

TP17 – Résonance

L'excitation périodique d'un système à une fréquence proche de sa fréquence propre peut provoquer une réponse de très forte amplitude : c'est la **résonance**. Il s'agit d'un phénomène très général qui peut se manifester quelle que soit la nature de l'oscillateur : mécanique, optique, électrique, quantique, etc. On se propose ici de l'illustrer et de la caractériser avec un système modèle : le circuit RLC série.

Objectifs

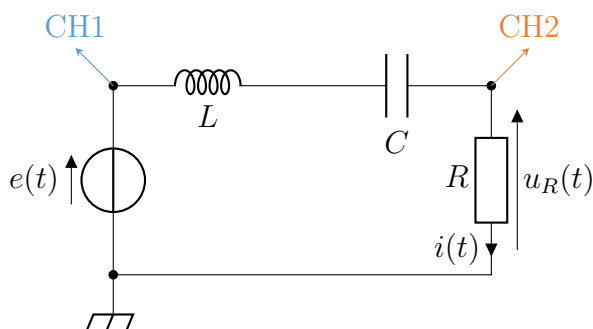
- Mesurer une tension : mesure directe au voltmètre numérique ou à l'oscilloscope numérique.
- Mesurer l'intensité d'un courant : mesure indirecte à l'oscilloscope aux bornes d'une résistance adaptée.
- Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données.
- Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses.
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental visant à caractériser un phénomène de résonance.**

Résonance en intensité

On considère le circuit RLC série représenté ci-contre, alimenté par un signal sinusoïdal de fréquence f variable

$$e(t) = E_0 \cos(2\pi ft).$$

On s'intéresse à l'évolution de l'amplitude de la tension $u_R(t)$ aux bornes de la résistance en fonction de la fréquence f de la tension $e(t)$.



1. On utilise les valeurs de composants suivantes : $C = 10 \text{ nF}$, $L = 45 \text{ mH}$ et $R = 100 \Omega$. Calculer les pulsation propre, fréquence propre, période propre et facteur de qualité du circuit.
2. Réaliser le circuit. L'alimenter à l'aide d'un GBF produisant une tension sinusoïdale. Justifier que la mesure de $u_R(t)$ permet d'obtenir l'évolution de l'intensité $i(t)$ dans le circuit. Quelle est l'allure du signal $u_R(t)$?

APPEL PROF 1 REA Vérification du circuit et des réglages de l'oscilloscope.

3. Pour quelle fréquence $f_{\max}$ l'amplitude U_{R0} de la tension $u_R(t)$ est-elle maximale ? Comparer à la fréquence propre du circuit. Que vaut alors le rapport $G_{R,\max} = U_{R0}/E_0$?
4. Mesurer le déphasage $\varphi = \varphi_{u_R} - \varphi_e$ entre la tension $u_R(t)$ et la tension $e(t)$ pour $f \ll f_{\max}$, $f = f_{\max}$ et $f \gg f_{\max}$.

APPEL PROF 2

5. Sur papier semilog, tracer le rapport $G_R = U_{R0}/E_0$ en fonction de la fréquence f pour des fréquences comprises entre 1 kHz et 100 kHz. On pourra aussi rentrer les valeurs de f , E_0 et U_{R0} dans le fichier `data.txt` et utiliser le programme `tp17-resonance.py`.

REA VAL

6. Mesurer la valeur de la bande passante, c'est-à-dire l'intervalle de fréquence Δf pour lequel $G_R > G_{R,\max}/\sqrt{2}$ et calculer le rapport $f_{\max}/\Delta f$. Quel paramètre du circuit retrouve-t-on ?

Résonance en tension aux bornes du condensateur

ANA REA

7. Modifier le circuit précédent pour mesurer la tension $e(t)$ à la sortie du GBF et la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur. Faire un schéma.

APPEL PROF 3 ANA Validation du circuit.

ANA VAL

8. Pour quelle fréquence $f_{\max}$ l'amplitude U_{C0} de la tension $u_C(t)$ est-elle maximale ?
Ce résultat n'est valable que lorsque $Q \gg 1$!

REA VAL

9. Mesurer alors la valeur du rapport $G_{C,\max} = U_{C0}/E_0$. Commenter la valeur obtenue.

REA

10. Pour $f \ll f_{\max}$, $f = f_{\max}$ et $f \gg f_{\max}$, mesurer le rapport $G_C = U_{C0}/E_0$ et le déphasage φ_C entre $u_C(t)$ et $e(t)$.

Étude en régime libre

APP ANA

REA VAL

COM

11. Proposer et mettre en œuvre un protocole pour mesurer la fréquence propre f_0 et le facteur de qualité Q du circuit RLC série en régime libre, c'est-à-dire quand le circuit est soumis à échelon de tension.

Comparer les valeurs de f_0 et Q avec les valeurs théoriques et les valeurs précédentes. Comment expliquer l'écart entre les facteurs de qualité obtenus ?

Documents

Document 1 – Matériel

- GBF ;
- oscilloscope ;
- bobine $L \approx 45 \text{ mH}$ ou 11 mH ;
- boîte à décade de résistance ;
- boîte à décade de capacité ;
- câbles.