

# Induction électromagnétique (Bases du transformateur)

Version papier téléchargeable



# Table des matières

<b>I - Objectifs</b>	<b>3</b>
<b>II - Principe</b>	<b>4</b>
<b>III - Matériel</b>	<b>5</b>
<b>IV - Manipulation</b>	<b>11</b>
<b>V - Manipulations virtuelles</b>	<b>14</b>
1. Caractéristique du solénoïde .....	14
1.1. fem induite dans la bobine ref : 11006.01 diamètre 41 mm .....	14
1.2. fem induite dans la bobine ref : 11006.04 diamètre 41 mm .....	14
1.3. fem induite dans la bobine ref : 11006.05 diamètre 41 mm .....	14
2. Détermination de la section transversale d'une bobine.....	14
2.1. fem induite dans la bobine ref : 11006 02 en fonction de l'intensité .....	14
3. Détermination du nombre de spires de bobines inconnues .....	14
3.1. fem induite dans la bobine ref : 11006 03 fonction intensité .....	14
3.2. fem induite dans la bobine ref : 11006 06 fonction intensité .....	14
3.3. fem induite dans la bobine ref : 11006 07 fonction intensité .....	14
4. Détermination du flux magnétique.....	14
4.1. fem induite dans chacune des bobines.....	14
<b>VI - Bibliographie</b>	<b>15</b>
<b>VII - Crédits</b>	<b>16</b>

# Objectifs

---



Les objectifs du TP sont :

- Comprendre le phénomène d'induction électromagnétique,
- mesurer expérimentalement l'évolution de la tension générée aux bornes d'une bobine en présence d'un champ magnétique oscillant de fréquence et d'intensité variable.

[cf. Objectifs du TP]



# Principe

## 1.1 Loi de Faraday

Un circuit électrique mis en présence d'un champ magnétique  $\vec{B}$  **variable** est le siège d'une force électromotrice induite (fem). Le circuit se comporte alors comme un générateur de tension alternative.

La f.e.m. induite  $\mathcal{E}$  aux bornes du circuit fermé est donnée par la relation suivante (loi de Faraday):

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = \oint_{\text{circuit}} \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (1)$$

où  $\Phi_B$  représente le flux du champ magnétique à travers la surface  $S$  du circuit.

Dans le cas d'un circuit comportant  $N_C$  spires de surface  $S$  et perpendiculaire à la direction du champ magnétique, le flux magnétique se déduit de la relation suivante:

$$\Phi_B = N_C B S$$

## 1.2 Grandeurs alternatives

Les courants et tensions sont générées par un générateur basse fréquence (GBF). Ils sont donc alternatifs et sinusoïdaux. Le courant qui circule dans le solénoïde peut donc être mis sous la forme:

$$i(t) = i_m \cos(\omega t) = i_m \cos(2\pi f t)$$

$\omega$  représente la pulsation.

Les **valeurs efficaces** mesurées par les multimètres numériques correspondent à l'amplitude du signal sur  $\sqrt{2}$ . Dans le cas du courant, un multimètre indiquerait par exemple:

$$i_{\text{eff}} = \frac{i_m}{\sqrt{2}}$$

## 1.3 Champ magnétique créé par un solénoïde

Le champ magnétique extérieur est ici créé par un solénoïde. L'expression du champ magnétique se déduit de la relation suivante:

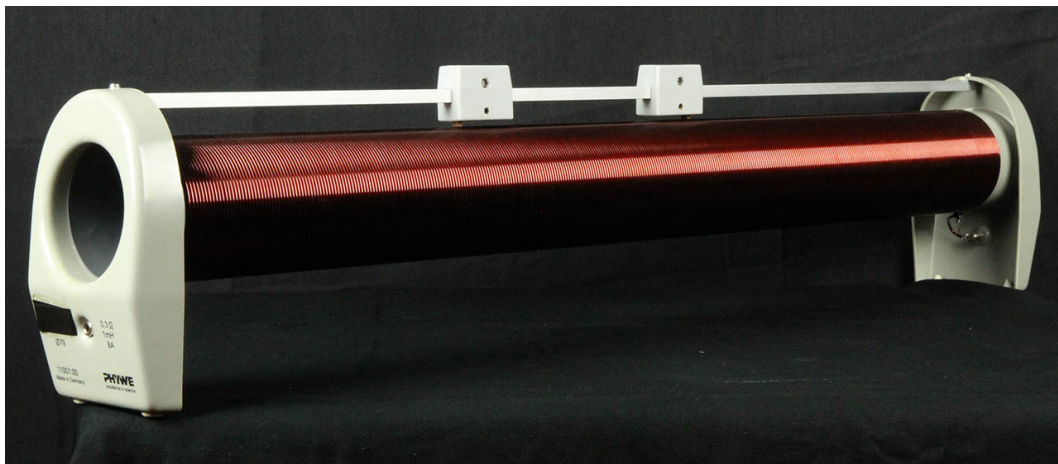
$$B = \mu_0 \frac{N_B}{L} i(t)$$

où  $\mu_0$  est la perméabilité magnétique du vide, et  $L$  est la longueur du solénoïde, et  $N_B$  le nombre de spires du solénoïde.

# Matériel



Vous disposez d'un solénoïde de 75 cm de longueur. Il est représenté sur la Fig. suivante:



Il va servir à créer le champ magnétique alternatif. Il doit donc être alimenté avec un courant d'intensité:

$$i(t) = i_{\text{eff}} \sqrt{2} \cos(2\pi ft)$$

où  $i_{\text{eff}}$  représente l'intensité efficace qui sera lue sur le multimètre.

**Remarques:**

L'effet de la fréquence doit être étudié entre 0,5 kHz et 5 kHz. En dessous de 0.5kHz, le solénoïde se comporte comme un court-circuit. Au delà de 5kHz, les multimètres numériques utilisés dans ce TP ne permettent plus d'effectuer une mesure correcte de la tension et du courant efficace.

Manipuler les différentes bobines avec délicatesse: Les spires sont fragiles, le nombre de tours devant être calibré.

Vous disposez également de différentes bobines :

bobine ref :1106.01 300 spires diamètre 41 mm



bobine ref :1106.02 300 spires diamètre 33 mm



bobine ref :1106.03 diamètre 26 mm



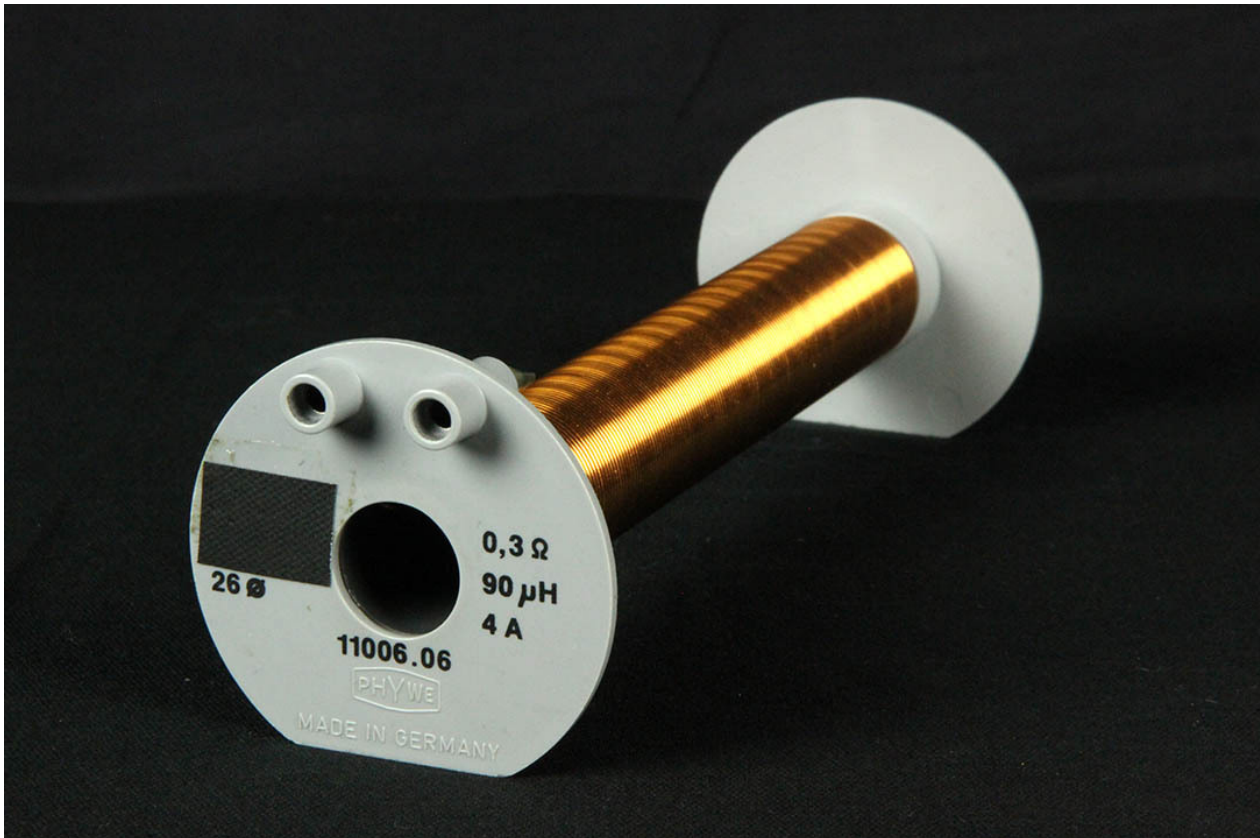
bobine ref :1106.04 200 spires diamètre 41 mm



bobine ref :1106.05 100 spires diamètre 41 mm



bobine ref :1106.06 diamètre 26 mm

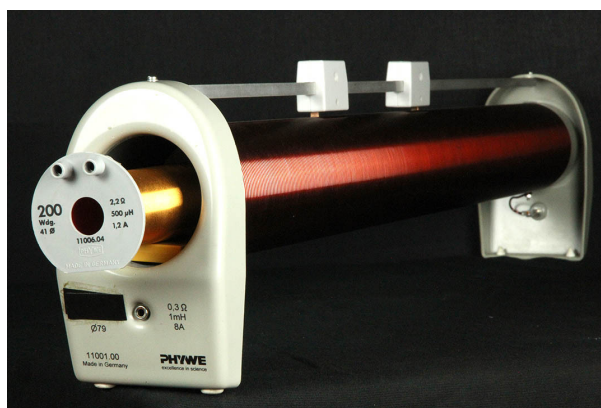


bobine ref :1106.07 diamètre 26 mm

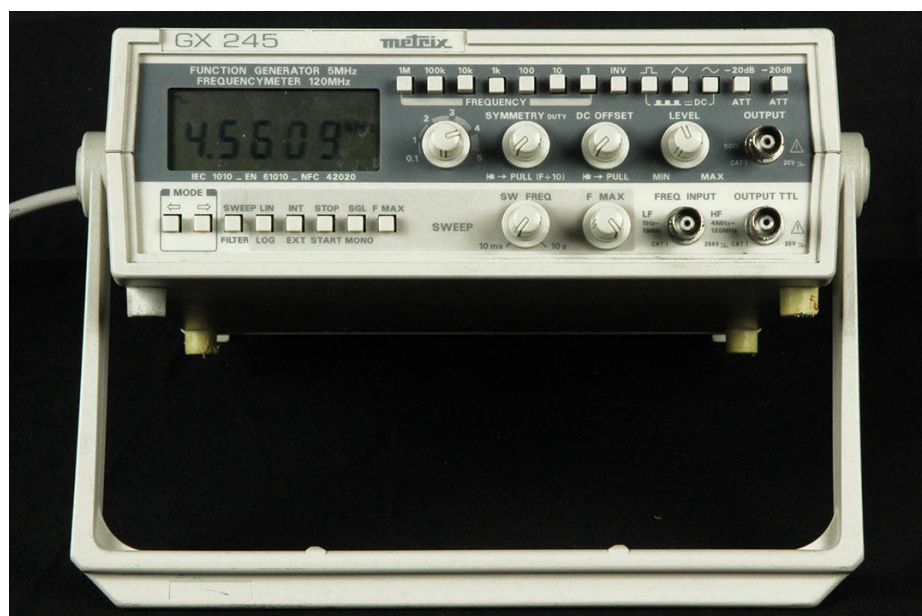




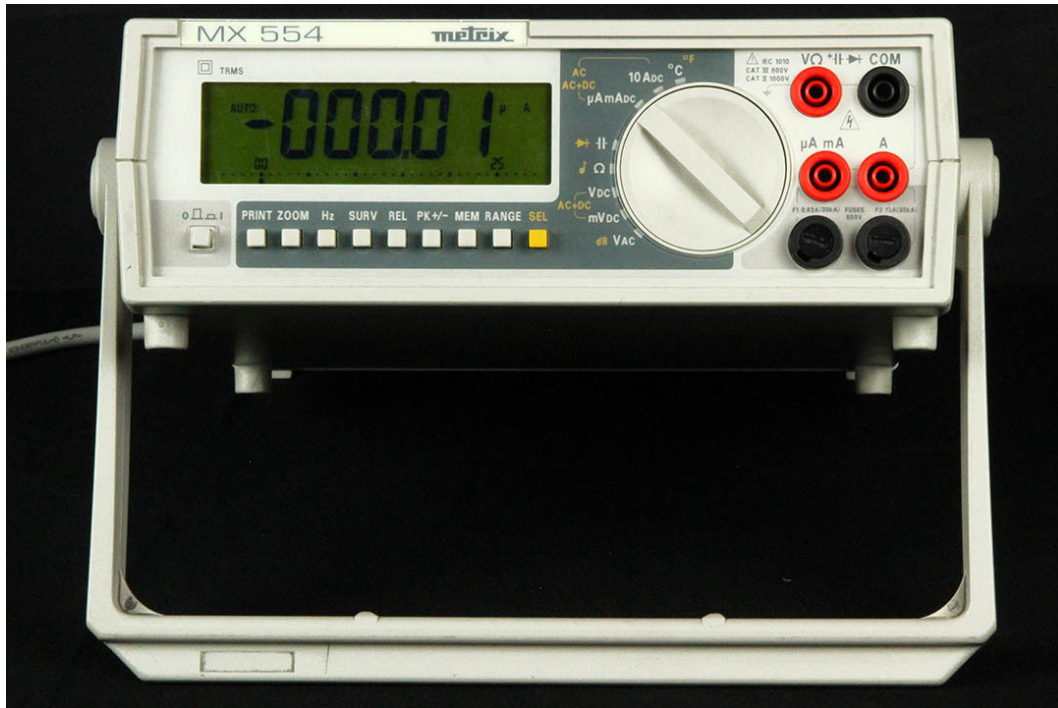
Les différentes bobines seront introduites successivement dans le grand solénoïde :



Vous disposez également de :  
un générateur basse fréquence



un multimètre numérique



# Manipulation



## Manipulation : induction magnétique

### 2.1.2 Calcul préliminaire

Donner l'expression de la f.e.m. induite aux bornes d'un circuit de surface  $\mathcal{S}$  comportant  $N_C$  spires soumis au champ magnétique créé par le solénoïde parcouru par un courant  $i(t)$ .

### 2.1.3 Détermination de la caractéristique du solénoïde

L'objectif consiste à :

- déterminer le nombre de spires du solénoïde,
- mesurer l'évolution de la f.e.m. en fonction de la fréquence.

[cf. Protocole expérimental]

### Protocole expérimental

1. Brancher le solénoïde en série avec le générateur basses fréquences et un ampèremètre numérique.
2. Fixer le courant à 30mA efficaces.
3. Sélectionner les bobines de diamètre  $\Phi = 41\text{mm}$ .
4. Pour chaque bobine, faire varier la fréquence entre 0.5 kHz et 5 kHz et noter la f.e.m. induite.

Fréquence f (kHz)	f.e.m (V) Bobine 1	f.e.m (V) Bobine 2	f.e.m (V) Bobine 3
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			
4			
4,5			
5			

5. Tracer sur le même graphique les 3 courbes  $U = f(f)$ .
6. Mesurer les pentes et en déduire le nombre de tours moyen par mètre du solénoïde.

NB : On prendra pour  $\mu_0$  la valeur théorique  $4\pi 10^{-7}$  usi.

Mesures	Valeurs
Mesure 1	
Mesure 2	
Mesure 3	
Moyenne	

**2.1.4 Détermination de la section transverse d'une bobine**

Choisir la bobine de 300 tours et de diamètre inconnu.

1. Fixer la fréquence à 2 kHz.
2. Relever la tension efficace aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité efficace dans le circuit primaire. Prendre au moins 10 valeurs.

Intensité efficace	f.e.m (V)
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

3. Représenter ces points sur une courbe.
4. Déterminer le diamètre D de la bobine inconnue.

diamètre (mm) D	
-----------------	--

**2.1.5 Détermination du nombre de spires des bobines inconnues**

Choisir maintenant les 3 bobines de diamètre 26 mm.

Fixer la fréquence à 2 kHz.

Pour chaque bobine, déterminer 10 couples de points (tension efficace, intensité efficace). Remplir un tableau identique au précédent.

- 3- Tracer ces points sur une courbe.
- 4- Pour chaque bobine, déterminer le nombre de spires (le nombre de tours).

Bobine	Nombre de spires
Bobine 1	
Bobine 2	
Bobine 3	

### 2.1.6 Détermination du flux magnétique

On se propose maintenant de faire une étude en fonction du flux magnétique dans chaque bobine.

1. Fixer la fréquence à 2 kHz et le courant  $i_{\text{eff}}$  à 30 mA.
2. Pour chaque bobine, calculer le flux  $\Phi$  du champ magnétique.
3. Mesurer la f.e.m. induite efficace dans chaque bobine.
4. Tracer la courbe f.e.m.=f( $\Phi$ ).

Conclusion ?

# 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. Caractéristique du solénoïde

### 1.1. fem induite dans la bobine ref : 11006.01 diamètre 41 mm

[cf. fem induite dans la bobine ref 11006.01 diamètre 41 mm]

### 1.2. fem induite dans la bobine ref : 11006.04 diamètre 41 mm

[cf. fem induite dans la bobine ref 11006.04 diamètre 41 mm]

### 1.3. fem induite dans la bobine ref : 11006.05 diamètre 41 mm

[cf. fem induite dans la bobine ref 11006.05 diamètre 41 mm]

## 2. Détermination de la section transverse d'une bobine

### 2.1. fem induite dans la bobine ref : 11006 02 en fonction de l'intensité

[cf. fem induite bobine ref 11006 02 en fonction de l'intensité]

## 3. Détermination du nombre de spires de bobines inconnues

### 3.1. fem induite dans la bobine ref : 11006 03 fonction intensité

[cf. fem induite bobine 11006 03 26 mm en fonction de l'intensité]

### 3.2. fem induite dans la bobine ref : 11006 06 fonction intensité

[cf. fem induite bobine 11006 07 en fonction de l' intensité]

### 3.3. fem induite dans la bobine ref : 11006 07 fonction intensité

[cf. fem induite dans la bobine ref 11006.07 diamètre 26 mm]

## 4. Détermination du flux magnétique

### 4.1. fem induite dans chacune des bobines

[cf. Flux magnétique : fem induite dans chacune des bobines]

# Bibliographie

---



Préparer et rédiger un TP

- *comment préparer un TP [cf. Comment preparer un TP.pdf]*
- *comment 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