

TP19 : Oscillateurs en régime libre

1 Objectif du TP

L'objectif du TP est de réaliser des oscillateurs harmoniques amortis mécanique et électrique et d'étudier leur comportement en régime libre. On mettra en évidence la similitude des comportements des deux types d'oscillateurs.

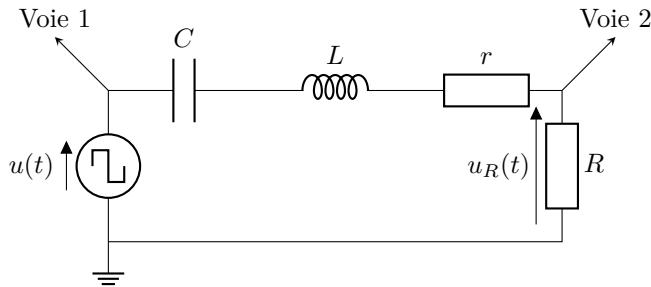
2 Oscillateur mécanique

Effectuer un pointage sur la vidéo jointe au TP et comparer les résultats obtenus avec un modèle théorique.

3 Oscillateur électrique

3.1 Montage

On alimente un circuit RLC série avec un signal carré d'amplitude 4 V et de fréquence $f = 120\text{ Hz}$. On prendra $C = 3,3\text{ nF}$; $L = 40\text{ mH}$, $r = 4\Omega$ (résistance interne de la bobine) et $R = 270\Omega$. On n'oubliera pas de mesurer la valeur réelle de chacun des composants.



3.2 Étude théorique

La tension $u_R(t)$ vérifie l'équation différentielle

$$\frac{d^2u_R}{dt^2} + 2\lambda \frac{du_R}{dt} + \omega_0^2 u_R = 0 \quad \text{avec} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{R}{2L} \quad (1)$$

Avec les valeurs proposées, le discriminant de l'équation caractéristique est négatif; de sorte que $u_R(t)$ est pseudo-périodique de pseudo-pulsation

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{\lambda^2}{\omega_0^2}} \quad (2)$$

proche de la pulsation propre ω_0 . On a donc

$$u_R(t) = \frac{ER}{L\omega} e^{-\lambda t} \sin(\omega t) \quad (3)$$

Les extrema (max et min) U_n successifs de $u_R(t)$ sont atteints près des extrema du sinus (l'amortissement est faible) et donc on a

$$U_n = \frac{ER}{L\omega} \exp\left(-\lambda \frac{(2n+1)\pi}{2\omega}\right) = U_0 \exp\left(-\lambda \frac{n\pi}{\omega}\right) \quad (4)$$

On exprime habituellement ce résultat en fonction du **décrément logarithmique** δ :

$$\delta = \ln\left(\frac{u_R(t)}{u_R(t+T)}\right) = \lambda \frac{2\pi}{\omega} \quad (5)$$

On a alors

$$U_n = U_0 \exp(-n\delta/2) \quad \text{ou} \quad \ln(U_n) = \ln(U_0) - \frac{\delta}{2}n \quad (6)$$

Les points représentant $\ln(U_n)$ en fonction de n sont alignés suivant une droite de pente $-\frac{\delta}{2}$.

3.3 Manipulations

Réaliser le montage et visualiser les différentes tensions.

- Relever dans un tableau les extrema successifs U_n en utilisant l'oscilloscope numérique.
- Construire le graphique représentant $\ln(U_n)$ en fonction de n . Et en déduire la valeur du coefficient d'amortissement λ , ainsi que le facteur de qualité $Q = \frac{\omega_0}{2\lambda}$. Pour cela, on remarquera que

$$\delta = \frac{\pi}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{4}}} \quad (7)$$

- Comparer avec les valeurs numériques obtenues à partir des expressions théoriques.
- Vérifier que la valeur de Q correspond à celle estimée en comptant le nombre d'oscillations.

3.4 Circuit RLC très amorti

- Déterminer une valeur de R pour se placer en régime apériodique.
- Visualiser l'allure de la tension aux bornes de C .
- Déterminer expérimentalement la valeur de R correspondant au régime critique et comparer à la valeur attendue.