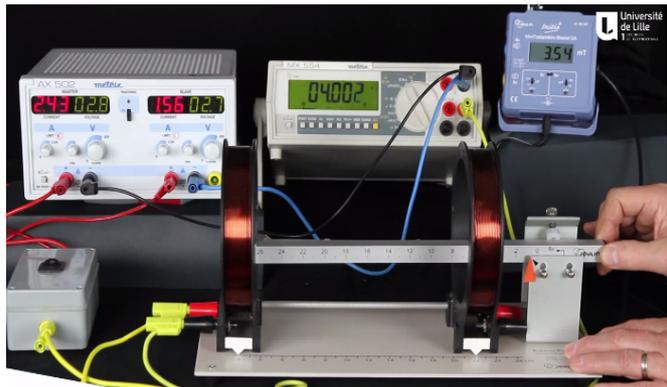
3- Tracer le graphe $B_x=f(x)$.

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 ?



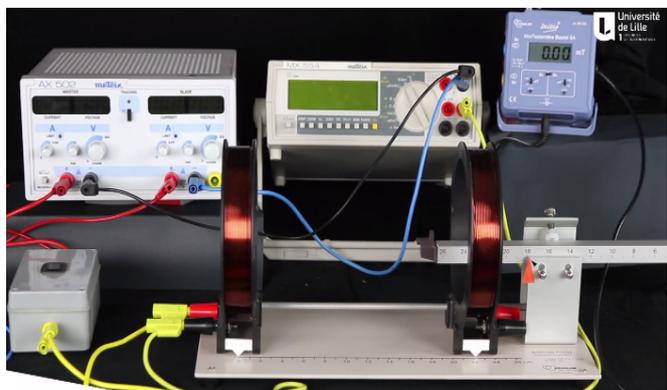
Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



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



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



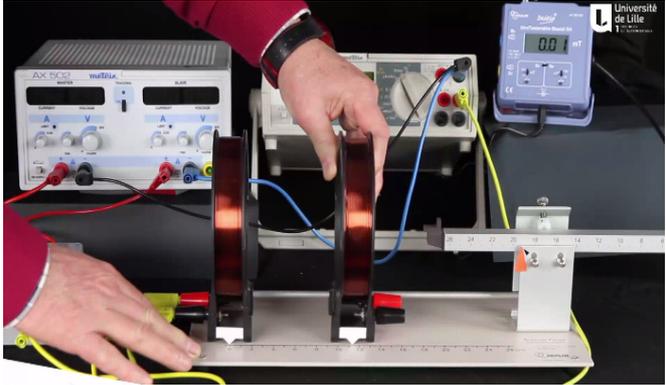
L'objectif est de :

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

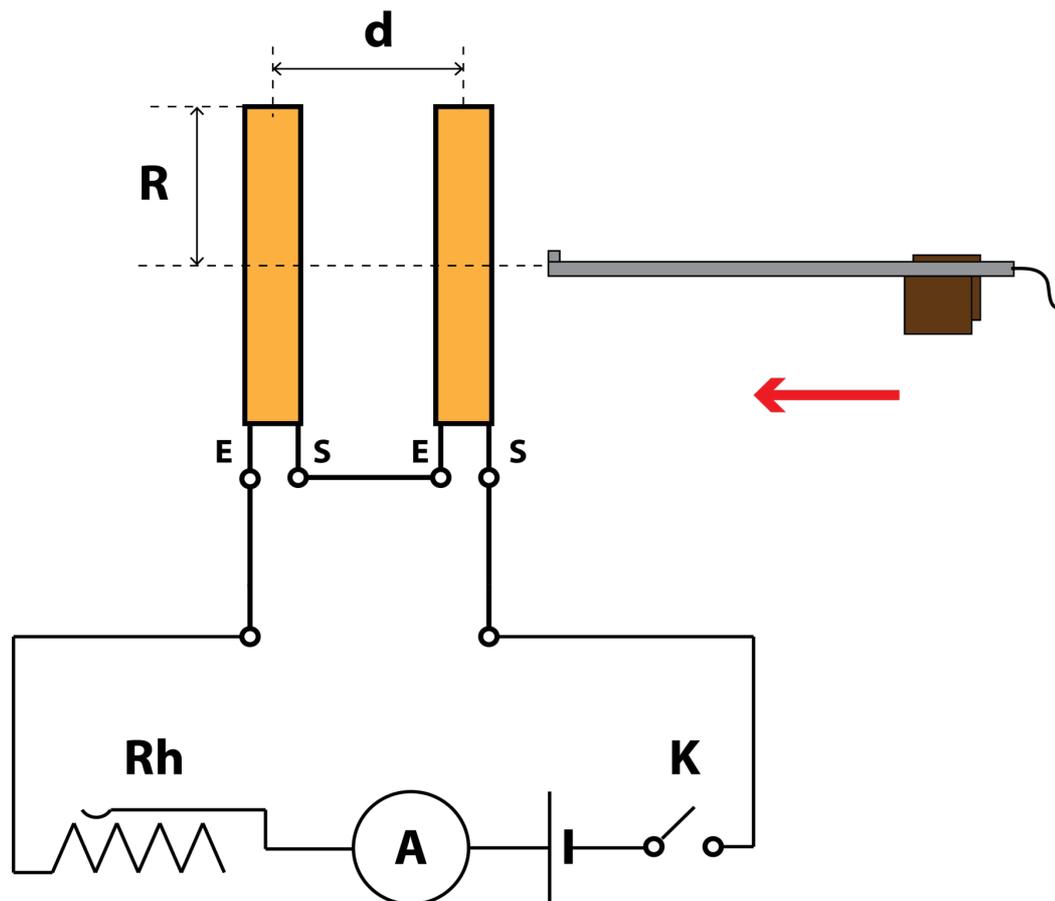
Protocole expérimental :



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



1- Réaliser le montage suivant:



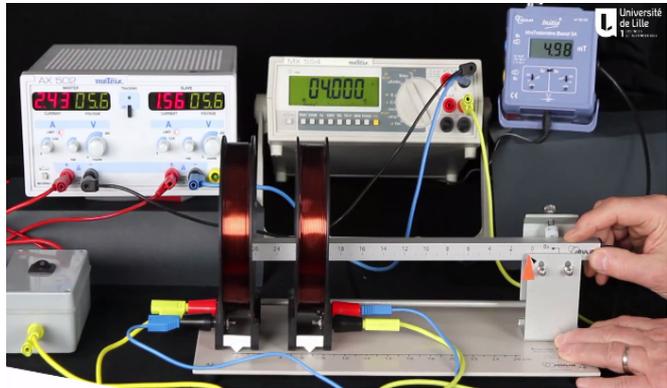
2- Placer la bobine mobile à la distance $d = R$ de la bobine fixe.

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.



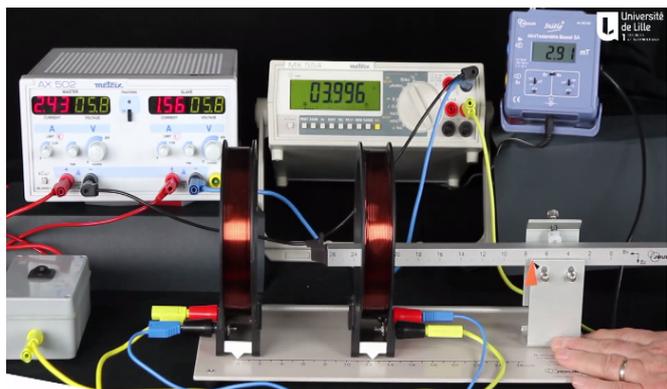
Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



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



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



Manipulations virtuelles

VI



Remarque

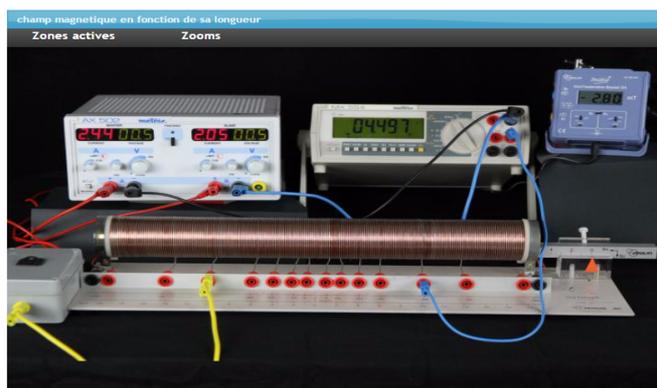
Grâce aux animations qui suivent, qui ne sont qu'une mise en musique de photos prises à partir de la vraie manipulation, vous aurez la possibilité de faire les mesures comme si vous étiez en train de les relever sur la vraie manipulation.

Evolution du champ magnétique dans le solénoïde

Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de sa longueur :



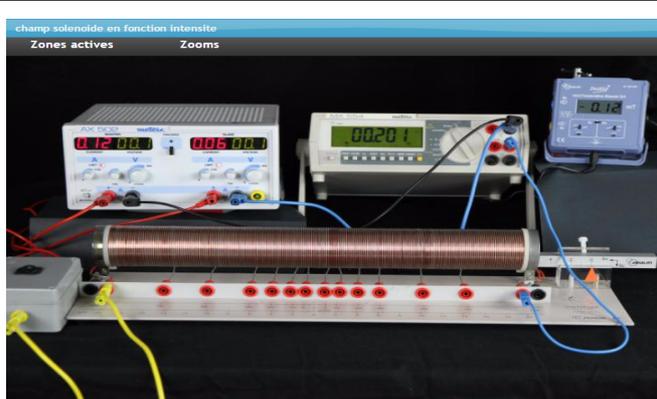
Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité qui le traverse :



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode

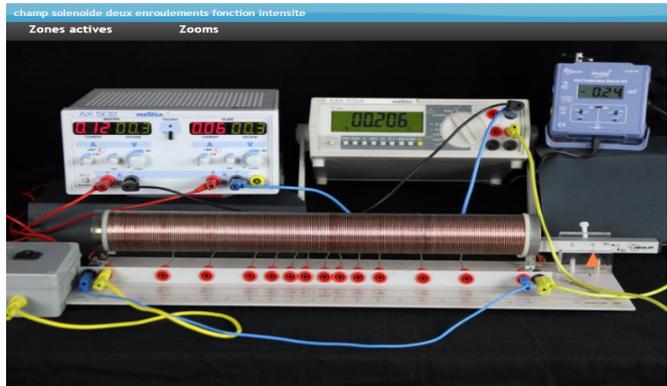


Champ magnétique le long de l'axe du solénoïde en fonction de l'intensité qui le

traverse pour les 2 enroulements en série :



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



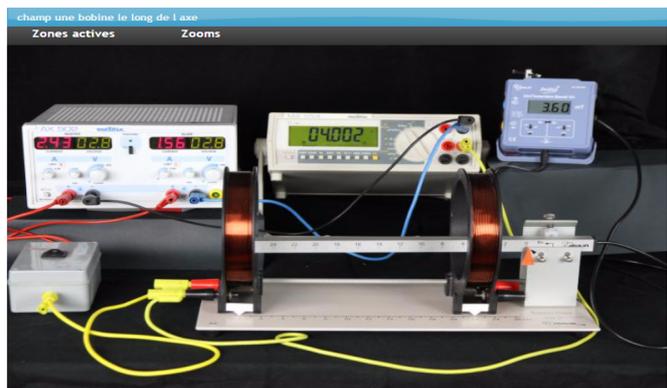
Evolution du champ magnétique sur l'axe de la bobine plate

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

à faire



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



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

Champ magnétique le long de l'axe des bobines de helmholtz

à faire



Utiliser le QRcode pour accéder à la vidéo en haute résolution ou cliquer sur le QRcode



Bibliographie



Préparer et rédiger un TP

- comment préparer un TP (cf.)
- rédiger un compte rendu de TP (cf.)

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

1ère partie (cf.)

2ème partie (cf.)



Crédits

VIII

Auteurs :

Yves Quiquempois professeur à l'IUT Université Lille1

mel : yves.quiquempois@neuf.fr¹

Réalisation :

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

mel : bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr²

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

mel : jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr³

Moyens techniques :

Service Enseignement et Multi Media (SEMM⁴) Université de Lille1



Service
Enseignement et
MultiMédia

1 - <mailto:yves.quiquempois@neuf.fr>

2 - <mailto:bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr>

3 - <mailto:jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr>

4 - <http://semm.univ-lille1.fr>