



BLAISE PASCAL  
PT 2019-2020

TP 16 – Électromagnétisme

# Modéliser une bobine

## Objectifs

- ▷ Réaliser des mesures d'amplitude et de déphasage à l'oscilloscope ;
- ▷ Réaliser une régression linéaire ;
- ▷ Élaborer un modèle théorique à partir de résultats expérimentaux.

## Matériel sur votre pailasse :

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

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 ?



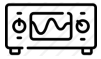
Rappelons que le comportement d'un dipôle électrique en fonction de la fréquence est donné par son impédance complexe  $\underline{Z}(\omega)$  : c'est donc elle qu'il va falloir mesurer.

✎ Rappeler la définition de  $\underline{Z}$  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



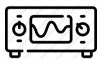
Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de montrer que le modèle de bobine idéale ( $Z = jL\omega$ ) permet de décrire efficacement la bobine réelle pour des fréquences allant d'environ 20 Hz à 1 kHz.

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 mesurée	Valeur attendue

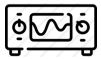


Proposer une amélioration au modèle de bobine idéale permettant de décrire le comportement en basse fréquence et estimer la valeur numérique correspondante.

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

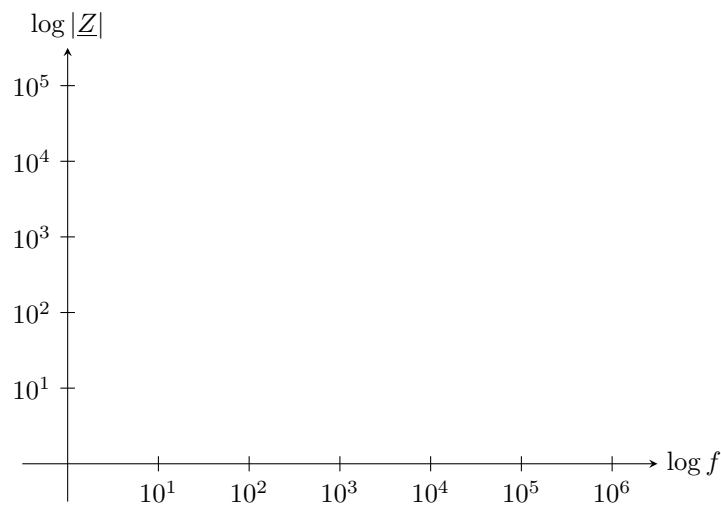
✎ À partir des valeurs mesurées, estimer l'ordre de grandeur de la fréquence à partir de laquelle la correction devient inférieure à 1 % de la valeur mesurée.

### 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  $\log |Z|$  en fonction de  $\log f$ . Conserver sur la courbe les mesures des parties précédentes.

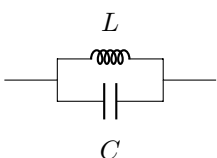
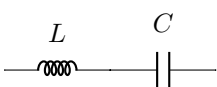
✎ Allure de la courbe obtenue : reporter précisément les mesures sous Regressi et reproduire rapidement l'allure de la courbe obtenue.



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  $C$ .