

Modélisation d'une bobine

Techniques et méthodes à acquérir

- Régler un GBF et un oscilloscope ;
- Visualiser l'image d'une intensité à l'oscilloscope ;
- Gérer les liaisons entre masses ;
- Repérer des valeurs particulières de déphasage par la méthode des ellipses de Lissajous ;
- Utiliser une échelle logarithmique.

Ce TP a pour objectif d'étudier l'impédance complexe d'une bobine longue, afin d'en proposer un modèle équivalent pertinent en fonction de la gamme de fréquences utilisée.

**On souhaite travailler sur une bobine à air :
avant de commencer quoi que ce soit, retirer le noyau de fer doux de la bobine.**

1 - Proposer un schéma de montage permettant de mesurer complètement l'impédance complexe Z_L de la bobine. Pourquoi est-il impératif d'avoir recours au mode MATH de l'oscilloscope ?

Une étude exhaustive nécessiterait d'analyser $|Z_L|$ et $\arg Z_L$ en fonction de la fréquence, mais pour des questions de temps on étudiera dans ce TP uniquement le module. Il suffira donc de mesurer les amplitudes des grandeurs intéressantes, mais pas les déphasages.

Compte tenu du nombre important de mesures à effectuer dans le TP, il sera intéressant de sauvegarder les résultats dans un **fichier texte indépendant**, créé par exemple avec le bloc-note, et **enregistré dans le même dossier** que le script Python qui servira à exploiter les résultats. Pour des raisons pratiques, la résistance R sera amenée à être modifiée au cours des mesures : il faut donc conserver sa valeur également. Présenter votre fichier de la façon suivante, les différentes colonnes étant séparées par une tabulation (même touche que pour l'indentation) :

f	uL	uR	R
10	2.40	6.32	50
1e2	4.64	10.4	200
1e3	13.7	3.36	200
...

Il est ensuite nécessaire d'importer le fichier texte dans Python et de convertir les données en tableaux numpy. Pour ce faire, recopier les lignes ci-dessous après les traditionnels imports de bibliothèques, puis exécuter le script pour la première fois par la commande `Run file as script` (raccourci Ctrl+Maj+E).

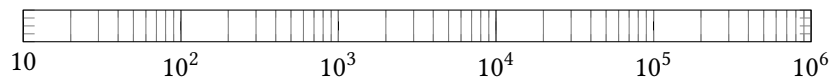
```

1  ### Import du fichier et tri par fréquences croissantes :
2  mesures = np.loadtxt("./mesures-bobine.txt", skiprows=1)
3  mesures = mesures[mesures[:,0].argsort()]

4
5  ### Extraction des différentes colonnes :
6  ### mesures[:,i] extrait toutes les lignes de la colonne i
7  f = mesures[:,0]
8  U_L = mesures[:,1]
9  U_R = mesures[:,2]
10 R = mesures[:,3]
```

2 - Préparez le fichier texte et le script Python, et testez que l'import fonctionne correctement par exemple en commençant par recopier les valeurs ci-dessus (que vous ne conserverez évidemment pas par la suite !).

3 - Réaliser les mesures pour des fréquences comprises entre 10 Hz et 1 MHz. La résistance sera ajustée lorsque nécessaire pour que tous les signaux gardent des amplitudes suffisantes (> 1 V). Les fréquences seront choisies pour que les points soient correctement répartis sur une échelle logarithmique :

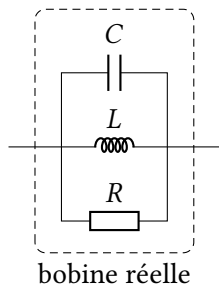


4 - Déduire de vos mesures $|Z_L|$ en fonction de la fréquence. Le représenter graphiquement en échelle complètement logarithmique (= en abscisse et en ordonnée) en utilisant la fonction `plt.loglog` au lieu de `plt.plot`.

5 - Quelle allure de courbe le modèle de la bobine idéale prévoit-il ? Pour quelle gamme de fréquence semble-t-il valable ? En déduire une valeur expérimentale de l'inductance L de la bobine.

6 - Proposer un modèle équivalent permettant d'interpréter le comportement de la bobine en basse fréquence. Déterminer quantitativement sa résistance interne r .

7 - Le comportement la bobine en haute fréquence est beaucoup plus surprenant ! À quel dipôle la bobine semble-t-elle devenir équivalente ?



Le modèle équivalent représenté ci-contre permet d'interpréter le comportement en haute fréquence. Le condensateur décrit les effets capacitifs entre les différentes spires de la bobine : la capacité C est nommée « capacité interfilaire ». La résistance R modélise un effet physique appelé effet de peau, que vous étudierez l'an prochain. L'inductance L de la bobine est la même que celle déterminée précédemment.

8 - Déterminer les paramètres ω_0 et Q permettant d'écrire l'impédance complexe de la bobine réelle sous la forme

$$\underline{Z}_L(\omega) = \frac{R}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}.$$

9 - Montrer que ce modèle peut expliquer le comportement de la bobine en haute fréquences. En déduire la valeur de la capacité C .

10 - Montrer que $|Z_L|$ passe par une valeur maximale pour $\omega = \omega_0$: la bobine est alors résonante. Déterminer avec précision la fréquence de résonance f_0 de la bobine étudiée en utilisant la méthode de Lissajous et vérifier l'accord avec les valeurs déterminées précédemment.

11 - À partir de mesures faites à la résonance, estimer la valeur de R .

12 - La résistance interne r du modèle valable à basse fréquence n'apparaît pas dans le modèle haute fréquence. Qu'en penser ?

Bilan à retenir :

- ▶ Le comportement d'une bobine en fonction de la fréquence est riche, et parfois éloigné du modèle de la bobine idéale. En particulier, elle présente un comportement capacitif pour des fréquences pas si élevées que ça, ce qui peut affecter certains montages de manière inattendue.
- ▶ Pour une répartition correcte en échelle logarithmique, les points doivent être choisis par décade et non pas linéairement. Une régularité 1-2-5-10-20-50-100-200-500 donne un aspect visuel satisfaisant.
- ▶ La méthode de Lissajous permet un repérage précis de certains déphasages. Elle consiste à représenter un signal en fonction de l'autre, grâce au mode XY de l'oscilloscope. On observe dans le cas général une ellipse inclinée, qui devient une droite si les signaux sont en phase ou en opposition de phase.

