



Travaux pratiques d'électromagnétisme

Filières :
Sciences de la Matière Physique (SMP)

Semestre 3

SOMMAIRE

Attention	2
Manipulation N°1 : Champ magnétique des bobines -Loi de Biot et Savart-.....	3
Manipulation N°2 : Le transformateur.....	11
Manipulation N°3 : Inductances des solénoïdes	19
Comptes rendu.....	24

Attention Attention

Avant de se présenter aux travaux pratiques, nous vous conseillons de lire attentivement le polycopié, de relever les points intéressants.

Le jour des travaux pratiques n'oubliez pas de vous munir du matériel nécessaire à la bonne marche de votre T.P. à savoir les feuilles de brouillon, les papiers millimétrés, les stylos, un crayon, une gomme, une calculatrice scientifique, etc.

La présence est obligatoire. Les discussions pendant la séance de T.P. ne sont pas tolérées et les sorties sont interdites.

Le matériel que nous mettons à votre disposition est très cher et surtout fragile, manipulez-le avec attention.

Lorsque vous manipulez du matériel électrique, commencez par faire le montage sans alimentation et faites-le vérifier par votre enseignant avant de procéder aux mesures (même si vous êtes sûr de vous).

La séance de T.P. dure 2 heures, pour cela, il faut vous habituer à gérer votre temps pour pouvoir faire : le montage, remplir les tableaux, tracer les courbes et une conclusion sur les résultats obtenus et sur la manipulation en général.

 *Le compte rendu est à remettre obligatoirement, à l'enseignant, à la fin de chaque séance*

Manipulation N°1

Manipulation N°1

CHAMP MAGNETIQUE DE BOBINES -Loi de Biot et Savart-



Notions utilisées

Boucle conductrice - Loi de Biot et Savart - Effet hall

1. But

Le but de cette manipulation est l'étude du champ magnétique créé par un élément de courant : Loi de Biot et Savart.

La manipulation consiste à :

- 1) Mesurer au centre de différentes ***boucles conductrices*** la densité de flux magnétique avec la sonde à effet Hall et analyser la relation entre le rayon et le nombre de spires,
- 2) Déterminer la **constante** de champ magnétique μ_0 .
- 3) Relever les densités de flux magnétiques sur l'axe de ***bobines longues*** et les comparer aux valeurs calculées théoriquement.

2. Matériel

- Alimentation universelle,
- Teslamètre,
- Jeux Conducteurs circulaires,
- Multimètre,
- Jeux de bobines d'induction,
- Fils de connexion.

3. Théorie et exploitation

Un courant électrique I crée un champ magnétique \vec{B} :

$$\text{Loi d'Ampère : } \oint_C (\vec{B} \cdot d\vec{l}) = \mu_0 \sum I \quad [\text{V.s/m}=\text{T.m}] \quad (1)$$

Une variation du champ \vec{B} (ou \vec{H}) crée un champ \vec{E} :

$$\text{Loi d'induction ou Loi de Faraday : } \oint (\vec{E} \cdot d\vec{l}) = - \frac{d}{dt} \iint (\vec{B} \cdot d\vec{A}) \quad [\text{V}] \quad (2)$$

Une variation du champ \vec{E} (ou \vec{D}) crée un champ \vec{B}

$$\text{Loi d'Ampère -Maxwell: } \oint_C (\vec{H} \cdot d\vec{l}) = I + \frac{d}{dt} \iint (\vec{D} \cdot d\vec{A}) \quad [\text{A}] \quad (3)$$

Avec (C) une courbe fermée autour d'une surface A, $\vec{H} = \mu_0 \vec{B}$ est l'intensité du champ magnétique, I est l'intensité du courant à travers la surface A et D est la densité de flux électrique.

Pour des courants continus ($D=0$), la loi du Gauss ou du flux magnétique s'écrit:

$$\oint \vec{H} d\vec{\ell} = I \quad (4)$$

En un point P de l'espace, l'élément du conducteur $d\vec{\ell}$, parcouru par I, génère un champ d'induction magnétique élémentaire $d\vec{B}$.

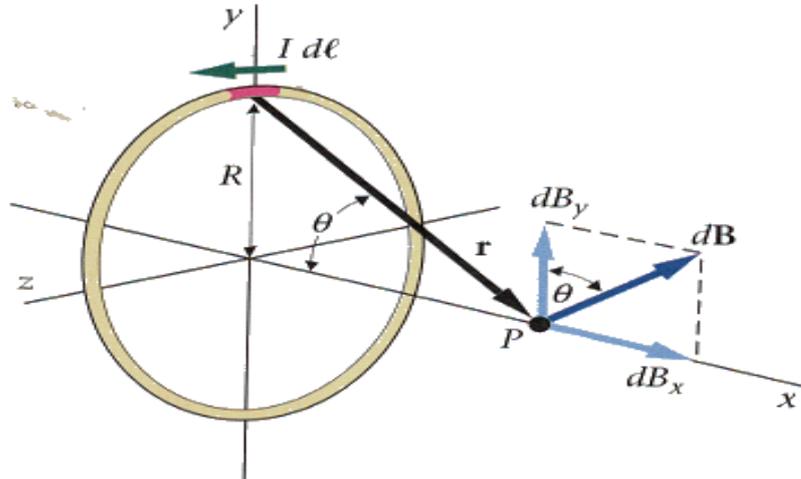


Figure 1 : Croquis pour le calcul du champ magnétique sur l'axe d'une boucle conductrice

Loi de Biot-Savart :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{\ell} \wedge \vec{r}}{r^3} \quad [T] \quad (5)$$

Le vecteur $d\vec{\ell}$ est perpendiculaire au plan du croquis, \vec{r} et $d\vec{B}$ se trouvent dans le plan du croquis, et on a donc :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} d\vec{\ell} = \frac{I}{4\pi} \frac{d\vec{\ell}}{R^2 + x^2} \quad (6)$$

$d\vec{B}$ peut se décomposer en une composante radiale dB_y et une composante axiale dB_x . Les composantes dB_x ont pour tous les éléments conducteurs $d\ell$ la même direction et leurs valeurs s'additionnent ; les composantes dB_y s'annulent par paires. Par conséquent, on a sur l'axe d'une boucle conductrice :

$$B_y(x) = 0 \quad (7)$$

$$B(x) = B_x(x) = \frac{I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (8)$$

Si une spire circulaire de centre O et de rayon R est parcourue par un courant I, le champ magnétique créé par cette spire en un point P de son axe ($OP=x$) est :

$$B(x) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (9)$$

En présence de quelques boucles conductrices identiques placées très près les unes des autres, on obtient la densité du flux magnétique par multiplication du nombre de spires N.

a) Au centre des spires conductrices (x=0) on obtient

$$B(0) = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2R} \quad (10)$$

b) La constante de proportionnalité est notée μ_0 est dite perméabilité magnétique du vide. Sa valeur numérique est déterminée par la définition même de l'unité de l'ampère via la loi d'Ampère.

c) Pour le calcul de la densité du flux magnétique d'une bobine de longueur ℓ avec un nombre de spires n et un enroulement régulier, la densité de flux magnétique d'une boucle conductrice est multipliée par la densité d'enroulement n/ℓ et intégré sur la longueur de la bobine :

$$B(x) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2\ell} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}} - \frac{b}{\sqrt{R^2 + b^2}} \right) \quad (11)$$

Avec : $a = x + \ell/2$ $b = x - \ell/2$

La densité de flux au centre de la bobine est donnée par la relation :

$$B(0) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2} \cdot \left(R^2 + \left(\frac{\ell}{2} \right)^2 \right)^{-1/2} \quad (12)$$

4.Manipulation

Le champ magnétique sur l'axe de conducteurs circulaires et de bobines de différentes dimensions géométriques est mesuré avec un ***Teslamètre*** (Sonde de Hall). On analyse la relation entre l'intensité maximale du champ et les dimensions géométriques, et on établit une comparaison entre la dépendance du lieu mesuré et celle du lieu théorique.

Observez que l'orientation de la sonde n'est pas indifférente : la tension mesurée est maximale (en valeur absolue) quand la tige qui porte la sonde a la même direction que le champ au point étudié. Cet alignement devra être respecté lors de toute mesure de champ réalisée avec une telle sonde. On admet que la tension mesurée est proportionnelle au champ à mesurer.

4.1 Densité du flux magnétique en fonction du nombre de spires et de leurs rayons

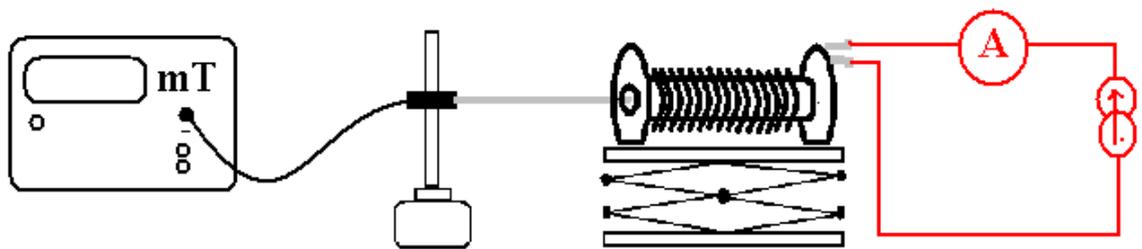


Figure 2 : Montage pour la mesure du champ magnétique

Réaliser Le montage ci-dessus (figure 2). Le bloc d'alimentation fonctionne comme une source de courant constante en réglant la **tension à 18V** et l'intensité de courant à la valeur désirée.

On règle l'intensité du courant à la valeur **$I = 5 \text{ A}$** .

Pour éliminer les champs parasites et les défauts de symétrie dans le montage de la manipulation, on amène (le champ magnétique étant arrêté) la valeur affichée par le teslamètre au zéro en utilisant le bouton de **mise à zéro**. On admet que le champ magnétique terrestre est négligeable par rapport aux autres champs envisagés.

Sur des **conducteurs** de courant **circulaires** la mesure est uniquement faite au **centre**. Le bout de la sonde à effet Hall qui est reliée à un teslamètre, doit être placée au centre de la spire.

Ensuite, on enclenche le courant et on mesure la modification relative du champ magnétique. On inverse la direction du courant par changement de polarité et on mesure à nouveau la modification relative du champ magnétique. On prend pour résultat la **valeur moyenne** des valeurs mesurées.

Pour des boucles de nombre de spire croissant, noter la valeur correspondante du champ crée et regrouper les résultats dans le tableau suivant :

Nombre de spires n (R=12,2cm)	N=1	N=2	N=3
B(mT)			

Construire le graphique représentatif des variations de B en fonction de N sur papier millimétré. Peut-on déduire la nature de la fonction f telle que $B = f(N)$?

Dans une deuxième partie on se propose de mesurer la valeur du champ magnétique sur des **spires de rayons différents**. En utilisant le même montage, remplir le tableau suivant.

Rayon de la spire R (n=1)	R=6,2cm	R=8,6cm	R=12,2cm
B (mT)			

Construire le graphique représentatif des variations de B en fonction de 1/R sur papier millimétré. Peut-on déduire la nature de la fonction f telle que : $B=f(1/R)$?

Quelle est la nature des deux courbes ? En déduire les pente P_1 et P_2 correspondant aux courbes 1 et 2.

4.2 Détermination de la constante de champ magnétique μ_0

Avec les données mesurées précédemment, ainsi qu'avec l'équation (10), on obtient une valeur moyenne pour la constante du champ magnétique appelée aussi perméabilité du vide. Déterminer μ_0 , en déduire l'incertitude sur cette valeur.

4.3 Densités de flux magnétique sur l'axe de solénoïdes

En utilisant le même montage, on remplace les boucles conductrices par des bobines et on étudie la valeur du champ en différents points de l'axe des bobines

(ou des solénoïdes). Il a précédemment été montré que ce champ a pour direction l'axe des bobines : la sonde sera donc alignée suivant cette direction.

Faire passer un courant ($I=1A$) dans un jeu de bobines. Déplacer la sonde suivant l'axe des bobines, mesurer la valeur du champ en différents points, regrouper les mesures dans un tableau. Le point étudié est repéré par son abscisse x mesurée sur l'axe, l'origine étant placée au centre du dispositif. Mesurer la valeur du champ B . Bien placer la sonde dans la direction trouvée pour le champ résultant B . Comme il a été vu précédemment, la valeur indiquée par la sonde est alors maximale. Le champ créé au centre du dispositif par chacune des bobines est alors uniforme.

Remplir le tableau suivant :

Bobines de longueur $l=162mm$, de rayon $R=16 mm$ et de nombres de spires $N=300$														
x(cm)														
B(mT)														

Représenter les résultats expérimentaux et théoriques (en utilisant l'équation (12) sur un même graphe; $B=f(x)$.

Interpréter ces résultats. Que peut-on conclure ?

Par la suite, on étudie la proportionnalité entre la densité de flux magnétique B et le nombre de spires N pour des rayon et largeur constantes.

Remplir les tableaux suivants :

Bobine de longueur $l=160mm$, de rayon $R=13 mm$ et de nombre de spires $N_1=75$														
x(cm)														
B(mT)														

Bobine de longueur $l=160mm$, de rayon $R=13 mm$ et de nombre de spires $N_2=150$														
x(cm)														
B(mT)														

Bobine de longueur $l=160mm$, de rayon $R=13 mm$ et de nombre de spires $N_3=300$														
x(cm)														
B(mT)														

Tracer ces résultats sur un même graphe $B=f(x)$ et pour différentes valeurs de N .

Interpréter ces résultats. Que peut-on conclure ?

L'influence de la longueur de la bobine pour un rayon constant peut être constatée sur les valeurs mesurées de la densité du flux magnétique pour des bobines à densité d'enroulement N/ℓ constante.

Remplir les tableaux suivants :

Bobines de rayon $R=20$ mm de longueur $\ell_1=53$mm et de nombre de spires $N_1=100$														
x(cm)														
B(mT)														

bobines de rayon $R=20$ mm, de longueur $\ell_2=105$mm et de nombre de spires $N_2=200$														
x(cm)														
B(mT)														

bobines de rayon $R=20$ mm, de longueur $\ell_3=160$mm et de nombre de spires $N_3=300$														
x(cm)														
B(mT)														

Tracer ces résultats sur un même graphe pour différentes valeurs de ℓ .
Interpréter ces résultats. Que peut-on conclure ?

Comparaison entre les densités de flux expérimentales et théoriques

Comparons les densités de flux obtenues à partir des courbes précédentes et celles calculées au centre de la bobine en utilisant la relation (12). Remplir le tableau suivant :

N	ℓ (mm)	R(mm)	B(0)(mT)	
			mesurées	calculées
75	160	13		
150	160	13		
300	160	13		
100	53	20		
200	105	20		
300	160	20		
300	160	16		

Interpréter ces résultats. Que peut-on conclure ?

Manipulation N°2

LE TRANSFORMATEUR



Notions utilisées

Induction - Flux magnétique - Bobines - Transformateur à vide - Transformateur en charge

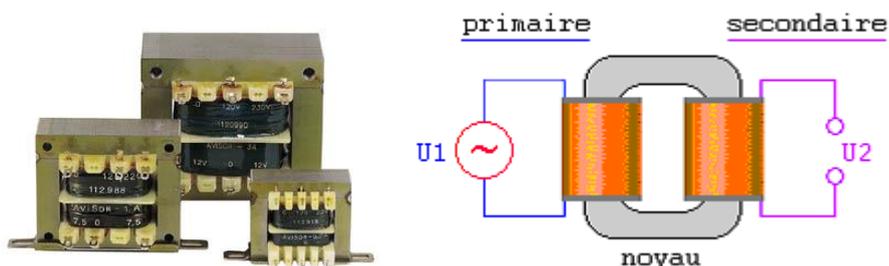
1. But

1. Détermination de la tension secondaire sur un transformateur à *circuit ouvert* en fonction de :
 - nombre de spires de la bobine primaire,
 - nombre de spires de la bobine secondaire,
 - la Tension primaire.
2. Détermination du courant de court-circuit secondaire en fonction du :
 - nombre de spires de la bobine primaire,
 - nombre de spires de la bobine secondaire,
 - courant primaire.
3. Détermination du courant primaire pour un transformateur en charge en fonction du :
 - courant secondaire,
 - nombre de spires de la bobine primaire,
 - nombre de spires de la bobine secondaire.

2. Matériel

- Un transformateur 14v ca/11v cc,5A
- Un rhéostat à curseur, 10 ohms ; 5,7A
- Un noyau en U, Feuilleté
- Deux bobines à paliers, 140 spires
- Un interrupteur bipolaire
- Trois multimètres protégés contre les surcharges.

3. Théorie et exploitation



❖ Qu'est-ce qu'un transformateur ?

Un transformateur est un appareil qui exploite les phénomènes liés à l'électromagnétisme. Il est constitué de deux enroulements ou bobines sur un même noyau de fer. Si on applique une tension alternative sinusoïdale U_1 à l'enroulement primaire, il en résulte dans l'enroulement secondaire une tension induite U_2 .

❖ Transformateurs particuliers

- **Transformateur d'isolement** : Transformateur de rapport $m = 1$ utilisé pour l'isolation galvanique entre deux parties d'une installation électrique. En effet, quelque soit le transformateur, il n'y a aucun contact électrique entre le circuit primaire et le circuit secondaire.
- **Transformateur d'impulsion** : Utilisé pour la commande de gâchette des thyristors, il transforme un signal carré en signal impulsionnel.

❖ Transformateur parfait

Il ne présente aucune perte et le rendement est de 100%. On définit le rapport de transformation m par :

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Avec U_2 la tension induite et U_1 la tension primaire.

- si $m > 1$, le transformateur est utilisé comme élévateur de tension
- si $m < 1$, le transformateur est utilisé comme abaisseur de tension.

de plus on peut montrer que

$$m = \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2}$$

Utilisation du transformateur

Dans l'immense majorité des cas, le transformateur est utilisé dans le cadre de la réalisation d'une alimentation, un montage destiné à fournir, à partir du secteur 220V alternatif, du courant continu basse tension. En effet, la quasi-totalité des appareils ou montages électroniques sont alimentés en courant continu.

1) Si un courant I s'écoule dans une bobine suite à l'application d'une tension alternative, la tension induite dans la bobine est d'après l'équation de Maxwell :

$$U_{ind} = -n_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

n_1 est le nombre de spires de la bobine et ϕ le flux magnétique

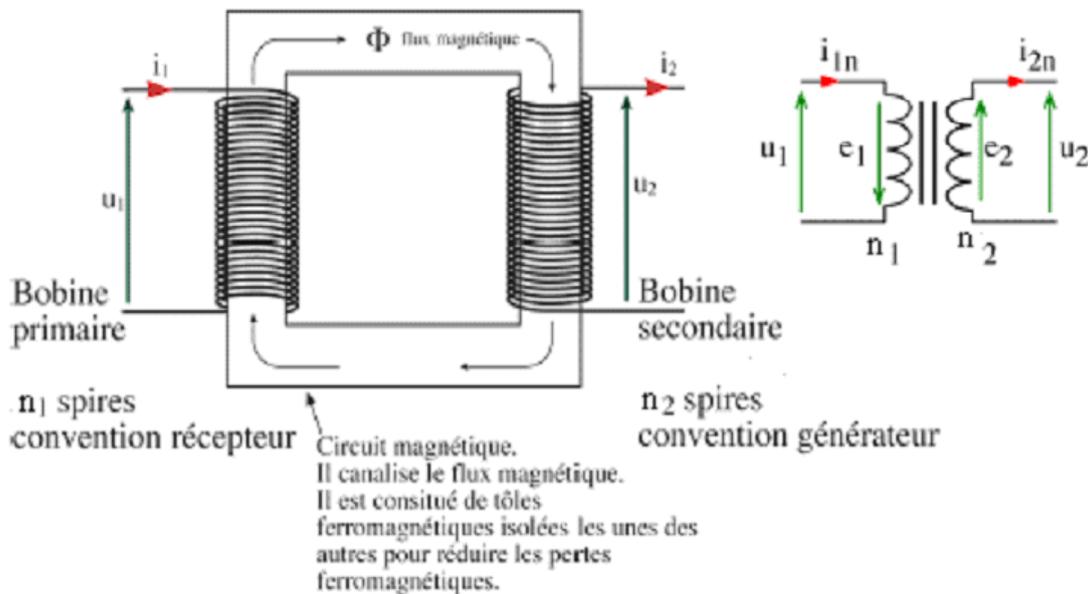
Si sur le même noyau en acier, on a une deuxième bobine (secondaire), traversée par le même flux ϕ , la tension induite U_2 est :

$$U_2 = -n_2 \frac{d\phi}{dt}$$

et d'après (1)

$$U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 \quad (2)$$

On vérifie effectivement que la valeur de la tension induite au secondaire dépend du **nombre de spires** (noté n) de chacune des bobines, d'une part, et d'autre part de la valeur de la tension U_1 appliquée à l'enroulement primaire. On constate que pour une tension U_1 donnée, la valeur de U_2 est en relation directe avec le rapport de n_2 sur n_1 .



2) Si un courant I_2 traverse le circuit secondaire, le flux magnétique ainsi produit se superpose à la densité de flux dans la bobine primaire, diminuant ainsi l'impédance de la bobine primaire. Pour cette raison, l'intensité du courant augmente dans la bobine primaire avec une tension d'alimentation gardée constante U .

Comme le flux produit par I_2 dans la bobine secondaire est égal au flux produit par le courant complémentaire I_1 dans la bobine primaire, on a :

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 \quad (3)$$

Le quotient n_1/n_2 est appelé **rapport de transformation**.

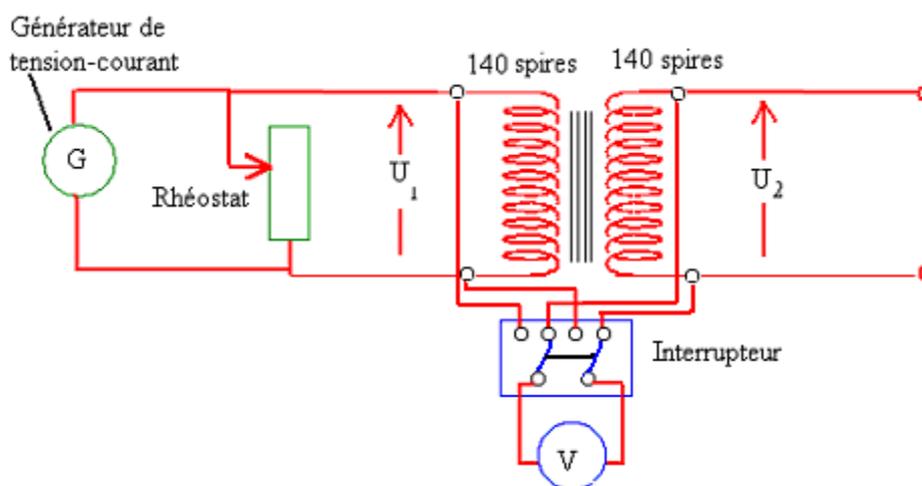
3) Les pertes d'un transformateur sont essentiellement dues à la résistance ohmique de la bobine, aux pertes d'inversion magnétique et d'hystérésis du noyau de Fer et aux pertes des champs de dispersion, étant donné que la totalité du flux magnétique primaire ne traverse pas la bobine secondaire et inversement. Ceci modifie l'impédance et la résistance ohmique des circuits primaire et secondaire.

4. Manipulation

Il s'agit d'appliquer une tension sur une des deux bobines (bobine primaire) qui se trouve sur un noyau en fer commun aux deux bobines. La tension induite dans la deuxième bobine (bobine secondaire) ainsi que le courant qui s'y écoule sont étudiés en fonction du nombre de spires des bobines et du courant s'écoulant dans la bobine primaire. Nous allons faire trois types d'essais :

- Essai à vide
- Essai en court-circuit
- Essai en charge

4.1/Essai à vide : Détermination de la tension secondaire sur un transformateur à circuit ouvert



Réaliser le montage de la figure ci-dessus. Un multimètre est à brancher en intercalant un interrupteur bipolaire de permutation, on pourra alors effectuer des mesures sur les circuits primaire et secondaire. A vide le circuit secondaire est ouvert $\Rightarrow I_2=0$

1) Remplir le tableau suivant

n_1	n_2	n_2/n_1	U_1 (V)	U_2 (V)	$m=U_1/U_2=I_2/I_1$
140	140	1			
140	70	0,5			
140	28	0,2			
140	14	0,1			
70	140	2			

28	140	5			
14	140	10			

Le rapport de transformation se mesure à vide ($I_2=0$) $m = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$

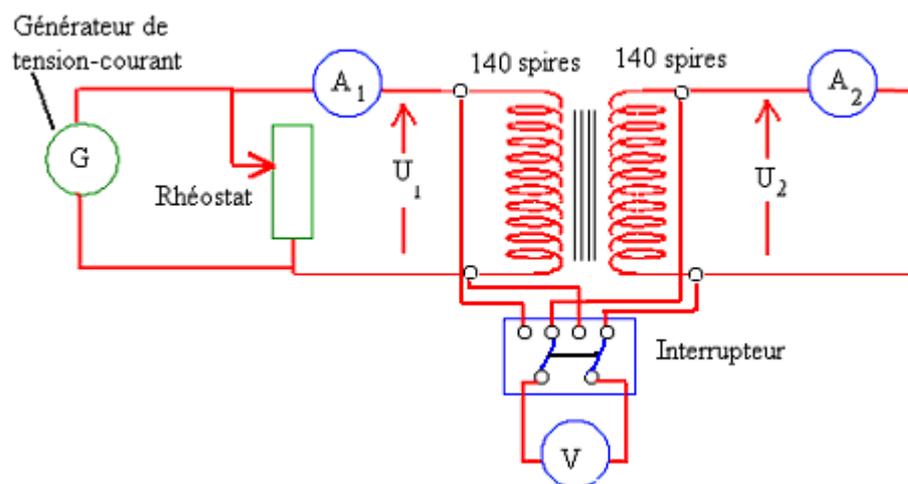
2) Représenter ces résultats sur un papier millimétré

- $U_2=f((n_2/n_1)*U_1)$: Tension secondaire du transformateur à vide en fonction de $(n_2/n_1).U_1$
- Représenter aussi sur un même graphe, la tension secondaire du transformateur à vide en fonction
 - du nombre de spires de la bobine primaire n_1
 - du nombre de spires de la bobine secondaire n_2

3) Interpréter ces résultats, que peut-on conclure ?

4.2 Essai en court-circuit : Détermination du courant secondaire

1. Réaliser le montage suivant :



Le circuit secondaire est en court-circuit $\Rightarrow U_2=0$. Pour l'étude du court-circuit secondaire, le courant primaire doit être réglé à tension d'alimentation constante avec un rhéostat monté sur le circuit primaire.

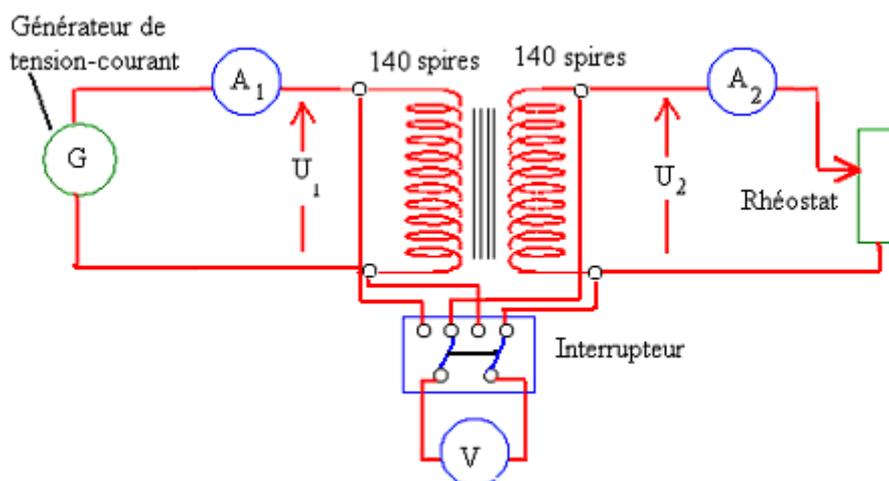
2. Remplir le tableau suivant :

n_1	n_2	n_2/n_1	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$(n_1/n_2).I_1$
140	140	1			
140	70	0,5			
140	28	0,2			
140	14	0,1			
70	140	2			

28	140	5			
14	140	10			

3. Représenter ces résultats sur un papier millimétré:
 - Courant de court-circuit secondaire en fonction du courant primaire dans le transformateur : $I_2 = f(I_1)$
 - Représenter sur un même graphe les variations de ce courant en fonction :
 - du nombre de spires de la bobine primaire n_1
 - du nombre de spires de la bobine secondaire n_2
4. Interpréter et comparer ces résultats et que peut on conclure ?

4.3 Transformateur en charge : Détermination du courant primaire



1. Réaliser le montage ci-dessus. Lors de la mise en charge du rhéostat, la charge maximale admissible est de 6,2 A/8min et ne doit pas être dépassée !

Dans le cas du transformateur en charge, le rhéostat servira de résistance de charge sur le circuit secondaire et permettra de faire varier le courant I_2 . On définit par :

- $R = U_2 / I_2$: résistance de la charge
- $P_2 = U_2 * I_2$: puissance consommée dans la charge ;
- Rendement = P_2 / P_1 : rendement du transfert de puissance entre l'entrée et la sortie.

2. Faire varier I_2 et remplir le tableau suivant :

$I_1(\text{A})$					
$U_1(\text{V})$					
$I_2(\text{A})$					
$U_2(\text{A})$					
R					
Rendement					

3. Tracer la courbe de variations du rendement en puissance en fonction de R sur un papier millimétré.

4. Conclusions ?

Manipulation N°3

manipulation N°3

INDUCTANCE DES SOLENOIDES



Notions utilisées

Loi de l'induction - règle de Lenz- auto-induction - solénoïdes, transformateur-circuit oscillant – résonance - oscillation amortie - décrétement logique -facteur de qualité.

1. But

On constitue avec des bobines de différentes dimensions géométriques (longueur, rayon, nombre de spires) et une capacité connue C, un circuit oscillant. On calcule à partir de la mesure des fréquences propres, les inductances des bobines et on détermine la relation entre :

- L'inductance et le nombre de spires,
- L'inductance et la longueur des bobines,
- L'inductance et le rayon des bobines.

2. Matériel

Le matériel utilisé pour cette manipulation est le suivant :

- Générateur de fonction
- Oscilloscope, 10MHz, 2canaux
- Bobines 1200 spires
- Bobines d'induction, 75 spires, d=25mm
- Jeu de bobines d'induction
- Boite à connexion
- Condensateur à fiches, 470 pF
- Condensateur 1Nf/1% G 1
- Les fils de connexion

3. Théorie et exploitation

Faraday : Expression quantitative des phénomènes d'induction magnétique.

Lenz : Expression qualitative des phénomènes d'induction magnétique.

Enoncé: Les phénomènes d'induction magnétique agissent toujours en un sens tel qu'ils tendent à s'opposer aux causes de leurs apparitions. La loi de Lenz permet de connaître le sens du courant induit et traduit simplement une tendance naturelle à l'équilibre.

Lorsqu'un champ magnétique crée du courant dans un conducteur, le phénomène s'appelle **l'induction**. On dit que le champ magnétique **induit** un courant dans le conducteur. L'inductance se note **L** et se mesure en **Henry (H)**. De la même façon qu'un Farad est une capacité importante, un Henry est également une inductance importante. En électronique, on utilisera souvent des bobines ayant des inductances de l'ordre du microHenry (μH) ou du miliHenry (mH).

Si un solénoïde de longueur ℓ , de section $A = \pi r^2$ et de nombres de spires N est parcouru par un courant d'intensité I, il se produit dans la bobine du solénoïde un champ magnétique.

Si la condition $\ell \gg r$ est remplie, le champ magnétique est homogène et l'intensité de ce champ peut être calculée facilement par :

$$H = I \cdot \frac{N}{\ell} \quad (1)$$

Le flux magnétique à travers la bobine est donné par :

$$\Phi = \mu_0 \cdot \mu \cdot H \cdot A \quad (2)$$

$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$ [T.m/A]=[N/A²]=[F/m] est la constante du flux magnétique et μ le coefficient de perméabilité du milieu environnant.

Ce flux induit, lors de sa modification aux extrémités de la bobine, une tension :

$$U_{ind} = -N \cdot \dot{\Phi} = -N \cdot \mu_0 \cdot \mu \cdot A \cdot \frac{N}{\ell} \cdot \dot{I} = -L \cdot \dot{I} \quad (3)$$

où
$$L = \mu_0 \cdot \mu \cdot \pi \cdot \frac{N^2 \cdot r^2}{\ell} \quad (4)$$

qui représente l'inductance de la bobine

L'équation (4) n'est valable que pour des solénoïdes longs ($\ell \gg r$) et avec un champ magnétique homogène vérifiant l'équation (1).

Dans les cas pratiques, l'inductance des bobines avec $\ell > r$ peut être calculée avec plus de précision à partir la formule d'approximation de Kohlrausch :

$$L = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot N^2 \cdot r \cdot \left(\frac{r}{\ell}\right)^{3/4} \text{ pour } 0 < \frac{r}{\ell} < 1 \quad (5)$$

L'inductance de différentes bobines est calculée dans l'expérience à partir de la fréquence propre d'un circuit oscillant :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{tot}}} \quad (6)$$

C_{tot} est la somme de la capacité du condensateur et de la capacité interne de l'oscilloscope; $C_i = 25$ pF (Voir figure.2).

La résistance intérieure R_i de l'oscilloscope provoque un amortissement du circuit oscillant et un déplacement négligeable (environ 1%) de la fréquence de résonance. Pour l'inductance on a par conséquent :

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C_{tot}} \quad (7)$$

avec $C_{tot} = C + C_i$ et $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$

4. Manipulation

On excite des circuits oscillants constitués de bobines et de condensateurs par une oscillation de forme rectangulaire et de basse fréquence pour engendrer des oscillations amorties libres. On calcule les inductances à partir des fréquences propres pour une capacité connue.

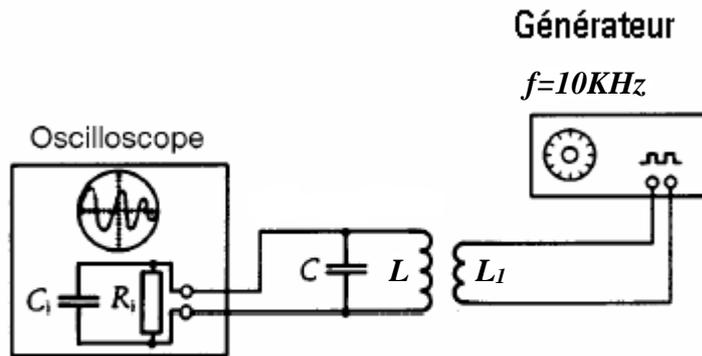


Figure 1 : Dispositif de mesure pour la détermination de l'inductance L.

On applique à la bobine d'excitation L_1 une tension rectangulaire de basse fréquence ($f=10\text{KHz}$). Le champ magnétique se modifie subitement ce qui induit dans la bobine L une tension et engendre dans le circuit oscillant LC une oscillation libre amortie dont la fréquence f_0 est mesurée avec l'oscilloscope.

On dispose de bobines de différentes longueurs ℓ , de diamètre $2r$ et de nombre de spires N . Les diamètres et les longueurs sont mesurés avec le pied à coulisse et le mètre à ruban, les nombres de spires sont indiqués sur les bobines.

Il faut effectuer pour chaque bobine trois mesures en utilisant chaque fois des capacités C différentes dans le circuit oscillant ($C_1=1\text{nF}$, $C_2=470\text{pF}$, $C_3=C_1$ et C_2 en parallèle).

Remarque : L'écartement entre L_1 et L doit être aussi grand que possible pour pouvoir négliger l'influence de la bobine d'excitation sur la fréquence de résonance. En proximité immédiate des bobines, il faut écarter toute pièce métallique.

4.1 Inductance des bobines en fonction du nombre de spires

- 1) Réaliser le montage de la figure 1. La tension U_1 est fournie par une source de tension sinusoïdale. On prendra $f=100\text{ Hz}$. U_1 sera constamment vérifiée avec le voltmètre et U_2 sera mesurée par l'oscilloscope.
- 2) Relever L en fonction du nombre de spires des bobines

<u>Bobine de longueur $\ell=160\text{ mm}$ et de diamètre $2r=26\text{ mm}$</u>			
Nombres de spires N	75	150	300
Fréquence f_0			
Inductance L (μH)			

- 3) Calculer L à partir de la relation (7) puis tracer sur un papier millimétré la courbe représentant l'inductance des bobines en fonction du nombre de spires pour une longueur et un rayon de bobine constants $L=f(N)$.
- 4) Commenter les résultats.

4.2 Inductance des bobines en fonction de leurs longueurs

1) Comme le nombre de spires varient aussi avec la longueur, il faut utiliser la première relation trouvée entre l'inductance et le nombre de spires. Avec le résultat $L \sim N^2$ on peut montrer la relation existante entre l'inductance et la longueur de la bobine.

<u>Bobine de diamètre $2r=40$ mm</u>			
nombres de spires N	100	200	300
longueur ℓ (mm)	53	105	160
Fréquence f_0			
Inductance L/N^2 (nH)			

2) Représenter les résultats sur un graphe $L/N^2 = f(\ell)$

4.3 Inductance des bobines en fonction du rayon

1) En gardant toujours le même montage précédant, remplir le tableau suivant :

<u>Bobine de nombres de spires $N=300$ mm et de longueur $l=160$ mm</u>			
Rayon r (mm)	13	16	20
Fréquence f_0			
Inductance L (μ H)			

- 2) Tracer la courbe représentant Inductance des bobines en fonction de l'inverse du rayon pour un nombre de spires et une longueur de bobine constants, $L = f(1/r)$.
- 3) Interpréter les résultats obtenus. Conclusion ?

LES COMPTES RENDUS

La Manipulation N° 1 : Loi de Biot-Savart

Date	Groupe	Equipe	Filière
/ /			

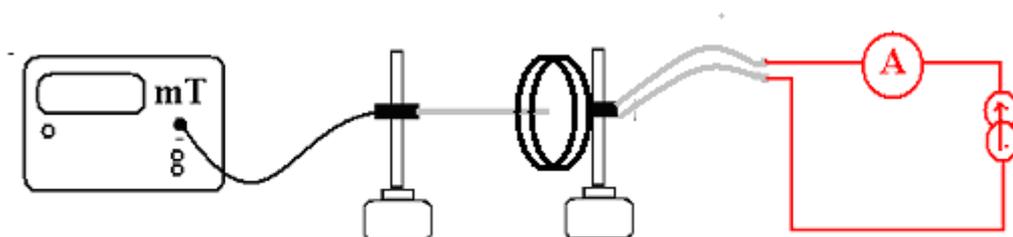
Nom	Prénom	Nom	Prénom

<u>Observation :</u>	Note : _____
----------------------	--------------

1^{ère} Partie :

a) Densité du flux magnétique en fonction du nombre de spires

On règle l'intensité du courant à la valeur $I = 5 \text{ A}$.



1. Pour des boucles de nombre de spire croissant, réaliser le montage ci-dessus et noter la valeur correspondante du champ crée et regrouper les résultats dans le tableau suivant :

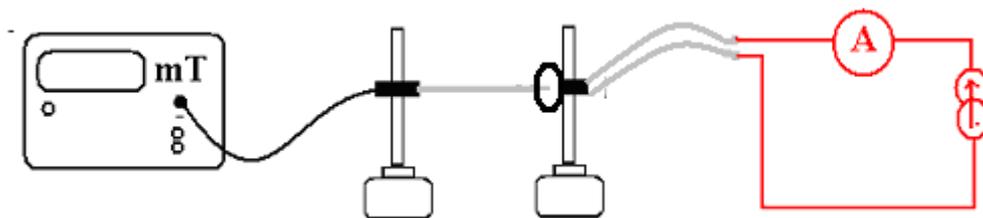
Nombre de spires n (2R=12,2cm)	n=1	n=2	n=3
B(mT)			

2. Construire le graphe 1 représentatif des variations de B en fonction de n sur papier millimétré. Peut-on en déduire la nature de la fonction f telle que $B = f(n)$?

.....

b)/Densité du flux magnétique en fonction de rayons des spires

- Dans une deuxième partie on se propose de mesurer la valeur du champ magnétique sur des **spires de rayons différents**. En utilisant le montage ci-dessous.



1. Remplir le tableau suivant

Rayon de la spire R (n=1)	2R=6,2cm	2R=8,6cm	2R=12,2cm
B (mT)			

2. Construire le graphe 2 représentatif des variations de B en fonction de 1/R sur papier millimétré. Peut-on en déduire la nature de la fonction f telle que : $B=f(1/R)$?

.....

3. Quelle est la nature des deux courbes ? En déduire les pente P_1 et P_2 correspondant aux courbes 1 et 2.

.....

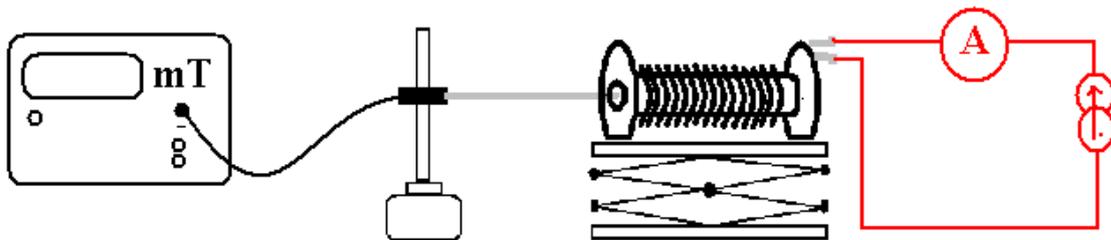
c) Détermination de la constante de champ magnétique μ_0

Avec les données mesurées précédemment, Déterminer μ_0 .

.....

2^{ème} Partie :

a) Densités de flux magnétique sur l'axe de solénoïdes



En utilisant le montage ci-dessus, on remplace les boucles conductrices par des bobines et on étudie la valeur du champ en différents points de l'axe des bobines (ou des solénoïdes). la sonde sera donc alignée suivant cette direction.

1. Faire passer un courant ($I=1A$) dans un jeu de bobines. Déplacer la sonde suivant l'axe des bobines, mesurer la valeur du champ en différents points, regrouper les mesures dans un tableau.
2. Remplir le tableau suivant :

<u>Bobines de longueur $l=162mm$, de rayon $R=16 mm$ et de nombres de spires $n=300$</u>													
x(cm)													
B(mT)													

3. Représenter les résultats expérimentaux et théoriques (équation (12)) sur un même graphe ; $B=f(x)$.

4. Interpréter ces résultats.

.....

b) Par la suite on étudie la proportionnalité entre la densité de flux magnétique B et le nombre de spires n pour des rayon et largeur constantes. Remplir les tableaux suivants :

<u>Bobine de longueur $l=160mm$, de rayon $R=13 mm$ et de nombre de spires $n_1=75$</u>													
x(cm)													
B(mT)													

<u>Bobine de longueur $l=160mm$, de rayon $R=13 mm$ et de nombre de spires $n_2=150$</u>													
x(cm)													
B(mT)													

<u>Bobine de longueur $l=160mm$, de rayon $R=13 mm$ et de nombre de spires $n_3=300$</u>													
x(cm)													
B(mT)													

1. Tracer ces résultats sur un même graphe $B=f(x)$ et pour différentes valeurs de n .

2. Interpréter ces résultats ?

.....

c) L'influence de la longueur de bobine pour un rayon constant peut être constatée sur les valeurs mesurées de la densité du flux magnétique pour des bobines à densité d'enroulement n/ℓ constante.

1. Remplir les tableaux suivants :

Bobines de rayon $R=20$ mm de longueur $\ell_1=53$mm et de nombre de spires $n_1=100$														
x(cm)														
B(mT)														

bobines de rayon $R=20$ mm, de longueur $\ell_2=105$mm et de nombre de spires $n_2=200$														
x(cm)														
B(mT)														

bobines de rayon $R=20$ mm, de longueur $\ell_3=160$mm et de nombre de spires $n_3=300$														
x(cm)														
B(mT)														

2. Tracer ces résultats sur un même graphe pour différentes valeurs de ℓ .

3. Interpréter ces résultats ?

.....

d) Comparaison entre les densités de flux expérimentales et théorique

Comparons les densités de flux obtenues à partir des courbes précédentes et celles calculées au centre de la bobine en utilisant la relation (13):

1. Remplir le tableau suivant :

N	ℓ (mm)	R(mm)	B(0)(mT)	
			mesurées	calculées
75	160	13		
150	160	13		
300	160	13		
100	53	20		
200	105	20		
300	160	20		
300	160	16		

2. Interpréter ces résultats ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

La Manipulation N° 2 : Transformateur

Date	Groupe	Equipe	Filière
/ /			

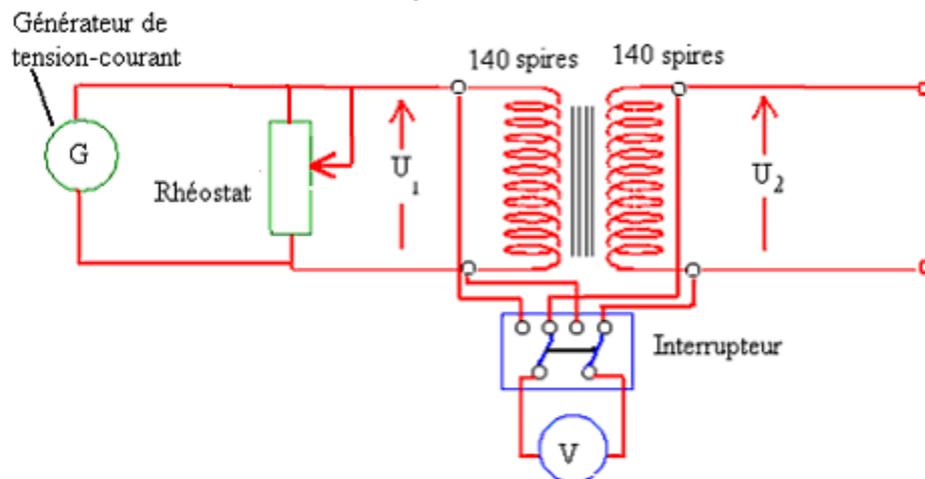
Nom	Prénom	Nom	Prénom

Observation :

Note : _____

1^{ère} Partie : Essai à vide

Détermination de la tension secondaire sur un transformateur à circuit ouvert



4) Réaliser le montage de la figure ci-dessus. A vide le circuit secondaire est ouvert $\Rightarrow I_2=0$. Fixer la tension du générateur à 2V.

5) Remplir les tableaux suivants :

n_1	n_2	n_2/n_1	U_1 (V)	U_2 (V)	$m=U_2/U_1$
140	140	1			
140	70	0,5			
140	28	0,2			
140	14	0,1			

n_1	n_2	n_2/n_1	U_1 (V)	U_2 (V)	$m=U_2/U_1$
140	140	1			
70	140	2			
28	140	5			
14	140	10			

6) Représenter ces résultats sur un papier millimétré

- $U_2=f(N_2)$ et $U_2=f(N_1)$: Tension secondaire U_2 du transformateur à vide en N_2 (1^{er} tableau) et en fonction de N_1 (2^{ème} tableau).

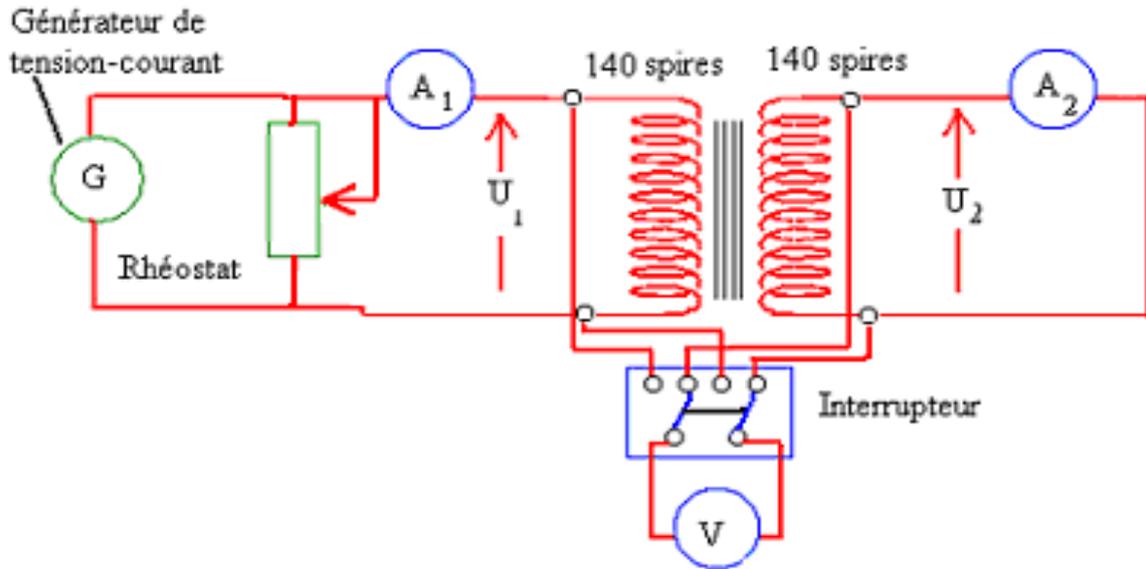
7) Interpréter ces résultats.

.....

2^{ème} Partie : Essai en court-circuit

a) Détermination du courant secondaire

1. Réaliser le montage suivant :



2. Remplir les tableaux suivants :

n_1	n_2	n_2/n_1	$I_1(\text{A})$	$I_2(\text{A})$	(I_1/ I_2)
140	140	1			
70	140	2			
28	140	5			
14	140	10			

n_1	n_2	n_2/n_1	$I_1(\text{A})$	$I_2(\text{A})$	(I_1/ I_2)
140	140	1			
140	70	0,5			
140	28	0,2			
140	14	0,1			

3. Représenter ces résultats sur un papier millimétré :

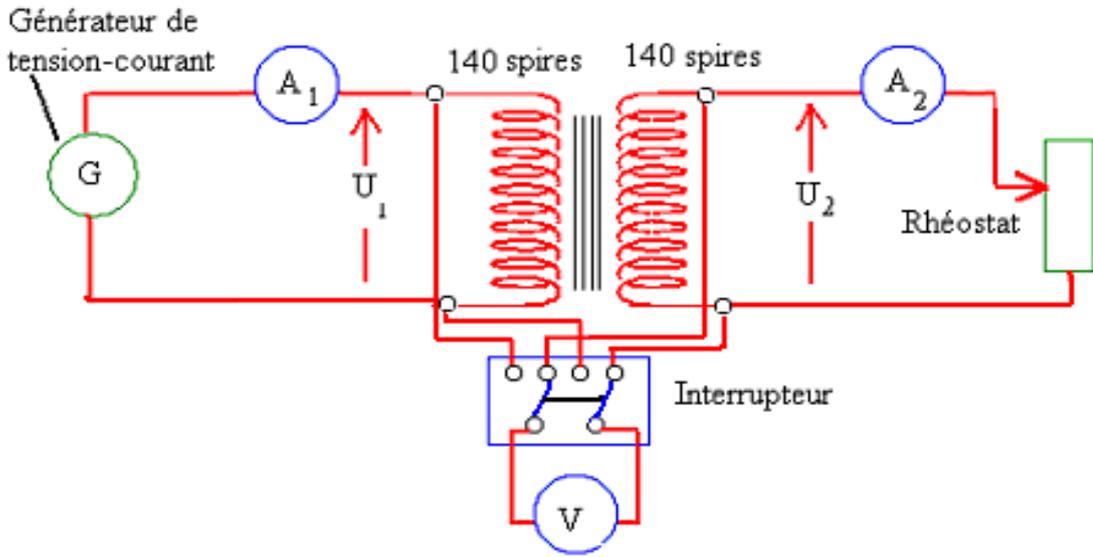
- Courant de court-circuit secondaire en fonction du nombre de spires.
 $I_2=f(n_1)$ pour le 1^{er} tableau et $I_2= f(n_2)$ pour le 2^{ème} tableau.

4. Interpréter et comparer ces résultats.

.....

3^{ème} Partie : Transformateur en charge

Détermination du courant primaire



5. Réaliser le montage ci-dessus.
6. Choisir $n_1 = n_2 = 140$. Faire varier I_2 et remplir le tableau suivant :

$I_1(\text{A})$					
$U_1(\text{V})$					
$I_2(\text{A})$					
$U_2(\text{A})$					
R					
Rendement					

7. Tracer la courbe de variations du rendement en puissance en fonction de R sur un papier millimétré.
8. Conclusion

.....

.....

.....

.....

.....

La manipulation N° 3 : Inductance des solénoïdes

Date	Groupe	Equipe	Filière
/ /			

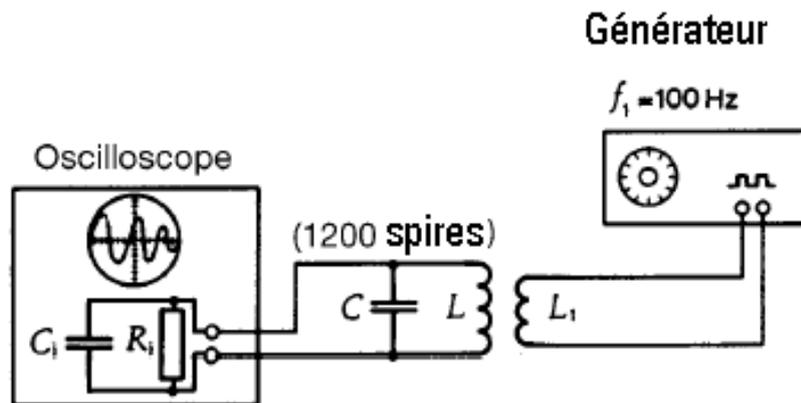
Nom	Prénom	Nom	Prénom

Observation :

Note : _____

1^{ère} Partie :

a) Inductance des bobines en fonction du nombre de spires



1. Réaliser le montage de la figure ci-dessus.
2. Relever L en fonction du nombre de spires des bobines pour ($C_1 = 1 \text{ nF}$)

<u>Bobine de longueur $\ell=160$ mm et de diamètre $2r=26$ mm</u>			
Nombres de spires N	75	150	300
Fréquence f_0			
Inductance L (mH)			

3. Tracer sur un papier millimétré la courbe représentant l'inductance des bobines en fonction du nombre de spires pour une longueur et un rayon de bobine constants $L=f(N)$.

4. Commenter les résultats.

.....

2^{ème} Partie :

b) Inductance des bobines en fonction de leurs longueurs

1. En gardant le même montage figurant au dessus. Remplir le tableau suivant :

<u>Bobine de diamètre $2r=40$ mm</u>			
nombres de spires N	100	200	300
longueur ℓ (mm)	53	105	160
Fréquence f_0			
Inductance L/N^2 (nH)			

2. Représenter les résultats sur un graphe $L/N^2 = f(\ell)$

3. Interpréter les résultats

.....

3^{ème} Partie :

Inductance des bobines en fonction du rayon

1. En gardant toujours le même montage précédant, remplir le tableau suivant :

<u>Bobine de nombres de spires N =300 et de longueur l=160 mm</u>			
Rayon r (mm)	13	16	20
Fréquence f_0			
Inductance L (μ H)			

2. Tracer la courbe représentant Inductance des bobines en fonction de l'inverse du rayon pour un nombre de spires et une longueur de bobine constants, $L=f(1/r)$.

.....
.....
.....
.....

3. Interpréter les résultats obtenus.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....