

- Objectifs :**
- Observer le comportement d'un circuit RLC série alimenté par une tension sinusoïdale.
  - Mettre en évidence la résonance en tension aux bornes du condensateur.
  - Souligner les analogies électromécaniques.

## 1. INTRODUCTION THÉORIQUE

### 1.1. Oscillations mécaniques, rappel

La solution permanente à des oscillations forcées de pulsation  $\omega$  est une élévation de la forme :

$$x(t) = x_0 + X_m \cos(\omega t + \varphi) \text{ avec } x_0 = x_{eq} \text{ et } X_m = |\underline{X}_m|, \underline{X}_m \text{ désignant l'amplitude complexe : } \underline{X}_m = \frac{\Gamma_m}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2j\xi\omega_0\omega}$$

On note ici  $\Gamma_m = \frac{F_m}{m}$ ,  $F_m$  désignant l'amplitude de la force excitatrice.

Le phénomène de résonance d'amplitude peut s'observer si  $\xi < \frac{1}{\sqrt{2}}$ , la pulsation de résonance valant :  $\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - 2\xi^2}$

Pour  $\xi \ll 1$ ,  $\omega_r \approx \omega_0$ , on définit la largeur de bande  $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$  définie par :  $\omega_1 < \omega < \omega_2 \Rightarrow X_m \geq \frac{X_{m,max}}{\sqrt{2}}$

On montre alors que  $\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = 2\xi = \frac{1}{Q}$

### 1.2. Analogies électromécaniques

grandeur mécanique	grandeur électrique
élévation $x$	charge $q$ aux bornes du condensateur ( $q = Cu_C$ )
masse $m$	inductance propre $L$
coefficient de frottement $\lambda$	résistance $R$
raideur $k$	inverse de la capacité $1/C$
vitesse $v$	intensité $i$
force d'amplitude $F_m$	tension d'amplitude $E_m$
période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

### 1.3. Dipôle RLC série

Le circuit RLC série considéré sera alimenté par une tension  $e(t) = E_m \cos(\omega t)$

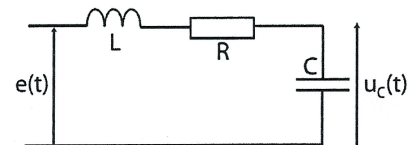
(voir schéma ci-contre).

$E_m = E\sqrt{2}$  désigne l'amplitude alors que  $E$  désigne la valeur efficace.

Dans ces conditions, la tension mesurée aux bornes du condensateur vaut :

$$u_c(t) = U_{cm} \cos(\omega t + \varphi)$$

On a une amplitude complexe de la forme  $\underline{U}_{cm} = \frac{E_m}{(1 - \alpha^2) + j\frac{\alpha}{Q}}$   $\alpha$  désignant la pulsation (ou la fréquence) réduite  $\alpha = \frac{\omega}{\omega_0}$

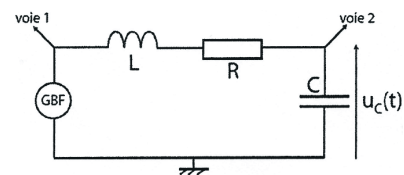


- Expliquer cette relation, uniquement à partir des résultats de mécanique et des analogies électromécaniques.
- Sachant que dans le cas des oscillations mécaniques d'un ressort on obtient  $\xi = \frac{\lambda}{2\sqrt{mk}}$ , retrouver l'expression du facteur de qualité du circuit RLC  $\left(Q = \frac{L\omega_0}{R}\right)$  à partir des analogies électromécaniques.

## 2. RÉSONANCE EN TENSION AUX BORNES DU CONDENSATEUR

### 2.1. Montage

- L'inductance valant 100 mH (pastilles roses) ou 160 mH (pastilles oranges), fixer la valeur de la capacité du condensateur à 1,5 nF. Vérifier au besoin la valeur de  $L$  avec le "LCR-mètre".
- Régler le GBF pour qu'il délivre une tension sinusoïdale d'amplitude 2,0 V et de valeur moyenne nulle.  $\Delta$  Ne pas oublier d'appuyer sur **OUTPUT**.
- $\Delta$  Lecture de fréquence : « . » = virgule, et « , » = séparateur de milliers.
- La résistance  $R$  prendra successivement deux valeurs :  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $R = 33 \text{ k}\Omega$ .



### 2.2. Tracé de $U_{Cm}$ en fonction de la fréquence

#### a) lecture des tensions

- Sur l'oscilloscope, appuyer sur **MEASURE** et choisir d'afficher CH1 ( $V_{CC}$  ...) CH2...
- $\Delta$  La courbe doit être entièrement dans l'écran pour que la mesure soit correcte.
- Vous pouvez également contrôler les tensions à l'aide du multimètre,  $\Delta$  cependant aux limitations dues à sa BP.

#### b) mesures et tracés

- En utilisant la résistance de 1,0 k $\Omega$ , mesurer les valeurs de  $U_{Cm}$  pour des fréquences variant de 1,0 kHz à 20,0 kHz. Veillez à ce que l'amplitude de la tension d'alimentation reste égale à 2,0 V ( $V_{CC} = 4,0 \text{ V}$  - crête à crête - on réajustera si nécessaire).
- Recommencer l'opération avec la résistance de  $R = 33 \text{ k}\Omega$ .
- Tracer les deux graphes des fonctions  $U_{Cm}(f)$  à l'aide de LatisPro ou d'Excel. Faire varier la fréquence par pas de 1 kHz, sauf  $\Delta$  au voisinage de la résonance (pas de 0,1 kHz)
- Dans chaque cas, y a-t-il résonance en tension ? Évaluer la valeur du facteur de qualité  $Q$  dans les deux situations et justifier l'existence ou non de la résonance.

#### c) étude de la résonance

Pour la courbe présentant une résonance en tension :

- Déterminer graphiquement la pulsation de résonance (la faire apparaître sur le graphique) et comparer avec la valeur théorique attendue. Commenter le résultat.
- Déterminer graphiquement la bande passante (la faire apparaître sur le graphique) et en déduire le facteur de qualité. Comparer avec la valeur théorique attendue.

#### Matériel (par poste) :

- GBF (générateur basses fréquences)
- Voltmètre *Metrix* bleu (MX24B)
- Oscilloscope numérique
- Boîte de condensateurs variables, petite self de 100 ou 160 mH, boîte de résistances variables
- Connecteur coaxial en T
- Ordinateur + Excel