

TP22 - Induction électromagnétique

Objectifs :

- Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.
- Mettre en évidence le phénomène d'inductance mutuelle
- Mesurer un champ magnétique créée par des bobines à l'aide d'un tesla mètre

I Mesure de l'inductance propre d'une bobine

On dispose de deux bobines à peu près identiques, d'inductances propres L_1 et L_2 .

étude préliminaires :

Q1 Réaliser un montage RLC série avec L_1 , $R=10\Omega$ et $C=100\text{nF}$. On regarde sur la voie 1 l'oscilloscope la tension aux bornes du GBF (tension de 5V sinusoïdale). Que doit-on observer en voie 2 pour observer l'allure de l'intensité dans le circuit RLC ? on rappelle que pour un circuit RLC $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Q2 Faire un schéma du montage.

Q3 À la résonance, l'amplitude de l'intensité passe par un max et l'intensité est en phase avec la tension du GBF. Placer vous en mode XY (bouton **Horiz** puis **mode temps XY**). Si les signaux sont en phase on doit voir une droite et pas une ellipse. Indiquer la fréquence de résonance avec son incertitude type

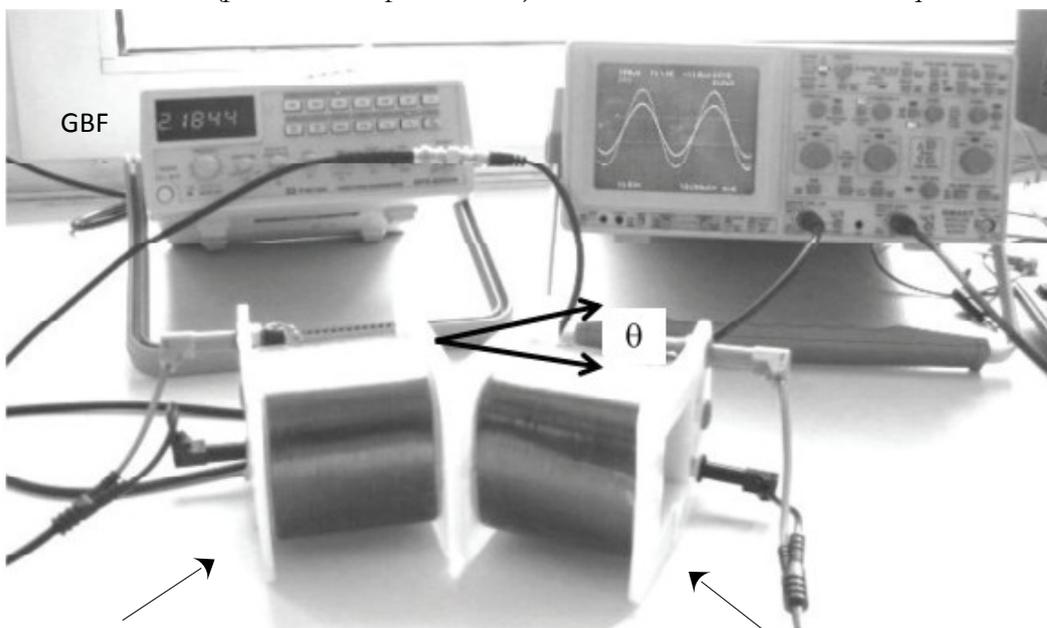
Q4 En déduire la valeur de L_1 **avec son incertitude**. (on utilisera le programme python **incertitude sur L.py** à disposition sur cahier de prépa)

Q5 mesurer aussi L_2 .

II Mise en évidence de la mutuelle inductance

Réaliser le montage ci-dessous :

Le générateur basse fréquence (GBF) alimente la bobine de gauche, avec une tension sinusoïdale, notée $U_1(t)$ et enregistrée sur la voie 1 de l'oscilloscope. On enregistre sur la voie 2 de l'oscilloscope la tension, notée $U_2(t)$, aux bornes de la bobine de droite (pas alimenté par le GBF). Les deux bobines sont identiques



Bobine 1 dans le circuit 1
qui est alimenté par le GBF

Bobine 2 dans le circuit 2 (reliée
seulement à l'oscilloscope)

Q1 Alimenter le montage, choisir une fréquence de 1000 Hz. Représenter ce qu'on observe sur la voie 2. La fréquence est elle la même qu'en voie 1 ?

On dit que le circuit 1 induit un courant et une tension dans le circuit 2. La tension qui apparaît est causée par le passage du champ magnétique de la bobine 1 à travers les enroulements de la bobine 2

Application : Le téléphone à recharger et la station de recharge sont tous deux dotés de bobines couplées inductivement. L'énergie nécessaire au chargement du téléphone est ainsi transmise sans passage par un fil depuis la station de recharge. Pour des raisons de sécurité, un dispositif analogue est utilisé de longue date pour des appareils en contact avec l'eau et ne nécessitant qu'une courte autonomie, comme par exemple des brosses à dents électriques.



Q2 Faire varier l'angle θ entre les deux bobines. Mesurer notamment l'amplitude de la tension U_2 pour $\theta=0$ et $\theta=90^\circ$ Comment varie l'amplitude de la tension quand l'angle augmente ?

Q3 Placer les bobines avec un angle de 0° . Comment évolue l'amplitude de la tension $U_2(t)$ quand on éloigne les bobines ?

Q4 Noter la valeur maximale de l'amplitude que l'on peut obtenir en rapprochant les bobines et en choisissant $\theta=0$

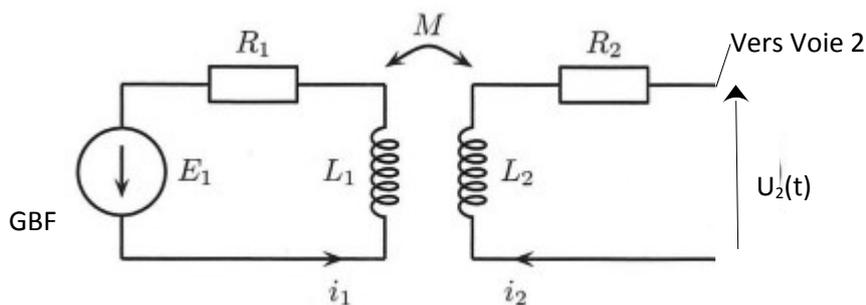
Q5 Rajouter un noyau de fer reliant les deux bobines. Que vaut maintenant l'amplitude maximale que l'on peut atteindre ?

III Première mesure de l'inductance mutuelle entre deux bobines

On peut montrer que l'intensité du courant dans la bobine 1 (noté i_1) est responsable d'une différence de potentielle (appelé force électromotrice notée e) dans le circuit 2 telle que $e = M \frac{di_1}{dt}$

M est la mutuelle inductance des deux bobines elle s'exprime en Henry. Elle dépend notamment de l'orientation des deux bobines.

schéma électrique du montage



e n'est pas représentée sur le schéma

La loi des mailles dans le circuit 2 s'écrit alors : $M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} + R_2 i_2 = U_2(t)$

L_2 étant l'inductance propre de la bobine 2 (calculée en partie I) R_2 la résistance interne de la bobine 2 ($0,6 \Omega$)

Q 1 Quand on branche l'oscilloscope pour mesurer $U_2(t)$, comme la résistance d'entrée de l'oscilloscope est très grande, l'oscilloscope se comporte comme un interrupteur ouvert. Que vaut alors $i_2(t)$?

Comment peut on récrire la loi des mailles dans ce cas ?

Comme le régime est sinusoïdale forcé, on passe en notation complexe et on note :

$$\underline{i_1(t)} = I_1 e^{j(\omega t + \phi_1)} \text{ l'intensité complexe dans le circuit 1}$$

$$\underline{U_2(t)} = U_2 e^{j(\omega t + \phi_2)} \text{ la tension complexe aux bornes}$$

Q2 En partant de la relation trouvée à la question précédente , établir une relation entre $\underline{i_1(t)}$, $\underline{U_2(t)}$ la mutuelle inductance M et la pulsation ω .

Q3 En prenant le module de l'expression, Exprimer M en fonction de ω , et des amplitudes réelles I_1 et U_2

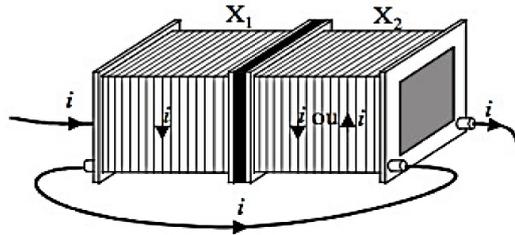
Q4 Mesurer I_1 à ampèremètre (intensité dans le circuit 1, pas 2!) avec son incertitude attention en mode AC il

affiche la valeur efficace de $I_1(t)$: $I_{1\text{eff}} = \frac{I_1}{\sqrt{2}}$

Q5 Mesurer l'amplitude U_2 de la tension aux bornes de la bobine à l'aide de l'oscilloscope avec son incertitude. En déduire M avec son incertitude

IV autre méthode de mesure de l'inductance mutuelle entre deux bobines

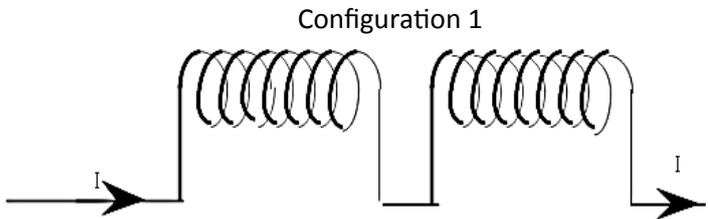
Cette fois-ci, on accole les deux bobines **en série** selon le schéma ci-dessous :



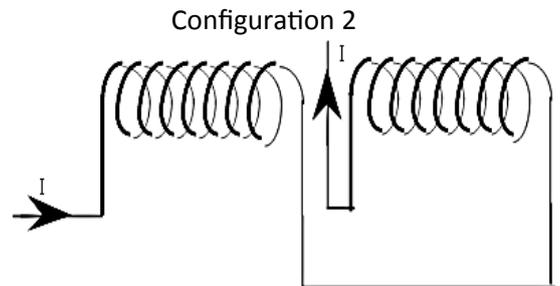
Les deux bobines sont donc dans le même circuit et en série

Q1 Rappeler l'expression de l'inductance propre L_{EQ} équivalente à cette association de L_1 et L_2 en série si on néglige le phénomène d'inductance mutuelle

en réalité, en fonction du sens de branchement en série des bobines, l'inductance équivalente totale des bobines en série est différente :



L'inductance équivalente vaut
 $L_+ = L_1 + L_2 + 2 M$



L'inductance équivalente vaut
 $L_- = L_1 + L_2 - 2 M$

Pour passer d'une configuration à l'autre on peut tourner une des bobines de 180°

Q2 Déterminer l'expression de M en fonction de L_+ et L_- .

Q3 En suivant la même méthode qu'au I, mesurer L_+ et L_- avec leurs incertitudes (utiliser le programme python)

RMQ : L_+ correspond à la plus faible fréquence de résonance, L_- correspond à la plus grande.

Q4 En déduire une mesure de M avec son incertitude. Comparer à l'aide d'un z-score au résultat de la partie III

IV Bobines de Helmholtz

DOC 1 : Principe des bobines d'Helmholtz

Le dispositif des bobines de Helmholtz est constitué de deux bobines circulaires de même rayon, parallèles, placées l'une en face de l'autre et alimentées en série. Lorsqu'on espace les bobines d'une distance égale à leur rayon, on peut montrer que le champ magnétique entre les bobines est quasiment uniforme :

Le champ magnétique possède partout (entre les bobines) la même direction et la même norme

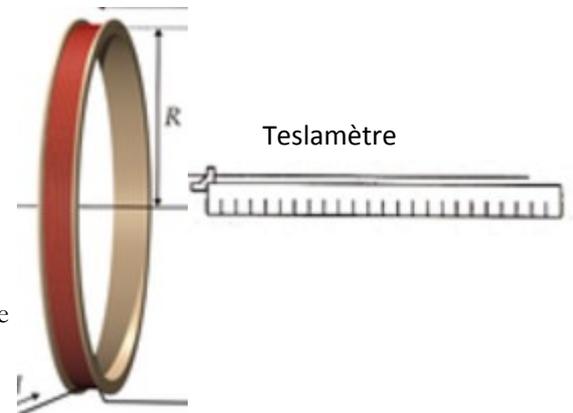
Les bobines possèdent un rayon moyen $R = 6,5 \text{ cm}$

Doc 2 : Tesla-mètre à effet Hall

Le Tesla-mètre est un appareil qui permet de mesurer l'intensité d'une composante du champ magnétique

Il faut s'assurer que la règle sur laquelle se trouve le capteur est bien positionnée comme sur le schéma ci-contre

avant la première mesure il faut ajuster l'indication à zéro en éloignant la sonde des sources de champ magnétique (ce réglage se trouve sur le boîtier de l'appareil ou sur le support du capteur)



Travail à effectuer :

-Espacer les bobines d'une distance $d=R$.

-Alimenter les bobines avec l'alimentation continue, placer un ampèremètre en série avec les deux bobines **et un rhéostat.**

on réglera l'intensité à 2 A.

Q1 Relever la valeur du champ magnétique entre les bobines avec le teslamètre, tous les cm. La graduation sur le manche permet de lire directement la distance entre le centre de la bobine fixe et le point de mesure. **Tracer $B=f(x)$ et imprimer.**

Q2 Quel est l'intérêt du dispositif des bobines de Helmholtz ? (Par rapport à l'aimant en U par exemple qui crée un champ magnétique uniforme)