

TP 13 : Résonance du circuit RLC série

Les points du programme :

- Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un système linéaire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.

Objectifs

- Etudier expérimentalement le circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé ;
- Visualiser la résonance en intensité pour ce circuit ;
- Déterminer les paramètres de ce circuit (ω_0 et Q) à partir de la courbe $I = f(\omega)$.

Matériel : Oscilloscope, Générateur Basses Fréquences, bobine d'inductance $L = 100$ mH, condensateur de capacité $C = 47$ nF, résistance $R = 100$ Ω , plaquette, fils.

1. Etude théorique

On étudie la réponse en intensité du circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé. Le circuit étudié est donc constitué d'un générateur de tension, d'une bobine, d'une résistance et d'un condensateur, le tout en série.

Nous prenons en compte ici la résistance R , la résistance interne $r_g = 50$ Ω du générateur et la résistance r de la bobine. Le circuit possède donc une résistance totale $R_{tot} = R + r_g + r$.

La tension d'entrée est du type $e(t) = E_0 \cos(\omega \cdot t)$. On étudie le courant $i(t)$.

Q1. Sous quelle forme le courant peut-il s'écrire ? Écrire les grandeurs complexes associées à $e(t)$ et à $i(t)$, et les amplitudes complexes associées.

Q2. Donner l'expression de la pulsation propre ω_0 du circuit et du facteur de qualité Q en fonction de R_{tot} , L et C .

Q3. Donner les expressions théoriques obtenues en cours de l'amplitude complexe I_0 du courant, de son amplitude I_0 , et de sa phase à l'origine φ , en fonction de la pulsation réduite $x = \omega/\omega_0$.

Mesurer la résistance r de la bobine à l'ohmmètre.

Q4. Faire l'application numérique pour R_{tot} , ω_0 et Q . Il s'agira donc des valeurs théoriques.

Q5. A quelle fréquence f_r doit théoriquement avoir lieu la résonance en intensité ? Faire l'application numérique.

Les valeurs de C et L sont connues avec une incertitude-type relative de 10 %. Il en résulte une incertitude-type sur la valeur théorique de f_0 :

$$u(f_0) = f_0 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(C)}{2C}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{2L}\right)^2} = 1,7 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

(calcul à vérifier à la fin du TP si vous avez le temps).

L'incertitude sur Q est plus élevée, car R_{tot} n'est pas connue précisément à cause de la résistance de la bobine qui dépend de la fréquence. On ne la calcule pas.

2. Étude expérimentale

Montage :

Q6. Proposer un montage (= schéma où apparaissent les branchements de l'oscilloscope) permettant de suivre à l'oscilloscope la tension d'alimentation $e(t)$ et une grandeur proportionnelle à l'intensité (préciser laquelle). Attention aux problèmes de masse (ordre des composants).

Réaliser ce montage après accord de l'enseignant.

Étude qualitative :

- Effectuer un balayage grossier en fréquence afin de repérer si oui ou non le système présente une résonance. Pour cela on observera l'amplitude du GBF sur la voie 1, et celle de $u_R(t)$ sur la voie 2, en commençant à des fréquences basses (vers 100 Hz) et en augmentant progressivement la fréquence (jusqu'à environ 20 kHz).
- Notez vos observations : faire un schéma du relevé de l'oscilloscope à basse fréquence, pour f proche de la résonance, et à haute fréquence.
- On notera également le déphasage entre les courbes : comment les courbes sont-elles déphasées à basse fréquence, à la résonance, et à haute fréquence ?

Fréquence de résonance :

Q7. Rappeler ce que vaut, théoriquement, le déphasage à la résonance dans le cas étudié.

En utilisant la méthode de Lissajous (ci-dessous), déterminer expérimentalement la fréquence de résonance.

Q8. Comparer avec la valeur théorique à l'aide du calcul de l'écart normalisé, et conclure.

Méthode : Méthode de Lissajous

Un moyen précis de **repérer un déphasage nul** entre deux signaux harmoniques de même fréquence est d'utiliser l'oscilloscope en mode XY.

Ce mode XY permet de tracer le signal de la voie CH2 en fonction du signal de la voie CH1. Il est activable à l'aide du bouton "menu" du groupe "horizontal".

- Le déphasage est nul lorsque la courbe tracée en XY est réduite à un segment.
- Le déphasage est de $\pm \pi$ lorsque la courbe tracée en XY est réduite à un segment, mais avec une pente négative.

Tracé de la courbe de résonance :

Mesurer l'amplitude du courant pour une dizaine de valeurs de fréquences :

f (en Hz)	200	1000	1600	2000	2200	$f_0 = \dots$	2400	2600	3000	4000	6000
U_R (en V)											

Tracer cette amplitude en fonction de la fréquence (utiliser le quadrillage au verso).

Bande passante :

- Sur votre courbe, faire apparaître les fréquences de coupures, la bande passante, et en déduire la valeur du facteur de qualité Q .
- Comparer à la valeur théorique.

Méthode : Détermination graphique des caractéristiques (résonance en intensité)

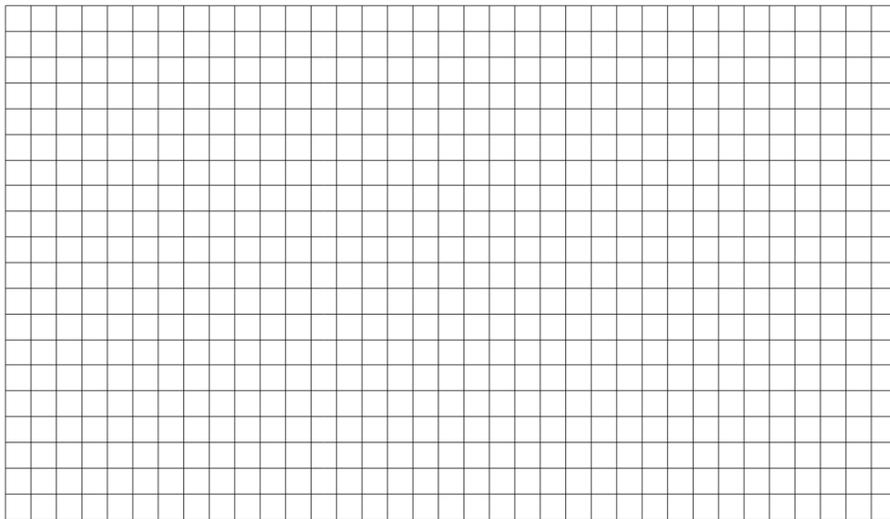
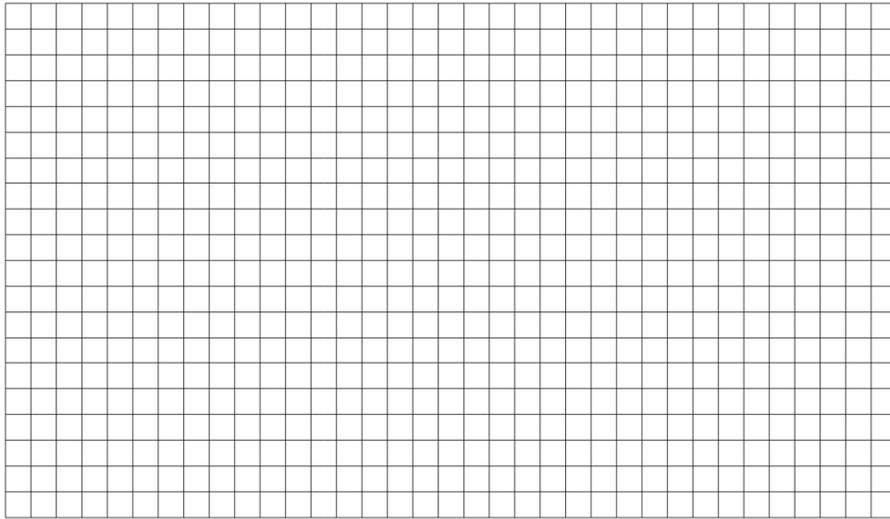
1. Sur la **courbe de phase**, repérer la pulsation (ou la fréquence) pour laquelle le déphasage vaut 0 → elle correspond à la **pulsation propre** ω_0 (ou **fréquence propre**) du circuit.

1. (alternative) Sur la **courbe de l'amplitude**, repérer la pulsation (ou la fréquence) pour laquelle l'amplitude est maximale (résonance) → elle correspond à la **pulsation propre** ω_0 (ou fréquence) du circuit.

2. Sur la **courbe de l'amplitude**, déterminer l'acuité de la résonance en utilisant la pulsation propre déterminée précédemment. Sa valeur est égale au **facteur de qualité** Q .

Pour les plus rapides : Etude du déphasage

- S'il vous reste du temps, mesurer cette fois le déphasage $\Delta\phi$ entre courant et tension d'entrée pour une dizaine de valeurs de fréquence (les mêmes que précédemment). Tracer ensuite le graphe du déphasage $\Delta\phi$ entre $i(t)$ et $e(t)$ en fonction de la fréquence f .



Notice très simplifiée de l'oscilloscope

1. Faire le câblage et mettre sous tension l'oscilloscope.
2. Appuyer sur la touche AUTOSET pour visualiser les signaux (réglage automatique mais non optimisé des calibres et des références).
3. Régler les références 0V des voies 1 et 2 (abscisses des axes) (les références 0V sont repérées par un « 1 » ou un « 2 » à gauche de l'écran).
4. Régler les calibres en tension (VOLTS/div) des voies 1 et 2 ainsi que la base de temps (SEC/DIV) afin d'optimiser les signaux en hauteur et en largeur (les signaux doivent être les plus grands possibles pour avoir plus de précision sur les mesures).
5. Faire les mesures à l'aide des curseurs (touche « curseur », sélectionner les curseurs en mode amplitude ou temps, sélectionner le curseur 1 et déplacer le curseur à l'endroit désiré, sélectionner le curseur 2 et positionner le curseur, la mesure s'affiche sur la partie droite de l'écran (mesures de Δt ou ΔU).

