

TP n°6 : Circuit RLC série

PCSI 2025 – 2026

I Étude en régime transitoire

Objectif : on se propose de visualiser à l'oscilloscope la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$ d'un circuit RLC série lors d'une succession de charges et décharges de ce dernier.

Matériel : on utilisera les composants suivants :

- Un GBF de résistance interne r et de force électromotrice $e(t)$.
- Une boîte à décade de résistance R variable.
- Une bobine réelle : inductance pure L en série avec un résistor de résistance r_L .
- Une capacité C .

Schéma du montage : tracer sur une figure le schéma du montage à réaliser.

On placera les différents composants modélisés (générateur équivalent Thévenin et bobine réelle) ainsi que les bornes de l'oscilloscope de façon à visualiser $u_C(t)$ en voie 2 et $u(t)$ la tension au bornes du GBF en voie 1. **Ne pas effectuer le montage pour le moment.**

Rappels : en posant $R_T = r + R + r_L$ la résistance totale du circuit RLC série, l'équation différentielle à laquelle obéit $u_C(t)$ est

$$\frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + \frac{R_T}{L} \frac{du_C(t)}{dt} + \frac{u_C(t)}{LC} = \frac{e(t)}{LC}$$

ou sous une forme canonique

$$\ddot{u}_C(t) + \frac{\omega_0}{Q} \dot{u}_C(t) + \omega_0^2 u_C(t) = \omega_0^2 e(t) \iff \ddot{u}_C(t) + \frac{2}{\tau} \dot{u}_C(t) + \omega_0^2 u_C(t) = \omega_0^2 e(t)$$

La nature du régime dépend de $Q = \frac{1}{R_T} \sqrt{\frac{L}{C}}$ le facteur de qualité du circuit, c'est le paramètre pertinent que l'on fera varier en modifiant R .

Réglages :

- Mesurer la valeur de r_L la résistance interne de la bobine à l'aide d'un multimètre.
- Prendre $R = 4 \text{ k}\Omega$ pour l'instant.
- Régler le GBF de façon à ce que $u(t)$ soit une tension créneau variant de $0,0 \text{ V}$ à $E = 5,0 \text{ V}$ puis de E à 0 à la fréquence $f = 100 \text{ Hz}$ pour le moment. Rappeler ou relever la valeur de r .
- Réaliser enfin le montage et allumer les appareils

Régime apériodique :

- Modifier éventuellement la fréquence f du GBF de façon à observer le régime transitoire entier lors d'une charge du condensateur.
- Quels sont les éléments qui vous permettent d'affirmer qu'on observe bien un régime transitoire apériodique ?
- A-t-on continuité de $u_C(t)$ à $t = 0$ comme prévu ?
- A-t-on continuité de l'intensité du courant $i = i_L = i_C = C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$ à $t = 0$ comme prévu ?

Régime critique : on cherche à présent à se placer en régime critique, c'est à dire à $Q = \frac{1}{2}$. La valeur de L étant mal connue, on ne peut pas calculer la valeur R_c de R correspondante.

- Modifier R jusqu'à atteindre le régime critique.
On expliquera la méthode suivie et on indiquera la valeur de la résistance R correspondante en précisant l'incertitude de la mesure (ordre de grandeur).
- En déduire $R_T = R_c = R + r + r_L$ puis L en considérant qu'on a effectivement $Q = \frac{1}{2}$.

Que pensez-vous de cette méthode de mesure de L ?

Régime pseudo-périodique

- Prendre maintenant $R_T = \frac{R_c}{8}$ soit $R = \frac{R_c}{8} - r_L - r$ et visualiser une décharge du condensateur (vous pouvez être amené à modifier la période du GBF pour observer la fin du phénomène).
- On devrait théoriquement avoir alors $Q = 8 \times \frac{1}{2} = 4$ (ordre de grandeur). Est-ce le cas ?

On pourra par exemple compter le nombre d'oscillations visibles pendant le régime transitoire.

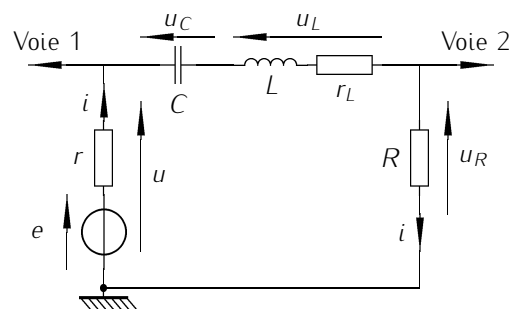
II Étude en régime sinusoïdal forcé

On applique désormais une tension $u(t)$ sinusoïdale de fréquence f , sans composante continue et d'amplitude $U = 2,0$ V. Effectuer les réglages du GBF.

III Résonance en intensité

Rappel : à la résonance en intensité, pour $f = f_0$, $u_R(t) = R \cdot i(t)$ est en phase avec $u(t)$ car l'impédance $\underline{Z}$ du circuit est alors purement résistive.

Montage : modifier le montage comme représenté ci-dessous en gardant la valeur précédente de R soit $Q \simeq 4$.



- Pourquoi doit-on permuter R et C par rapport au montage du I. si on veut visualiser $u(t)$ et $u_R(t)$ simultanément ?

- Vérifier rapidement la présence d'une résonance aux bornes du résistor en faisant varier la fréquence de la tension $u(t)$: en augmentant à partir d'une valeur relativement faible (100 Hz par exemple), l'amplitude de u_R doit augmenter, passer par un maximum puis diminuer à nouveau.

Fréquence de résonance : déterminer expérimentalement f_0 par la méthode de l'ellipse en utilisant le mode XY de l'oscilloscope. On rappelle que $u_R(t)$ est en phase avec $u(t)$.

Relever la valeur de f_0 .

En déduire une valeur précise de L (on rappelle que $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$) et comparer à la valeur obtenue en I.

Laquelle de ces deux méthodes vous semble-t-elle la plus fiable ?

Mesure et représentation des tensions sinusoïdales : Brancher un voltmètre aux bornes de la résistance.

- Que mesure le voltmètre s'il est réglé en mode CA ?

Régler la fréquence du GBF à $f = f_0 + 500$ Hz.

Mesurer successivement, les **amplitudes** U_R , U_L et U_C à l'aide du voltmètre en maintenant $U = 2,0$ V.

Mesurer $\varphi_{i|u}$ le déphasage de i par rapport à u . Pour cela, on mesurera à l'aide de l'oscilloscope le décalage temporel Δt entre i et u , puis on calculera $\varphi_{i|u} = -\frac{2\pi\Delta t}{T}$.

- A-t-on $U = U_R + U_C + U_L$? Justifier.

IV Tracé de $I(f)$

Objectif et mode opératoire : on cherche à tracer les courbes $I(f)$ et $\varphi_{i|u}(f)$ qui traduisent les variations de la valeur efficace et de la phase à l'origine de l'intensité du courant en fonction de la fréquence.

Placer les instruments de mesures précédents et régler $f = f_0$, vérifier que $U = 2,0$ V.

Tracés : on tracera $I(f)$ et $\varphi_{i|u}(f)$ à l'aide de Python.

- Télécharger puis ouvrir le fichier `trace_resonance.py`.
- Pour chaque fréquence f , remplir les listes f , U_R et Δt avec les valeurs respectives de f , U_R et Δt
- Tracez simultanément les courbes $I(f)$ et $\varphi_{i|u}(f)$ en partant de $f = f_0$.
Vérifiez pour chaque point de mesure que U reste égale à 2,0 V, quitte à régler le GBF.
On prendra d'autant plus de points que les variations de I ou $\varphi_{i|u}$ sont importantes.

Exploitation : on définit les deux fréquences de coupure f_{c1} et f_{c2} telles que $I(f_c) = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$.

On rappelle que pour ce type de circuit, la largeur de bande passante à -3dB $\Delta f = |f_{c2} - f_{c1}|$ est liée au facteur de qualité Q et à f_0 par la relation $\Delta f = \frac{f_0}{Q}$.

- Déterminer graphiquement les fréquences de coupure et la bande passante en estimant l'incertitude.
- En déduire la valeur du facteur de qualité Q et l'incertitude de mesure.