

## TP 9 – Régime transitoire du circuit RLC

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

**Objectifs :** étudier expérimentalement le circuit RLC série, visualiser les différents régimes ; vérifier expérimentalement la validité des formules établies en cours.

### Rappels théoriques

Le comportement d'un circuit du deuxième ordre est complètement régi par les deux paramètres de sa forme canonique : sa **pulsation propre**  $\omega_0$  et son **facteur de qualité**  $Q$ .

Dans un circuit RLC **série**, la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{du_C}{dt} + \omega_0^2 u_C = \alpha, \quad \text{avec } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et } Q = \frac{1}{R_{\text{tot}}} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (1)$$

avec  $R_{\text{tot}}$  la résistance totale du circuit, et où :

- $\alpha = 0$  si le générateur de tension passe d'une valeur  $E$  à la valeur nulle,
- $\alpha = \omega_0^2 E$  s'il passe de 0 à une valeur  $E$  constante.

## I Étude qualitative

---

- 1 - Régler le GBF pour produire un signal crêteau allant de 0 à quelques volts, avec une fréquence de l'ordre de 500 Hz.
- 2 - Proposer un montage (= schéma) permettant d'étudier la réponse d'un circuit RLC à un échelon de tension (allant de 0 à quelques volts) en visualisant à l'oscilloscope d'une part l'échelon de tension imposé par le GBF et d'autre part la tension aux bornes du condensateur. Câbler ce montage sur votre paillasse.
- 3 - En faisant varier la résistance, identifier deux différents types de régimes transitoires. Reproduire l'allure des signaux pour chacun, les nommer, indiquer la valeur de  $R$  correspondante.
- 4 - Calculer la valeur numérique de la résistance qui, théoriquement, correspond au régime critique. On la notera  $R_{c,\text{théo}}$ .
- 5 - Estimer expérimentalement la valeur critique de la résistance pour laquelle on est à la limite entre un régime pseudo-périodique et un régime aperiodique.  
Comparer à la valeur attendue d'après la théorie et conclure quant à l'accord. D'où peut venir une différence ?
- 6 - Se placer en régime *nettement* pseudo-périodique : faire en sorte de voir au moins une dizaine d'oscillations.

Mesurer alors leur période  $T$  (appelée pseudo-période) et comparer à la période propre  $T_0 = 2\pi/\omega_0$  du circuit. Y a-t-il une différence significative ?

Est-ce que cela était attendu étant donnée les formules théoriques donnant  $T$  et  $T_0$  (on rappelle que  $T = 2\pi/\Omega$  avec  $\Omega$  donné équation 2 ci-après) ?

## II Mesure du facteur de qualité en régime pseudo-périodique : méthode du décrétement logarithmique

Dans le cas particulier où  $Q > 1/2$ , lors de la décharge du condensateur (générateur passant de  $+E$  à  $0\text{ V}$ , la solution théorique est :

$$u_C(t) = E \cos(\Omega t) e^{-\mu t} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \mu = \frac{\omega_0}{2Q} \\ \Omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} \end{cases} \quad (2)$$

### Document : le décrétement logarithmique

Soit  $x$  une grandeur pseudo-harmonique dont l'amplitude décroît exponentiellement avec un temps caractéristique  $\tau$  :

$$x(t) = X_0 \cos(\Omega t + \varphi) e^{-\mu t}. \quad (3)$$

On appelle décrétement logarithmique de  $x$  la quantité

$$\delta = \ln \frac{x(t)}{x(t+T)}. \quad \text{avec} \quad T = \frac{2\pi}{\Omega}. \quad (4)$$

On peut montrer (cf exercice de TD) que  $\delta$  ne dépend pas du temps, et vaut  $\delta = \frac{2\pi\mu}{\Omega}$ .

Sa mesure est simple expérimentalement, par exemple en repérant les maximums d'oscillation de  $x(t)$  et en mesurant le rapport des valeurs de  $x$  pour deux maxima consécutifs.

Ceci constitue un moyen rapide d'accéder au temps caractéristique  $\tau$  de la décroissance.

Choisir une valeur de résistance telle que le transitoire soit *nettement* pseudo-périodique : faire en sorte de voir une dizaine d'oscillations (pour avoir  $\omega_0 \simeq \Omega$ ).

- 7 - À l'aide de l'encadré précédent et de l'approximation  $\omega_0 \simeq \Omega$ , montrer que  $Q = \pi/\delta$ .
- 8 - À l'aide de l'encadré précédent et de la question précédente, proposer et mettre en œuvre un protocole de mesure du facteur de qualité du circuit.  
On fera l'étude à la décharge, lorsque le générateur passe d'une valeur  $E$  positive à la valeur *nulle* (sinon on n'est pas dans le cas de l'équation 3).  
On détaillera chaque étape du raisonnement. On fera un schéma du signal étudié sur lequel on reportera ce que l'on mesure et comment.
- 9 - Si le temps le permet, montrer en s'appuyant sur le protocole précédent de mesure de  $Q$  que le facteur de qualité du circuit RLC série est bien proportionnel à  $1/R$ .