



TP 20 – Mesures d'inductances

OBJECTIFS : Mesurer l'inductance propre d'une bobine et l'inductance mutuelle d'un ensemble de deux bobines.

Ce qu'il faut savoir et savoir faire

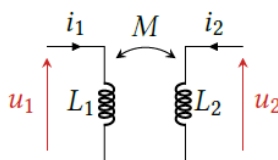
- Mesurer une fréquence
- Mesurer une impédance
- Observer et mesurer une tension à l'oscilloscope
- Observer un courant à l'oscilloscope
- Elaborer un signal électrique à l'aide d'un GBF
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental autour du phénomène de résonance

Matériel :

- GBF
- Oscilloscope
- Multimètre (permettant la mesure d'une inductance)
- Boîte de résistances à décades
- Boîte de capacités à décades
- Deux condensateurs de capacité $C = 100$ nF sur plaquette
- Une bobine de 500 spires
- Deux bobines de 1000 spires
- 1 noyau de fer doux.

Rappels du cours

Equations électriques couplées : considérerons deux bobines voisines d'inductance propre L_1 et L_2 et de résistances R_1 et R_2 .



- Circuit 1 : $\phi_1 = \phi_{p1} + \phi_{2 \rightarrow 1} = Li_1 + Mi_2 \Rightarrow u_1(t) = L \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$

- Circuit 2 : $\phi_2 = \phi_{p2} + \phi_{1 \rightarrow 2} = Li_2 + Mi_1 \Rightarrow u_2(t) = \frac{d\phi_2}{dt} = L \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$

Inductance propre d'une bobine longue : $L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$ (N : nombre de spires et l la longueur de la bobine, S sa section)

I. Mesure d'une inductance propre

- Mesurer au multimètre l'inductance propre L d'une bobine de 1000 spires puis de la bobine de 500 spires.
- Insérer le noyau de fer doux dans la bobine et mesurer la nouvelle valeur de L_{1000} . Commenter l'influence du noyau de fer doux.

- Q1.** La relation entre L_{1000} et L_{500} est-elle conforme à la théorie ?
Q2. Evaluer l'incertitude de la mesure. Un extrait de la notice du multimètre est donné ci-dessous.

INDUCTANCE
Gammes : 4 mH, 40 mH, 400 mH, 4 H, 40 H (3999 comptes) (mode de gamme automatique/manuel)
Résolution : 1 μ H
Précision : $\pm(5.0\%$ de lecture + 30 chiffres)
Fréquence de test : 1 kHz sur les gammes 4 mH, 40 mH, 200 Hz sur les gammes de 400 mH à 40 H.
Protection d'entrée : Fusible instantané 0.5 A/1000 V, céramique 6.3x32 mm sur l'entrée μ A/mA

- Proposer et mettre en œuvre un protocole pour mesurer précisément l'inductance L_{1000} à l'aide d'un circuit RL ou RLC .

- Q3.** Evaluer l'incertitude de la mesure réalisée. Est-elle compatible avec celle lue sur le multimètre ?

II. Mesure d'une inductance mutuelle

On couple deux circuits RLC et LC par mutuelle inductance en accolant selon le même axe les deux bobines de 1000 spires.

1. Méthode n° 1 : régime sinusoïdal d'un circuit très simple

On étudie le couplage entre un circuit RL et une bobine seule.

- Q4.** Ecrire les deux lois des mailles.
Q5. Les simplifier en considérant que l'impédance de l'oscilloscope est très grande.
Q6. Dédire de cette relation un moyen de mesurer le coefficient d'inductance mutuelle M à l'aide des tensions observées aux bornes de R et de la deuxième bobine.

- Réaliser un circuit RL alimenté par le GBF en mode sinusoïdal. On prendra $R = 100\ \Omega$ et $f = 1,0\ \text{kHz}$.
- Observer la tension aux bornes de R sur la voie 1 de l'oscilloscope.
- Placer une seconde bobine identique en face de la première directement reliée à la voie 2 de l'oscilloscope.
- Explorer différentes configurations des deux bobines.
- Réaliser une mesure dans une configuration où il est maximal.

Q7. Quelle est la valeur maximale théorique du coefficient de mutuelle inductance M ? Comparer à la valeur précédemment mesurée.

2. Méthode n° 2 : par couplage inductif de deux oscillateurs

- Réaliser un circuit RLC (avec $R = 100 \Omega$, $C = 100 \text{ nF}$ et $L = 1000 \text{ spires}$) alimenté par le GBF en régime sinusoïdal.
- Mettre en évidence la présence d'une pulsation propre en affichant la tension aux bornes de R en fonction de la fréquence grâce à la fonction wobulation du GBF : le GBF fournit une tension sinusoïdale dont la fréquence varie linéairement au cours du temps entre deux valeurs - touche SWEEP du GBF Rigol) :
 - start = fréquence de départ = 1 kHz
 - stop = fréquence finale = 4 kHz
 - time = 1 s = durée du balayage en fréquence
- Modifier la base de temps (bouton « horizontal » à 0,1 s/div)
- Réaliser un circuit LC ($C = 100 \text{ nF}$ et $L = 1000 \text{ spires}$) et le coupler par mutuelle inductance en accolant selon le même axe les deux bobines de 1000 spires.
- Vérifier que le couplage fait apparaître deux fréquences f_1 et f_2 de résonance que l'on relèvera précisément.



Mesure des deux fréquences de résonance

Si le couplage n'est pas trop fort f_1 et f_2 sont proches de f_0 et valent : $f_1 = f_0 \left(1 - \frac{M}{L}\right)$ $f_2 = f_0 \left(1 + \frac{M}{L}\right)$.

Q8. En déduire M et évaluer l'incertitude de la mesure.

- Augmenter le couplage en introduisant le noyau de fer doux dans les deux bobines et observer l'écartement des deux fréquences de résonance. Le couplage est plus fort.

- Tenter une mesure du nouveau coefficient M sachant que : $f_1 = \frac{f_0}{\sqrt{1+M/L}}$ et $f_2 = \frac{f_0}{\sqrt{1-M/L}}$