

TP – Résonance en tension du circuit RLC

Matériel : Oscilloscope, GBF, $L \simeq 40$ mH (bobine bleue pour plaquette), $C \simeq 100$ nF, $R = 100 \Omega$.

I Rappels théoriques

On étudie la réponse en tension (aux bornes du condensateur) du circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé. Le circuit étudié est donc constitué d'un générateur de tension, d'une bobine, d'une résistance et d'un condensateur, le tout en série.

Nous prenons en compte ici la résistance R , la résistance interne r_g du générateur, et la résistance r de la bobine. Le circuit possède donc une résistance totale $R_{\text{tot}} = R + r_g + r$.

La tension d'entrée est $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$. On étudie la tension $u_c(t) = U_{C0} \cos(\omega t + \varphi)$.

Nous avons montré dans l'exercice III du TD que :

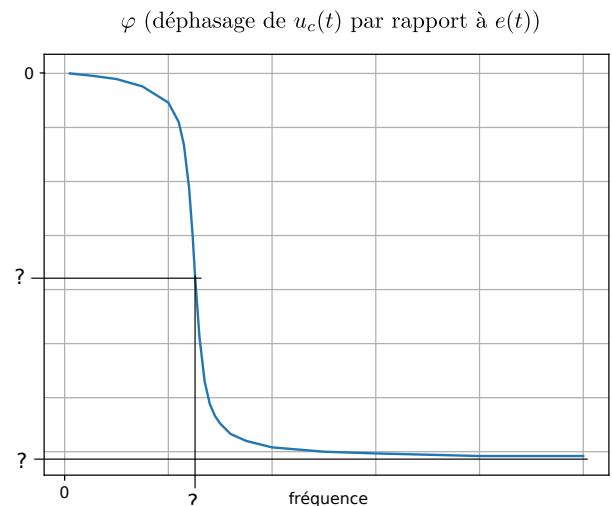
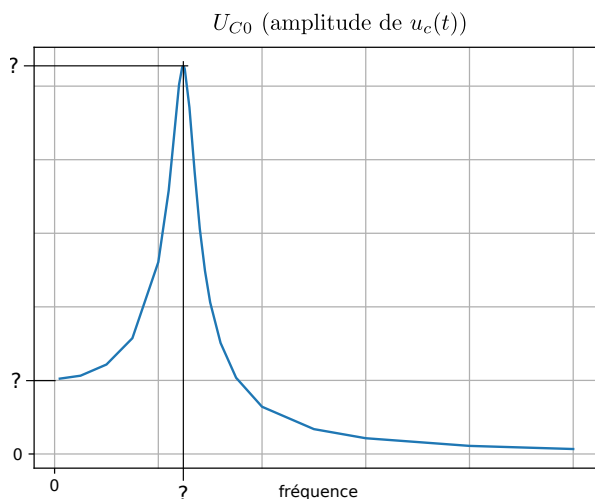
$$U_{C0} = |\underline{U}_{C0}| = \frac{E_0}{\sqrt{(1-x^2)^2 + \frac{x^2}{Q^2}}}$$

$$\varphi = \arg \underline{U}_{C0} = \arctan \frac{Q(1-x^2)}{x} - \frac{\pi}{2}$$

avec $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, $Q = (1/R_{\text{tot}})\sqrt{L/C}$, $x = \omega/\omega_0 = f/f_0$.

Nous avons prouvé que la fréquence de résonance est en $f_r = x_r \times f_0$ avec $x_r = \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$ et n'existe que si $Q \geq 1/\sqrt{2} \simeq 0,707$.

- 1 - Sans calculs, simplement en piochant les informations dans le IV.2.a.2 du cours (dernière page), remplacer les “?” de la figure ci-dessous avec des expressions à prendre parmi les suivantes : “ f_0 ”, “ f_r ”, “ $\simeq Q \times E_0$ ”, “ E_0 ”, “ $-\pi/2$ ”, “ $-\pi$ ”.



- 2 - Ouvrir le notebook 681f-2360377 sur Capytale. Exécuter la première cellule de code : ceci donne les valeurs *théoriques* de la fréquence propre f_0 , de la fréquence de résonance f_r , et du facteur de qualité Q . Les noter.

II Étude expérimentale

- 3 - Montage :** proposer un montage (=schéma où apparaissent les branchements de l'oscilloscope) permettant de suivre à l'oscilloscope la tension d'alimentation $e(t)$ et $u_c(t)$. Réaliser ce montage. Attention aux problèmes de masse (ordre des composants).
- 4 - Étude qualitative :** effectuer un balayage grossier en fréquence afin de repérer si oui ou non le système présente une résonance. Commencer à des fréquences basses (vers 100 Hz) et augmenter progressivement la fréquence (jusqu'à environ 20 kHz). Notez vos observations : faire un schéma du relevé de l'oscilloscope à basse fréquence, pour f proche de la résonance, et à haute fréquence.
- 5 - Tracé de la courbe de résonance :** mesurer l'amplitude de $u_c(t)$ pour une dizaine de valeurs de fréquences (typiquement 100, 1000, 2000, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 3000, 4000, 5000, 7000, 10000 hertz).
Dans le même notebook, compléter les listes afin de tracer cette amplitude en fonction de la fréquence.
- 6 -** Exploiter votre graphique pour en déduire les valeurs expérimentale de Q et de f_r , puis de f_0 .
Comparer aux valeurs théoriques.
- 7 -** S'il vous reste du temps, mesurer cette fois le déphasage $\Delta\varphi$ entre courant et tension d'entrée pour une dizaine de valeurs de fréquence. Tracer ensuite le graphe de $\Delta\varphi$ en fonction de f .
En déduire une nouvelle mesure de f_0 et comparer à la précédente.

Remarques :

Les valeurs de C et L sont connues avec une incertitude-type relative de 5%. Il en résulte une incertitude-type sur la valeur théorique de f_0 :

$$u(f_0) = f_0 \sqrt{\left(\frac{u(C)}{2C}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{2L}\right)^2} = 90 \text{ Hz}$$

(calcul à vérifier à la fin du TP si vous avez le temps).

L'incertitude sur la valeur théorique de Q est plus élevée, car R_{tot} n'est pas connue précisément à cause de la résistance de la bobine qui dépend de la fréquence (cf TP précédent !). On ne la calcule pas.

L'incertitude sur la valeur théorique de f_r est du même ordre que celle sur f_0 , voire même un peu plus grande à cause de l'incertitude sur Q .