

Activité expérimentale - Étude expérimentale d'un couplage inductif



Capacités développées ou évaluées lors de ce TP

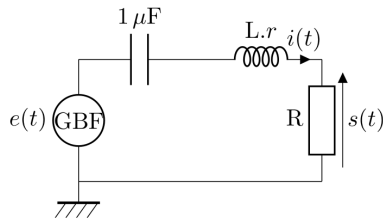
- Réaliser un couplage de deux circuits par induction mutuelle.
- Déterminer expérimentalement un coefficient d'inductance mutuelle.

I) Détermination du coefficient d'inductance propre d'une bobine avec ou sans noyau de fer



Manipulons...

Vous disposez de deux bobines constituées de fils de cuivre enroulés sur une section carré ainsi que d'un cadre en fer démontable (par un système de vis) de même section pouvant être inséré à l'intérieur des bobines. À l'aide des boîtes à décades présentes sur la paillasse, brancher le circuit RLC ci-dessous hors du cadre de fer, la bobine étant celle indiquée plus haut. On prendra $C = 10 \text{ nF}$ (contrairement à ce qui est indiqué sur le schéma!!!) et $R = 100 \Omega$.



1. En utilisant ce circuit RLC en régime sinusoïdal forcé et en exploitant de façon justifiée le phénomène de résonance, déterminer l'inductance propre L d'une seule bobine **hors du cadre de fer**.

2. En complétant et utilisant le programme fourni `incertitudes_MC.py`, déterminer l'incertitude associée sur L . Écrire convenablement la résultat sous la forme $L_{\text{mes}} = X \pm u(X)$ en faisant attention au nombre de chiffres significatifs et à leur cohérence.



Manipulons...

Insérer la bobine dans le cadre de fer et fermer ce dernier par le système de vis.

3. Par le même protocole que précédemment, mesurer la nouvelle valeur de L , notée L_{fer} .
4. Sachant d'une part que la perméabilité magnétique du vide μ_0 doit être remplacée par $\mu = \mu_0 \mu_r$, où μ_r désigne la perméabilité relative du fer, et d'autre part que le coefficient d'auto-inductance est proportionnel à μ , déterminer μ_r pour le fer utilisé pour le cadre.
5. Commenter votre résultat au regard du tableau ci-après :

Matériau	Ferrite (nickel-zinc)	Acier	fer (99.8% pur)
μ_r	16 - 640	100 - 600	5000

II) Coefficient de mutuelle inductance



Manipulons...

Placer les deux bobines (identiques, avec le même nombre de spires) sur la cadre, comme indiqué. Refermez le cadre en fer une fois cette opération effectuée.

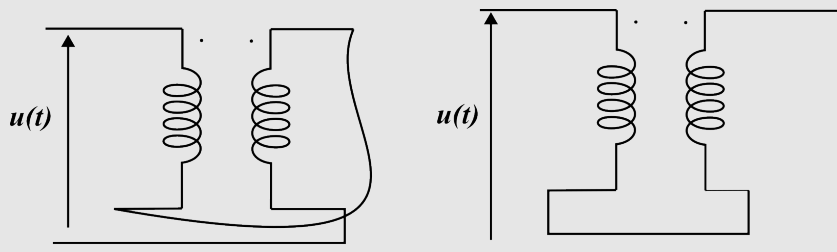


On peut alors câbler ce circuit de deux manières différentes, repérées par (1) et (2). Le dipôle représenté constitue une bobine équivalente que l'on câblera à la place de la bobines précédente dans le circuit RLC série.



Manipulons...

Effectuer les câblages correspondants, puis relever les deux fréquences de résonances f_1 et f_2 des deux circuits.



On admet ainsi que l'on a deux circuit dont l'inductance équivalente s'écrit $2L \pm 2M$ (en fonction du branchement réalisé).

6. Quelle est le nom, l'unité et la signification physique de M ?
7. A partir des mesures de f_1 et f_2 , déterminer les valeurs de L et M .
8. Commenter la valeur de M par comparaison à L .

III) Couplage résonnant

La transmission d'énergie sans fil est une technique permettant la distribution de l'énergie électrique sans utiliser de support matériel. Cette technique est destinée à

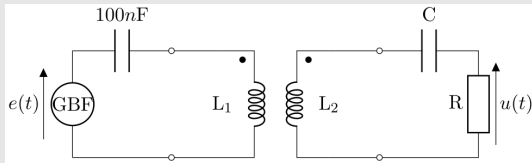
être utilisée, soit pour alimenter des lieux difficiles d'accès, soit pour recharger des objets nomades (véhicules, téléphones, outillage portatif...).

Contrairement à la transmission de données, le rendement est le critère à maximiser pour la transmission d'énergie, il détermine le choix entre les différentes technologies. En 2006, des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) proposent une nouvelle application de transfert d'énergie sans fil, en se basant sur la théorie de l'électromagnétisme à champ proche, et l'utilisation de « résonateurs couplés ». Dans leur courte analyse théorique ils démontrent que lors de l'émission d'ondes électromagnétiques avec un guide d'ondes à grand angle, des ondes évanescentes sont produites sans transporter d'énergie. Si un guide d'ondes résonnant est placé près de l'émetteur, les ondes évanescentes peuvent transmettre de l'énergie par un effet similaire à l'effet tunnel, le couplage des ondes évanescentes. L'énergie canalisée peut ainsi être transformée en énergie électrique continue au niveau du récepteur, et elle ne serait pas dissipée ou absorbée par l'environnement du système. Le 7 juin 2007 un prototype est réalisé par le MIT : WiTricity permet d'alimenter une ampoule de 60 watts à une distance de 2 mètres, avec un rendement de 40%.



Manipulons...

- Enlever le cadre magnétique et placer les bobines côte à côte
- Réaliser le circuit ci-dessous :



- Brancher l'oscilloscope de manière à observer la tension $e(t)$ et la tension $u(t)$.
- Placez vous à la fréquence de résonance du circuit primaire
- pour une résistance $R = 1\text{ k}\Omega$, faites varier la capacité C pour être à la résonance pour $u(t)$.

- 9.** Présenter les tensions obtenues et expliquer en quoi le couplage résonnant permet d'améliorer le transfert de puissance.

Pour aller plus loin :

- 10.** À partir des valeurs de L et C , déterminer la fréquence de résonance du circuit 2, la comparer au circuit 1.
- 11.** Écrire les équations couplées vérifiées dans les deux mailles.
- 12.** Simplifier ces équations en notation complexe pour la fréquence de résonance.

Compétences évaluées

Noms et prénoms du binôme :

—

—

Cette grille d'évaluation sert à vérifier que savez faire les étapes expérimentales importantes. Les compétences en **gras** sont évaluées pendant le TP : faites appel à votre professeur lorsque vous êtes prêts/prêtes à les valider.

Compétence travaillée	Points
Câbler les circuits demandés	/2
Mesurer un coefficient d'inductance propre grâce à un circuit résonnant	/2
Déterminer expérimentalement une valeur de μ_r	/1
Relever précisément des fréquences de résonance	/2
Déterminer un coefficient d'inductance mutuelle	/2
Expliquer le lien entre l'expérience réalisée et le couplage résonnant	/1
Note finale	/10

Remarques :

Matériel

MP/MPI Vendredi 8h/12h Pascal Bertin

- GBF
- Alimentation stabilisée
- Bobines (2 par poste) + cadres en fer pour l'étude de la mutuelle inductance (= transformateur)
- Ordinateur + Latis Pro