

Inductance propre et mutuelle

1 - Mesure d'une inductance propre



FIGURE 1 – Matériel

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, la bobine étant celle indiquée plus haut.

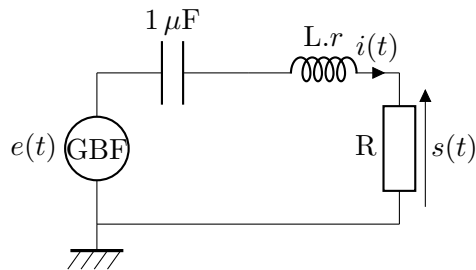


FIGURE 2 – Circuit du deuxième ordre

🔧 Expérience 1

- ✓ Mettre en place un circuit RLC en régime sinusoïdal forcé afin de mesurer la tension aux bornes de la résistance.
- ✓ Mesurer la fréquence de résonance du circuit comprenant une seule bobine sans le cadre de fer.

🍃 À rédiger

- Q 1 - À partir de la mesure de fréquence de résonance, déterminer la valeur de l'inductance propre. La méthode Monté-Carlo fournie par le fichier `MC_inductance.py` permet de déterminer l'incertitude type associée à l'inductance à partir des mesures de fréquence et de capacité. Écrire convenablement^a le résultat sous la forme : $L_{mes}, u(L)$.
- Q 2 - Rappeler l'expression du champ magnétique dans un solénoïde quasi-infini possédant n spires par unité de longueur.
- Q 3 - Etablir l'expression de l'inductance propre L_{th} d'un solénoïde de longueur ℓ composés de N spires de rayon a .
- Q 4 - À partir des mesures des caractéristiques géométriques de la bobine fournie, effectuer l'application numérique pour L_{th} .
- Q 5 - Justifier l'écart entre L_{th} et L .

^a. On veillera à donner le bon nombre de chiffres significatifs et la bonne unité

2 - Perméabilité magnétique du fer

🔧 Expérience 2

- ✓ Insérer la bobine dans la carcasse magnétique et fermer par le système de vis.
- ✓ Mesurer la nouvelle valeur de la fréquence de résonance f_{fer} .

🍃 À rédiger

- Q 6 - Déterminer la valeur de l'inductance propre L_{fer} accompagnée de son incertitude.
- Q 7 - Sachant 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, déterminer μ_r pour le fer utilisé pour le cadre.
- Q 8 - Commenter votre résultat au regard du tableau fourni.

Matériaux	Ferrite (nickel-zinc)	Acier	fer (99.8% pur)
μ_r	16 – 640	100 – 600	5 000

TABLE 1 – Perméabilité magnétique relatives de quelques matériaux

3 - Coefficient d'inductance mutuelle



FIGURE 3 – Bobines et leur cadre magnétique

🔧 Expérience 3

- ✓ Placer les deux bobines sur le cadre magnétique
- ✓ Effectuer le même circuit RLC que précédemment et mesurer la fréquence de résonance f_1 .
- ✓ inverser le branchement des bornes sur une seule bobine et mesurer la nouvelle fréquence de résonance f_2 .

L'inductance du système total est dépendant du branchement des bobines. L'orientation des surfaces étant différente, les flux s'ajoutent ou se retranchent.

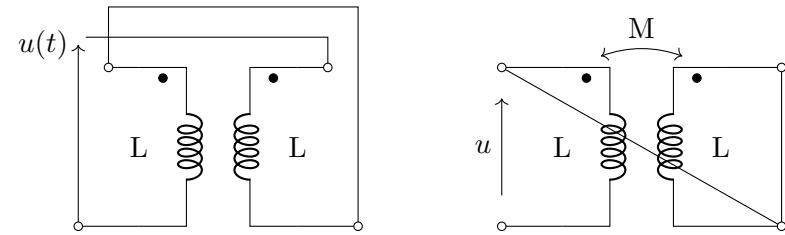


FIGURE 4 – Couplage de deux bobines

📝 À rédiger

- ☐ Q 9 - Définir le flux de champ magnétique créé par la bobine (1) sur elle-même et le flux de la bobine 1 sur la bobine 2 en fonction de L , M et i .
- ☐ Q 10 - Exprimer le flux magnétique total en fonction de L et M et en déduire une expression des inductances propres du système totale notée L_1 et L_2 en fonction de L et M .
- ☐ Q 11 - À partir des mesures de f_1 et f_2 , déterminer les valeurs de L_1 et L_2 puis L et M .
- ☐ Q 12 - Commenter la valeur de M par comparaison à L .

4 - 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...).

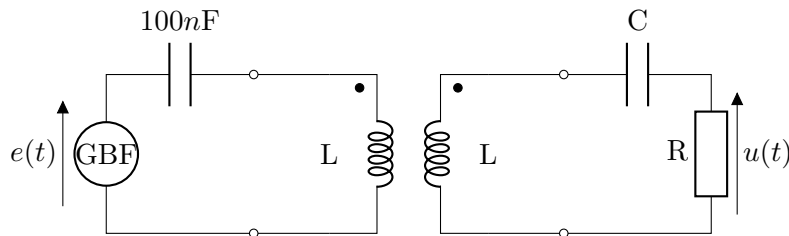
Contrairement à la transmission de données, le rendement est le critère à maximiser pour la transmission d'énergie, il détermine le choix entre les différentes technologies.

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 évanescences sont produites sans transporter d'énergie. Si un guide d'ondes résonnant est placé près de l'émetteur, les ondes évanescences peuvent transmettre de l'énergie par un effet similaire à l'effet tunnel, le couplage des ondes évanescences. 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%.



FIGURE 5 – Transfert de puissance sans fil par le couplage résonant



🔧 Expérience 4

- ✓ Enlever le cadre magnétique et placer les bobines en regard l'une de l'autre ;
- ✓ brancher l'oscilloscope de manière à observer la tension $e(t)$ et la tension $u(t)$.
- ✓ placer vous à la fréquence de résonance du circuit primaire
- ✓ Dans ces conditions, relever la valeur de la tension $u(t)$.

🔍 Appel Professeur, à l'oral

Présenter les tensions obtenues et expliquer en quoi le couplage résonant permet d'améliorer le transfert de puissance.

📝 À rédiger

- ☐ Q 13 - Écrire les équations couplées vérifiées dans les deux mailles.
- ☐ Q 14 - Simplifier ces équations en notation complexe pour la fréquence de résonance.
- ☐ Q 15 - Évaluer la puissance moyenne $\langle \mathcal{P}_G \rangle$ fournie par le GBF à la résonance (on supposera que seule la résistance interne r du GBF est présente).
- ☐ Q 16 - Évaluer la puissance moyenne $\langle \mathcal{P}_R \rangle$ reçue par la résistance R . En déduire le rendement de puissance de ce dispositif défini par $\eta = \langle \mathcal{P}_R \rangle / \langle \mathcal{P}_G \rangle$.

Exercice 1

On considère le circuit suivant alimenté par une source sinusoïdale de la forme $e(t) = E \cos \omega t$. On note C la capacité du condensateur, L l'inductance propre et r la résistance interne de la bobine.

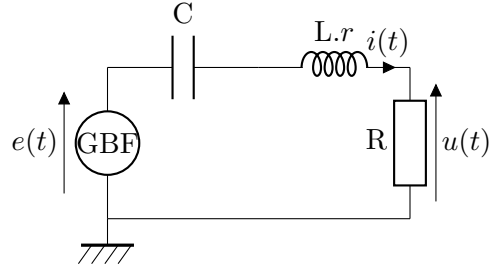


FIGURE 6 – Circuit du deuxième ordre

- **Q 1** - Exprimer l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$. On posera $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ et $Q = \frac{1}{R+r} \sqrt{\frac{L}{C}}$.
- **Q 2** - On pose $u(t) = U(\omega) \cos(\omega t + \phi(\omega))$, exprimer U et ϕ en fonction de ω , E , ω_0 , r , R et Q (on utilisera la notation complexe).
- **Q 3** - Représenter l'allure de $U(\omega)$.
- **Q 4** - Quelle est l'influence de Q sur l'allure de $U(\omega)$.
- **Q 5** - Que peut on dire de U et ϕ lorsque $\omega = \omega_0$. En déduire une méthode de mesure la fréquence de résonance du circuit RLC.

Exercice 2

On considère le circuit suivant alimenté par une source sinusoïdale de la forme $e(t) = E \cos \omega t$. On note C la capacité du condensateur, L l'inductance propre et r la résistance interne de la bobine.

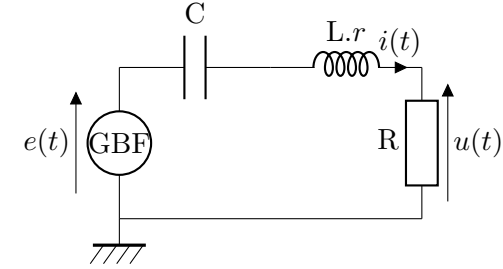


FIGURE 7 – Circuit du deuxième ordre

- **Q 1** - Exprimer l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$. On posera $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ et $Q = \frac{1}{R+r} \sqrt{\frac{L}{C}}$.
- **Q 2** - On pose $u(t) = U(\omega) \cos(\omega t + \phi(\omega))$, exprimer U et ϕ en fonction de ω , E , ω_0 , r , R et Q (on utilisera la notation complexe).
- **Q 3** - Représenter l'allure de $U(\omega)$.
- **Q 4** - Quelle est l'influence de Q sur l'allure de $U(\omega)$.
- **Q 5** - Que peut on dire de U et ϕ lorsque $\omega = \omega_0$. En déduire une méthode de mesure la fréquence de résonance du circuit RLC.