

**Objectifs :**

- Observer et caractériser les différents régimes transitoires d'un circuit du 2<sup>e</sup> ordre, en particulier la pseudo-période et le décrement logarithmique en régime pseudo-périodique.

**Capacités mises en œuvre :**

- Mesure directe au voltmètre numérique ou à l'oscilloscope numérique d'une tension
- Mettre en œuvre une méthode de mesure de fréquence ou de période
- Produire un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF.
- Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses
- Mesure directe d'une tension l'oscilloscope numérique
- Mesure directe d'une durée l'oscilloscope numérique

**Matériel :**

- oscilloscope numérique ;
- générateur basses fréquences GBF ;
- boîtes à décades de résistances et capacités ;
- bobine.

Pour chaque manipulation, on produira à l'aide du GBF un créneau d'amplitude  $E$  (tension variant entre 0 et  $E$ ) de l'ordre de  $E = 10\text{V}$  dont la fréquence sera notée  $f$ .

Toutes les mesures à l'oscilloscope seront réalisées à l'aide des curseurs ou des mesures automatiques. On produira un schéma électrique et un oscillogramme pour chaque manipulation décrite.

On commencera par régler l'impédance de charge du GBF sur Haute impédance (menu « Sortie »). On n'oubliera pas d'en activer la sortie.

**I Régime libre du circuit RLC série****I.1 Modèle**

La tension  $u_C$  aux bornes du condensateur d'un dipôle RLC série soumis à une tension stationnaire peut évoluer selon :

- un régime **pseudopériodique** dans lequel :

$$u_C = u_{C\infty} + U e^{-\omega_0 t / (2Q)} \cos(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

- un régime **apériodique** dans lequel :

$$u_C = u_{C\infty} + e^{-\omega_0 t / (2Q)} (U_1 \cosh(\omega t) + U_2 \sinh(\omega t)), \quad (2)$$

avec :

**pulsation propre** :  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$  ;

**facteur de qualité** :  $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$  ;

**pseudopulsation pour  $Q > 1/2$**  :  $\omega = \omega_0 \sqrt{1 - 1/(4Q^2)}$  ;

**pour  $Q < 1/2$**  :  $\omega = \omega_0 \sqrt{1/(4Q^2) - 1}$  ;

**résistance critique** :  $R_c = 2\sqrt{L/C}$ .

On se trouve dans l'un ou l'autre des deux régimes selon que  $R < R_c$  (régime pseudopériodique) ou  $R > R_c$  (régime apériodique).

En régime pseudopériodique :

- La constante de temps  $\tau_{RLC}$  de la décroissance logarithmique de l'enveloppe du signal vaut  $\tau_{RLC} = 2Q/\omega_0$ .

- On définit le **décrement logarithmique**  $\delta$  par :

$$\delta = \ln \frac{u_C(t) - u_{C\infty}}{u_C(t + 2\pi/\omega) - u_{C\infty}} \quad \forall t.$$

On vérifie qu'on a  $\delta = \frac{\pi}{\sqrt{Q^2 - 1/4}}$  et  $\delta \approx \frac{\pi}{Q}$  pour  $Q \rightarrow \infty$ .

**I.2 Choix des paramètres****Manipulations :**

Réaliser un circuit RLC série en utilisant :

- une bobine de 1000 spires dont on aura mesuré l'auto-inductance au LCR-mètre,
- une boîte à décade de capacités dont on choisira la valeur pour que la fréquence propre du dipôle LC idéal soit de l'ordre de 7kHz,
- une boîte à décade de résistances.

On l'alimentera par un GBF dont on choisira la fréquence pour pouvoir observer l'intégralité du régime transitoire à chaque alternance du créneau.

On choisira les branchements pour pouvoir observer simultanément à l'oscilloscope la tension aux bornes du GBF et celle aux bornes du condensateur, en veillant à éviter les boucles de masse.

### I.3 Observation des différents régimes transitoires

#### Manipulations :

- Mesurer la valeur de la fréquence propre  $f_0$  du dipôle en choisissant une valeur de  $R$  permettant de l'observer.
- Estimer expérimentalement la résistance  $R_c$ , définie comme celle pour laquelle le régime transitoire est « le plus court ».
- Observer et décrire quantitativement d'éventuelles « anomalies » sur la tension aux bornes du générateur. Se produisent-elles pour les valeurs de  $R$  faibles ou élevées ? Interpréter.

#### Questions :

Comparer les valeurs de  $R_c$  et  $f_0$  mesurées à leurs valeurs attendues.

### I.4 Étude du régime pseudo-périodique

#### Manipulations :

Pour  $R = 1,00 \text{ k}\Omega$  et  $R = 2,00 \cdot 10^2 \Omega$ , mesurer :

- la pseudo-période  $T = 1/f_0$ ,
- le décrement logarithmique  $\delta$ ,
- la constante de temps de la décroissance exponentielle  $\tau_{RLC}$ .

#### Questions :

- Vérifier l'accord des valeurs de  $Q$  déduites d'une part de  $\delta$  et d'autre part de  $\tau_{RLC}$ . Le facteur de qualité est-il suffisamment élevé pour pouvoir simplifier la pseudo-période en  $2\pi/\omega_0$  ?
- Comparer les valeurs de  $T$  et  $Q$  aux valeurs attendues. Quels autres paramètres que  $R, L$  et  $C$  doit-on prendre en compte pour retrouver l'accord ?
- Quel facteur de qualité maximal pourra-t-on atteindre avec ce circuit ?

## II Étude du circuit « bouchon »

### II.1 RLC parallèle

On étudie désormais le circuit RLC parallèle ci-dessous, nommé « circuit bouchon ». Reprendre l'étude du régime pseudo-périodique et mesurer la valeur du plus grand facteur de qualité réalisable quand on fait varier la valeur de la résistance.

#### Questions :

- Établir les équations différentielles vérifiées par la tension aux bornes du condensateur dans le circuit bouchon et dans le circuit RLC série. En déduire par analogie que l'expression du facteur de qualité du circuit bouchon est  $Q_b = R\sqrt{C/L}$ . Quelle serait sa limite pour  $R \rightarrow \infty$  ?
- Quelle autre résistance doit-on considérer pour retrouver la valeur maximale du facteur de qualité observée.



