

## TP 2-3

## Oscillateur - Circuit RLC

## I. REGIMES TRANSITOIRES

## 1. Rappel

On rappelle qu'un circuit RLC série se comporte comme un oscillateur harmonique amorti. Dans le cas d'un oscillateur en série avec un générateur de tension continue  $E$ , la charge du condensateur est solution de l'équation :

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q_0} \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = \frac{E}{L}$$

avec

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ (pulsation propre de l'oscillateur)}, \quad Q_0 = \frac{L\omega_0}{R} \text{ (facteur de qualité de l'oscillateur)}.$$

**Démontrer ce résultat sur vos comptes-rendus.**

Les différents types de solution sont essentiellement influencés par le rapport entre le temps d'amortissement du système ( $RC$  ou  $L/R$ ) et l'échelle de temps caractéristique des oscillations :  $1/\omega_0$ .

Mathématiquement, on trouve que :

Si  $Q_0 < \frac{1}{2}$ , on a un régime aperiodique.

Si  $Q_0 = \frac{1}{2}$ , on est en régime critique

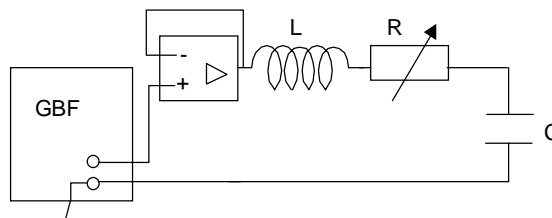
Si  $Q_0 > \frac{1}{2}$ , on a un régime pseudo- périodique, caractérisé par :

$$\text{Une pseudo période, } T = \frac{2\pi}{\Omega} = \frac{2\pi}{\omega_0 \sqrt{1 - 1/4Q_0^2}}$$

$$\text{Une amplitude décroissante, de décrement logarithmique : } \delta = \frac{\pi}{Q_0 \sqrt{1 - 1/4Q_0^2}}$$

## 2. Visualisation des différents régimes à l'oscilloscope

Réaliser le montage :



Avec  $C = 100\text{nF}$ ,  $L = 100\text{mH}$ . Comme résistance variable, on prendra une boîte de résistances.

**A quoi sert le montage suiveur en entrée?**

**Manip 1 :** Prendre  $R = 1000 \Omega$ , et régler le GBF pour délivrer une tension crête à crête entre 0 et 5 Volts, avec une fréquence voisine de 1 kHz. Visualiser la tension aux bornes de la capacité à l'oscilloscope, ainsi que la tension d'entrée. **Interpréter la courbe observée.**

Faire varier ensuite la résistance et observer le changement de régime quand la résistance augmente. **Evaluer la résistance correspondant au régime critique. Cette détermination est-elle précise ? Comparer à la valeur théorique.**

## II. ETUDE AUTOMATISEE DE LA REPOSE FREQUENTIELLE

On étudie maintenant la réponse fréquentielle du circuit RLC. Nous allons utiliser des méthodes de variation automatique de la fréquence.

### 1. Rappels théoriques

On considère un circuit RLC série excité en régime sinusoïdal par un générateur de tension délivrant un signal d'amplitude  $U$  et de fréquence  $\nu$ .

#### a) Résonance de charge

##### (i) Amplitude

La tension aux bornes de la capacité a une amplitude :

$$U_c = \frac{U}{\sqrt{(1-x^2)^2 + x^2/Q_0^2}}, \text{ avec } x = \nu/\nu_0.$$

Pour les facteurs de qualité suffisamment élevés ( $Q_0 > \frac{1}{\sqrt{2}}$ ), la tension aux bornes du condensateur présente un

maximum d'amplitude à la fréquence  $\nu_r = \nu_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q_0^2}}$ . La largeur de la courbe de résonance est inversement

proportionnelle à  $Q_0$ , alors que la tension maximale est  $U_{\max} = \frac{Q_0 U}{\sqrt{1 - 1/4Q_0^2}}$

Pour les facteurs de qualité faibles, il n'y a pas de résonance: l'amplitude de la tension décroît régulièrement avec la fréquence.

##### (ii) Phase

La phase de la tension aux bornes du condensateur relativement à celle du GBF est telle que :

$$\cos \varphi = \frac{1-x^2}{\sqrt{(1-x^2)^2 + x^2/Q_0^2}}, \quad \sin \varphi = \frac{-x/Q_0}{\sqrt{(1-x^2)^2 + x^2/Q_0^2}}.$$

Elle vaut  $-\pi/2$  (quadrature retard) à la fréquence propre.

#### b) Résonance de courant

##### (i) Amplitude

On a dans le circuit un courant d'amplitude  $I = \frac{U}{R\sqrt{1+Q_0^2(x-1/x)^2}}$ . Il présente toujours une résonance à une fréquence exactement égale à  $\nu_0$ .

La largeur de la courbe de résonance à  $1/\sqrt{2}$  ou bande passante est  $\Delta\nu = \frac{\nu_0}{Q_0}$ .

## (ii) Phase

La phase du courant par rapport à la tension du générateur est :

$$\phi = \text{Arctg} -Q_0 (x - 1/x)$$

Elle est nulle à la fréquence propre du générateur.

## 2. Wobulation

Les GBF permettent de délivrer un signal dont la fréquence varie, en rampe, entre 2 valeurs  $f_{\min}$  et  $f_{\max}$  : c'est la wobulation.

Les détails d'utilisation varient d'un GBF à l'autre, mais le principe d'une manip de wobulation est toujours le même :

1. Choisir le calibre de fréquence , qui va déterminer le domaine de fréquence utilisé
2. Régler la fréquence minimum : c'est généralement la fréquence à laquelle le GBF est réglée en fonctionnement standard
3. Régler la fréquence maximum : il y a un bouton prévu à cet effet
4. Lancer la wobulation (mode sweep en anglais)
5. Régler le temps de montée de la rampe.

De plus, les GBF permettent de récupérer un signal électrique proportionnel à la fréquence du signal délivré. Ce signal est disponible sur la sortie « Sweep-Out », en face arrière. Nous l'appellerons « tension de balayage ».

**Manip 2 :** Utiliser votre GBF pour générer une fréquence entre 300 Hz et 20 kHz, avec un temps de balayage de l'ordre de la seconde. Visualiser directement à l'oscilloscope le signal délivré et la tension de balayage.

## 3. Courbes de réponses à l'oscilloscope

Utiliser le montage précédent, avec  $C = 100\text{nF}$ ,  $L = 100\text{mH}$ ,  $R = 300\Omega$ , en arrangeant les composants de façon à pouvoir étudier la tension aux bornes de la résistance. Régler l'amplitude du GBF à une tension de l'ordre de 1 V.

**Manip 3 :** Visualiser à l'oscilloscope la tension aux bornes de la résistance, pour une fréquence voisine de 1 kHz. **Déterminer la fréquence de résonance**, en examinant l'amplitude puis le déphasage du signal par rapport à celui du GBF. On pourra utiliser l'oscilloscope en XY.

En utilisant la wobulation interne, pour une fréquence entre 300 et 20 kHz (approximativement). Représenter l'enveloppe de la courbe de résonance à l'écran en utilisant l'oscilloscope en mode XY avec, en X la tension de balayage et en Y la tension aux bornes de la résistance. On choisira une fréquence de balayage adéquate

**Reproduisez la figure obtenue dans vos comptes-rendus et commenter. Discuter le choix de la fréquence de balayage optimale.**

**Faire varier la résistance et interpréter les variations de la courbe de résonance expérimentale.**

## III. SIMULATION AVEC P-SPICE

**8 postes**

Boîte de résistances variables (de  $100\Omega$  à  $1M\Omega$ )

Condensateur de 100 nF

Self de 100 mH

A.Op TL081

Une alimentation symétrique 15V

Un GBF Metrix

Un oscilloscope à mémoire Metrix

Merci