

TP3a - Étude d'une bobine réelle

Objectifs :

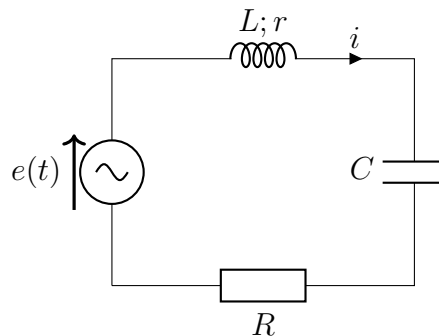
- L'objectif principal est de déterminer les caractéristiques $\{L, r\}$ d'une bobine réelle modélisée par l'association série d'une inductance idéale L et d'une résistance r .
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental autour du phénomène de résonance.
- Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.

Les questions marquées du symbole 🏠 sont des questions théoriques à ne traiter que si vous avez exploité toutes les mesures.

1 Étude *via* la résonance en intensité d'un RLC série

1.1 Montage du circuit série

On considère le circuit série suivant qui modélise : alimentation tension sinusoïdale $e(t)$, bobine réelle (L, r), condensateur C , résistance R :



Rappel : La résonance en intensité du circuit RLC série se produit pour une pulsation $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Le facteur de qualité vaut $Q = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \sqrt{\frac{L}{C}}$ où R_{tot} est la résistance totale du circuit.

Important pour la suite : les masses (bornes noires) de chaque voie de l'oscilloscope sont connectées entre elles à l'intérieur de l'appareil. De plus, *via* le branchement sur la prise, la masse de l'oscilloscope et du GBF sont en général aussi indirectement reliées. Il faut donc prendre en compte l'existence de ces connexions indirectes quand on fait les branchements, et il faut préciser les masses sur le schéma du compte-rendu.

1. Mesurer à l'aide du multimètre la capacité C du condensateur réglé sur 500 nF et exprimer le résultat sous la forme $C = (\text{valeur}) \pm (\text{incertitude})$ (voir notice).
- Réaliser le montage correspondant au circuit RLC série précédent avec $R = 600 \Omega$, $C = 500 \text{ nF}$ et $L = 10 \text{ mH}$. On choisira une tension $e(t)$ sinusoïdale de quelques volts d'amplitude. Effectuer les branchements permettant d'observer la tension du générateur et la tension de la résistance à l'oscilloscope.
2. Proposer un schéma complet du montage précisant notamment les masses. Peut-on choisir n'importe quel ordre pour les dipôles ?

1.2 Mesure de L par l'amplitude à résonance

- Faire varier la fréquence du générateur et observer le passage par la résonance en intensité.
- 3. Pourquoi l'énoncé nous fait ajouter une résistance R ? Indiquer la gamme de fréquences dans laquelle se situe cette résonance. La mesure est-elle précise ? Justifier ce résultat en calculant le facteur de qualité.

1.3 Mesure de L par déphasage à résonance

À la résonance, l'impédance du RLC est réelle, la tension du générateur $e(t)$ et l'intensité (et donc la tension aux bornes de la résistance) sont donc en phase.

- Placer l'oscilloscope en mode XY.

4. Que s'attend-on à observer en mode XY lorsque les deux voies sont en phase ? Cf annexe. À l'aide du mode XY, déterminer expérimentalement la valeur de la fréquence de résonance et exprimer le résultat sous la forme $f_0 = (\text{valeur}) \pm (\text{incertitude})$.
5. Dédire des mesures de f_0 et C la valeur de l'inductance L ainsi que son incertitude associée dont on donne l'expression :

$$\frac{\Delta L}{L} = \sqrt{\left(2\frac{\Delta f}{f_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2} \quad (1)$$

Comparer ce résultat à la valeur annoncée par le constructeur sur la boîte.

2 Étude *via* le module de l'impédance de la bobine

On souhaite déterminer l'inductance propre L et la résistance interne r d'une bobine réelle.

6. Quelle est la manière la plus simple de déterminer r ?
7. Proposer un protocole pour déterminer les valeurs de L et r d'une bobine réelle en utilisant l'expression du module son impédance et en mesurant des tensions au voltmètre.
8. Réaliser les mesures et donner le résultat.

rq : Pour cette question en démarche d'investigation, des indices seront donnés petit à petit.

3 Étude *via* mesure directe de déphasage

9. Proposer et réaliser un protocole permettant de mesurer L , connaissant r , en mesurant directement le déphasage entre la tension aux bornes de la bobine et l'intensité dans le circuit.

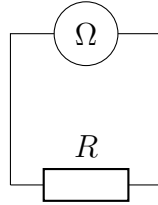
4 Approche théorique

10. (🏠) Démontrer toutes les formules de l'énoncé.

Annexe : mesures au multimètre

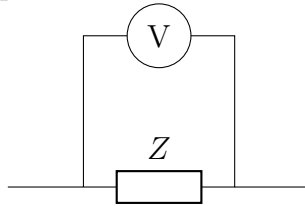
4.1 Ohmmètre ou capacimètre

Brancher l'ohmmètre ou le capacimètre aux bornes du dipôle débranché du reste du circuit.



4.2 Voltmètre

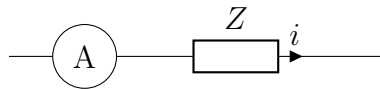
Brancher le voltmètre aux bornes du dipôle.



limite : le dipôle étudié doit être d'impédance faible devant l'impédance d'entrée R_V du voltmètre (de l'ordre de $200\text{ k}\Omega$ à quelques $\text{M}\Omega$).

4.3 Ampèremètre

Brancher l'ampèremètre en série sur une branche.



limite : le dipôle étudié doit être d'impédance forte devant l'impédance d'entrée R_A de l'ampèremètre (de l'ordre d'une fraction de Ω).

4.4 Mesure de valeur moyenne ou efficace de i ou u

- Mode continu (DC ou traits horizontaux) : mesure la *valeur moyenne* du signal (c'est donc un filtrage du type passe-bas).
- Mode alternatif (AC ou traits oscillants) : pour un signal sinusoïdal, mesure la *valeur efficace* du signal en coupant les basse fréquences à l'aide d'un filtrage passe-haut.
 - ★ def : $s_{\text{eff}} = \langle s^2(t) \rangle$.
 - ★ prop : Pour un signal sinusoïdal d'amplitude s_m , la valeur efficace est $s_{\text{eff}} = s_m/\sqrt{2}$.
 - ★ prop : Pour un signal rectangulaire d'amplitude s_m , la valeur efficace est $s_{\text{eff}} = s_m$.
- Mode total (AC+DC) : mesure la *valeur efficace* du signal total : aussi bien composante continue et alternative. Cette mesure est principalement utile dans des mesures de puissance échangée, ce qu'on ne fera pas cette année.

Annexe : mesure à l'oscilloscope

Notons $x(t)$ et $y(t)$ les deux signaux d'entrée.

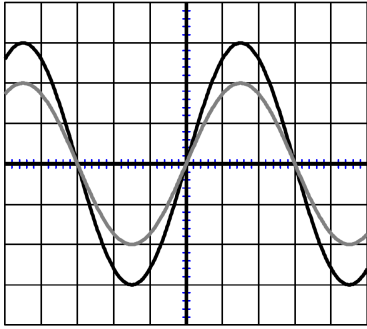
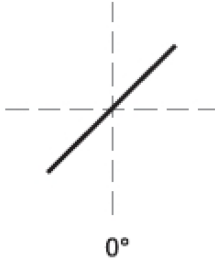
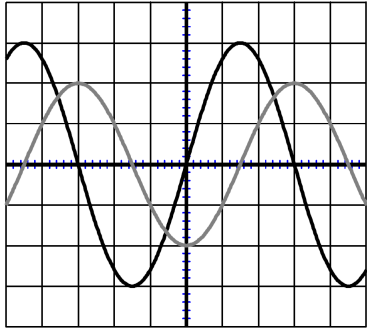
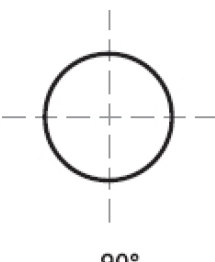
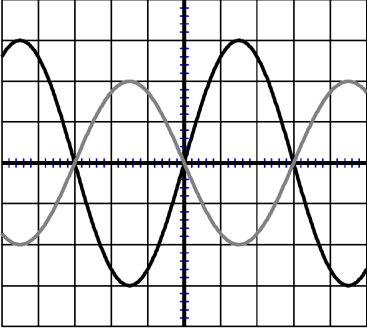
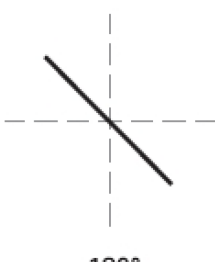
Mode temporel

Visualisation directe de $x(t)$ et $y(t)$. Des curseurs permettent des mesures de tension ou de durée (puis de de fréquence). Pour déterminer un déphasage $\Delta\varphi$ entre signaux sinusoïdaux, on peut mesurer le retard Δt et la période T , alors $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$.

rq : Mais ce n'est pas le mode le plus précis pour repérer deux signaux en phase ou opposition de phase !

Mode XY

Visualisation de $y(x)$. C'est le mode le plus précis, donc **à choisir spontanément**, pour visualiser deux signaux en phase ou opposition de phase !

| Mode balayage | Mode XY | Déphasage |
|---|---|--|
|  |  0° | $\varphi = 0^\circ = 0 \text{ rad}$ Les deux signaux sont en phase. |
|  |  90° | $\varphi = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$ Les deux signaux sont en quadrature. |
|  |  180° | $\varphi = 180^\circ = \pi \text{ rad}$ Les deux signaux sont en opposition de phase. |