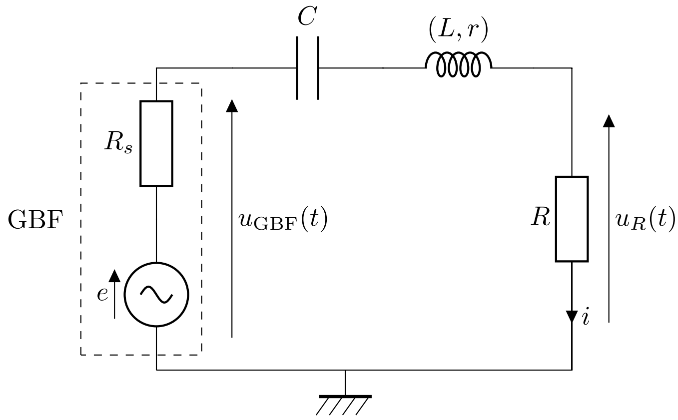
# [TP P9] Résonance en intensité

L'objectif est d'étudier le phénomène de résonance en intensité dans un circuit RLC série.

**Matériel mis à disposition**

GBF
Oscilloscope
Bobine à 1000 spires environ
Boîte de résistances
Boîte de capacités

On étudie le circuit suivant, en régime sinusoïdal forcé à la fréquence $f$. On prend $R = 100\,\Omega$ et $C = 100\,\text{nF}$ avec des boîtes à décades. La bobine est modélisée par l'association série d'une résistance $r$ et d'une inductance $L$. Le GBF possède une résistance de sortie $R_s = 50\,\Omega$, ainsi la tension $u_{\text{GBF}}$ délivrée est différente de la tension $e(t) = E_m \cos(2\pi f t)$ que l'on règle : d'après le modèle de Thévenin $u_{\text{GBF}} = e - R_s i$.




## Analyse théorique (à préparer à l'avance)

1. En régime sinusoïdal forcé, exprimer $\underline{u}_R$ en fonction de $\omega = 2\pi f$, $L$, $C$, $R$, $r$, $R_s$ et $\underline{e}$. En déduire $\underline{i}$ en fonction des mêmes données.
2. Exprimer l'amplitude de l'intensité $I_m$ et montrer qu'elle se met sous la forme
$$I_m = \frac{I_0}{\sqrt{1 + Q^2\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$
où l'on identifiera $I_0$, $\omega_0$ et $Q$ en fonction de $L$, $C$, $R$, $r$, $R_s$ et $E_m$.
3. Pour quelle pulsation $\omega_r$ a-t-on résonance de l'intensité ?
4. Montrer que le rapport $\dfrac{\underline{u}_R}{\underline{u}_{\text{GBF}}}$ a pour expression :
$$\frac{\underline{u}_R}{\underline{u}_{\text{GBF}}} = \frac{H_0}{1 + jQ'\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$$
où l'on identifiera $H_0$ et $Q'$ en fonction de $L$, $C$, $R$ et $r$ ($\omega_0$ est le même que précédemment).
5. À la pulsation de résonance, que vaut le déphasage de $u_R$ par rapport à $u_{\text{GBF}}$ ?

On rappelle que pour ce type de résonance, le facteur de qualité $Q$ est lié à la largeur de résonance :
$$Q = \frac{f_r}{|f_{c,1} - f_{c,2}|}$$
où $f_r$ est la fréquence de résonance et les deux fréquences de coupure $f_c$ sont définies par $I_m(f_c) = \dfrac{I_{m,\max}}{\sqrt{2}}$.

## Partie A. Détection de la résonance

- ❏ Mesurer la résistance $r$ de la bobine à l'ohmmètre, hors circuit.
- ❏ Son inductance est de l'ordre de 50 mH. En déduire une valeur approximative de la fréquence de résonance.
- ❏ Réaliser le circuit avec les composants fournis. Régler l'amplitude crête à crête de la tension à vide délivrée par le GBF à 12 V avec la fréquence calculée à la question précédente.
- ❏ Connecter les tensions $u_{\text{GBF}}$ et $u_R$ aux deux voies de l'oscilloscope.
- ❏ Balayer la fréquence jusqu'à observer la résonance. Le déphasage est-il conforme à sa valeur théorique ?
- ❏ Pour obtenir une valeur plus précise, on cherche la fréquence qui permet d'obtenir exactement la valeur théorique du déphasage. On utilise pour ce faire l'oscilloscope en mode XY. Comment reconnait-on la résonance dans cette visualisation (voir fiche méthode) ?
- ❏ Passer en mde XY dans le menu *Affichage*. En utilisant des zooms, déterminer précisément (à l'aide de zooms) la fréquence de résonance $f_r$.
- ❏ En déduire la valeur de $L$.

## Partie B. Courbe de résonance

On souhaite construire la courbe de l'amplitude de l'intensité en fonction de la fréquence. On prendra une vingtaine de valeurs de fréquence régulièrement espacées dans l'intervalle $[0{,}8f_r ; 1{,}2f_r]$. On n'hésitera pas à faire de nouvelles mesures pour avoir la courbe la plus complète possible.

- ❏ Pour chaque valeur de fréquence, mesurer l'amplitude de $u_R$.
- ❏ Tracer le graphe de l'amplitude $I_m$ en fonction de la fréquence.
- ❏ Déterminer graphiquement les fréquences de coupure. En déduire le facteur de qualité $Q$.
- ❏ En déduire la résistance totale du circuit. Comparer à sa valeur attendue.

## Partie C. Diagramme de Bode

Le circuit réalisé peut être considéré comme un filtre, la tension $u_{\text{GBF}}$ jouant le rôle de grandeur d'entrée, et $u_R$ celui de grandeur de sortie.

- ❏ D'après l'étude théorique réalisée, quel type de filtre est réalisé par ce montage ?

Pour tracer son diagramme de Bode, il convient d'effectuer des mesures sur plusieurs décades de fréquences. On obtient 4 points par décade régulièrement espacés en échelle logarithmique en prenant sur une décade donnée les 4 valeurs :

$$10^{n+0} = 1{,}00 \times 10^n \qquad 10^{n+1/4} = 1{,}78 \times 10^n \qquad 10^{n+1/2} = 3{,}16 \times 10^n \qquad 10^{n+3/4} = 5{,}62 \times 10^n$$

Par exemple, sur la décade $n = 1$ cela donne : 10 ; 17,8 ; 31,6 ; 56,2.

- ❏ Effectuer les mesures suivantes sur les décades $n \in [\![1, 4]\!]$ pour la fréquence en Hz (c'est-à-dire sur l'intervalle [10 Hz, 100 kHz[) :
  - — amplitudes de la tension d'entrée $U_{m,\text{GBF}}$ et de la tension de sortie $U_{m,R}$ ;
  - — déphasage de la sortie par rapport à l'entrée $\Delta\varphi_{u_R/u_{\text{GBF}}}$
- ❏ Tracer le diagramme de Bode du gain en décibel et de la phase du filtre.
- ❏ Mesurer les pentes ou les valeurs des asymptotes de ces diagrammes. Sont-elles conformes à la théorie ?