TP : OSCILLATIONS FORCÉES DANS UN CIRCUIT RLC

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 ω est une élongation de la forme :

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

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

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

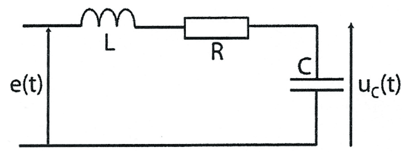
Pour $\xi \ll 1$, $\omega_r \approx \omega_0$, on définit la largeur de bande $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ définie par : $\omega_1 < \omega < \omega_2 \Rightarrow X_m \geqslant \dfrac{X_{m,\max}}{\sqrt{2}}$

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

1.2. Analogies électromécaniques

grandeur mécanique	***grandeur électrique***
élongation x	charge q aux bornes du condensateur ($q = Cu_C$)
masse m	inductance propre L
coefficient de frottement λ	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 $T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$	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 :

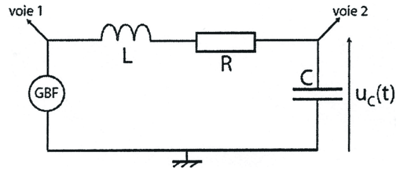
$u_C(t) = U_{Cm}\cos(\omega t + \varphi)$

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

- 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 $\xi = \dfrac{\lambda}{2\sqrt{mk}}$, retrouver l'expression du facteur de qualité du circuit RLC $\left(Q = \dfrac{L\omega_0}{R}\right)$ à partir des analogies électromécaniques.

2. RÉSONANCE EN TENSION AUX BORNES DU CONDENSATEUR

2.1. Montage



- L'inductance valant $L \approx 0{,}1$ H, fixer la valeur de la capacité du condensateur à $1{,}5$ nF.
- Régler le GBF pour qu'il délivre une tension sinusoïdale d'amplitude $2{,}0$ V et de valeur moyenne nulle.
- La résistance R prendra successivement deux valeurs : $R = 1{,}0$ kΩ et $R = 33$ kΩ.

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

a) <u>lecture des tensions</u>

- Sur l'oscilloscope, appuyer sur MEASURE et choisir d'afficher CH1 (V_{CC} …) CH2…
- ⚠ 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, ⚠ cependant aux limitations dues à sa BP.

b) <u>mesures et tracés</u>

- En utilisant la résistance de $1{,}0$ kΩ, 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 ($V_{CC} = 4{,}0$ V – crête à crête – on réajustera si nécessaire).
- Recommencer l'opération avec la résistance de $R = 33$ kΩ.
- 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 ⚠ 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) <u>étude de la résonance</u>

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
- Voltmètre *Metrix* bleu (MX24B)
- Oscilloscope numérique
- Boîte de condensateurs variables, petite self de 100 mH, boîte de résistances variables
- Connecteur coaxial en T
- Ordinateur + LatisPro