



BLAISE PASCAL  
PT 2021-2022

TP 12 – Électromagnétisme et électronique

# Modélisation d'une bobine

## Techniques et méthodes

- ▷ Mesures d'amplitude et de déphasage ;
- ▷ Échelle logarithmique ;
- ▷ Régression linéaire ;
- ▷ Construction d'un modèle empirique.

## Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Une résistance variable (boîte à décade) ;
- ▷ Une bobine à noyau de fer doux ;
- ▷ Un générateur basse fréquence ;
- ▷ Un oscilloscope ;
- ▷ Un PC portable avec Python.

Ce TP a pour objectif de construire et d'interpréter un modèle équivalent d'une bobine à noyau de fer doux permettant de décrire son comportement dans différents domaines de fréquence.

## I - Que mesurer ?



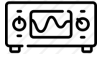
Rappelons que le comportement d'un dipôle électrique en fonction de la fréquence est donné par son impédance complexe  $Z(\omega)$  : c'est donc elle qu'il va falloir mesurer.

✎ Rappeler la définition de  $Z$  en fonction de l'intensité et de la tension auxquelles est soumis le dipôle.

✎ Pour déterminer complètement cette grandeur caractéristique, quelles sont les mesures à réaliser ?

✎ Proposer un montage, incluant les branchements de l'oscilloscope, permettant de réaliser ces mesures.

## II - Modèle de la bobine idéale



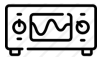
Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de montrer que le modèle de bobine idéale ( $Z = jL\omega$ ) permet de décrire efficacement la bobine réelle pour des fréquences allant d'environ 20 Hz à 1 kHz.

✎ Allure de la courbe obtenue :



✎ Valeur estimée de  $L$  et comparaison à la valeur attendue :

## III - Amélioration du modèle en basse fréquence



Prendre trois mesures supplémentaires pour des fréquences inférieures à 10 Hz. Il sera probablement nécessaire de prendre une faible valeur de résistance pour que les mesures soient précises.

✎ Pour chaque mesure, comparer la valeur mesurée et la valeur prévue par le modèle de bobine idéale.

Fréquence	Valeur expérimentale de $ Z $	Valeur attendue de $ Z $

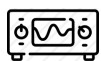


Proposer une amélioration au modèle de bobine idéale permettant de décrire le comportement en basse fréquence et estimer la valeur numérique correspondante.

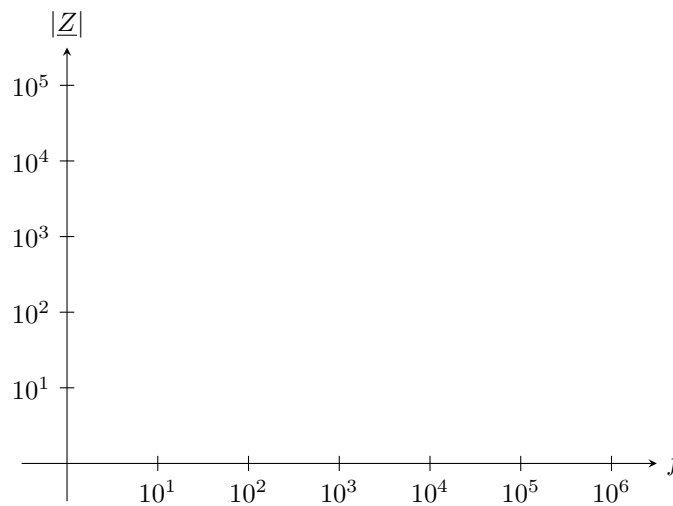
✎ Quel phénomène physique est responsable de cet écart entre le comportement réel et le comportement idéal de la bobine ?


✎ À partir des valeurs mesurées, estimer l'ordre de grandeur de la fréquence à partir de laquelle la correction devient inférieure à 1 % de la valeur mesurée.

### IV - Amélioration du modèle en haute fréquence

 Mesurer l'impédance complexe de la bobine pour dix à quinze fréquences allant de 500 Hz à 1 MHz, puis représenter  $|Z|$  en fonction de  $f$  en échelle logarithmique. Conserver sur la courbe les mesures des parties précédentes.

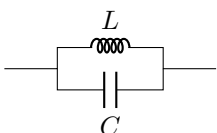
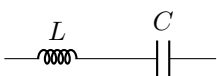
✎ Allure de la courbe obtenue :



 L'objectif est désormais de proposer un modèle électrique équivalent à la bobine réelle qui permette de reproduire le comportement traduit par la courbe ci-dessus.

✎ À quel dipôle simple la bobine semble-t-elle être équivalente en très haute fréquence ? Comment expliquer physiquement cette équivalence inattendue ?

✎ Parmi les deux associations ci-dessous, laquelle semblerait en première approche pouvoir décrire le comportement de la bobine ? Justifier.



✎ On pose  $Z_0 = \sqrt{L/C}$  et  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ . L'impédance complexe de ces deux associations vaut

$$\underline{Z}_{LCs} = jZ_0 \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \quad \text{et} \quad \underline{Z}_{LcP} = \frac{-jZ_0}{\left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

Justifier qu'en réalité ni l'une ni l'autre ne décrit correctement la bobine réelle : il faut en réalité ajouter une résistance  $r'$  au modèle, différente de la résistance  $r$  des basses fréquences, placée en série ou en parallèle des deux autres dipôles en fonction du montage. En introduisant le facteur de qualité, les impédances deviennent alors

$$\begin{cases} \underline{Z}_s = r' \left[ 1 + jQ_s \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right] & \text{avec} \quad Q_s = \frac{1}{r'} \sqrt{\frac{L}{C}} \\ \underline{Z}_p = \frac{r'}{1 + jQ_p \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)} & \text{avec} \quad Q_p = r' \sqrt{\frac{C}{L}} \end{cases}$$

✎ À partir de mesures précises exploitant la résonance, déterminer les valeurs manquantes du modèle :  $r'$  et  $C$ .