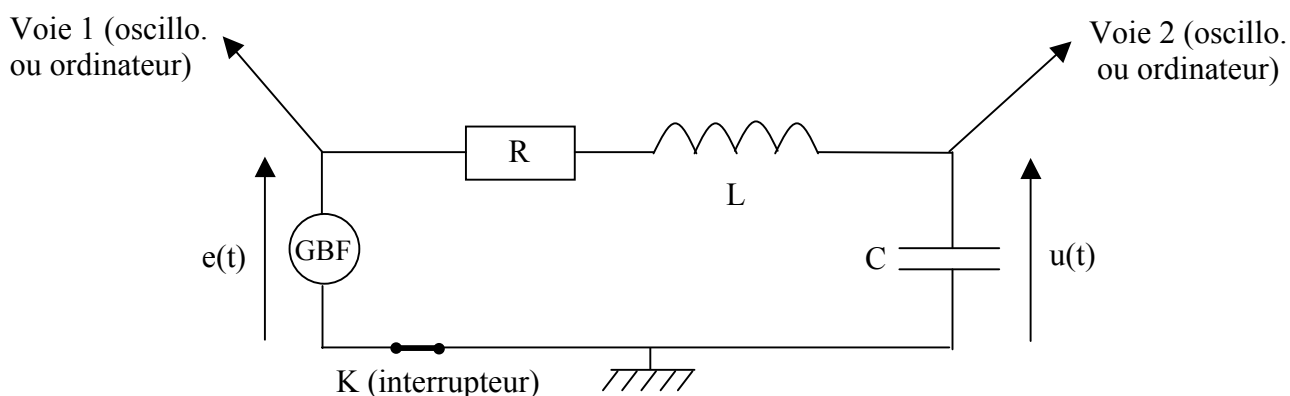


TP de Physique n°12 : Circuit R-L-C en régime sinusoïdal forcé

Objectifs :

- Visualiser le passage du régime transitoire au régime sinusoïdal forcé.
- Observer expérimentalement le phénomène de résonance, et tracer la courbe de résonance (en tension).
- Apprendre à mesurer le déphasage entre deux signaux sinusoïdaux.
- Tracer expérimentalement le diagramme de Bode d'un filtre passe bas.

I Régime transitoire et établissement du régime sinusoïdal forcé :



Réaliser le circuit RLC ci-dessus, où la source est le GBF, qui délivre une tension sinusoïdale d'amplitude 6 V et de fréquence $f = 1500$ Hz. Vous utiliserez une résistance $R = 50 \Omega$, une bobine d'inductance $L = 0,1$ H et un condensateur de capacité $C = 1,0$ nF. Dans un premier temps, vous pouvez ne visualiser que la voie 2 de l'oscilloscope (qui correspond à la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur).

Remarque : Le G.B.F a une résistance interne de 50Ω et la bobine une résistance interne de 30Ω environ, la résistance totale du circuit est donc d'environ 130Ω .

Dans cette première partie on souhaite visualiser le régime transitoire qui a lieu avant que le régime sinusoïdal forcé ne s'établisse. Pour cela, ouvrez l'interrupteur K (il suffit de débrancher un fil du circuit) et réglez l'oscilloscope en mode « single » (en utilisant la voie 2 comme signal de déclenchement). Fermez ensuite l'interrupteur et observez ainsi sur l'oscilloscope comment varie la tension $u(t)$ au démarrage.

Observez le régime transitoire et le régime sinusoïdal forcé :

- combien de temps dure (approximativement) le régime transitoire ?
- de quel type de régime transitoire s'agit-il ? (pseudo-périodique, critique, apériodique ?) Est-ce normal compte tenu des valeurs des différents composants ?
- vérifiez qu'une fois que le régime sinusoïdal forcé est établi, la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur est sinusoïdale et de même fréquence que celle de la source (vous pouvez utiliser les curseurs de l'oscilloscope).

Vous enregistrerez cette courbe sur une clé USB et la joindrez à votre compte-rendu (si vous n'avez pas de clé USB, vous pouvez faire une acquisition directement à l'ordinateur à l'aide du logiciel Latis Pro).

II Résonance en tension : tracé de la courbe de résonance :

Pour cette partie, vous choisirez les valeurs de R et de C de façon à ce que votre circuit RLC ait une fréquence propre $f_0 = 5,0 \text{ kHz}$ et un facteur de qualité $Q = 5$ (attention : pour le calcul de R, tenez compte des résistances internes du

GBF et de la bobine). On rappelle que pour un circuit RLC série $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ et $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$.

Réglez le GBF pour que son amplitude soit de 2V. Observez maintenant $e(t)$ et $u(t)$ simultanément à l'oscilloscope (sur la voie 1 et la voie 2 respectivement).

À l'aide du bouton rotatif, faites varier la fréquence du GBF entre 1 kHz et 10 kHz, tout en visualisant les tensions $u(t)$ et $e(t)$ à l'oscilloscope. Décrivez vos observations : y a-t-il un phénomène de résonance ? à quelle fréquence ? est-ce en accord avec ce que l'on a vu en cours ?

Courbe de résonance expérimentale :

On cherche maintenant à tracer expérimentalement la courbe de résonance en tension du circuit RLC (de façon à la comparer à la courbe théorique que l'on a vue en cours).

Pour cela, vous allez relever, à différentes fréquences (prenez par exemple tous les 500 Hz entre 500 Hz et 10 000 Hz), l'amplitude U de la tension $u(t)$ aux bornes du condensateur (vous pouvez utiliser la mesure automatique d'amplitude sur l'oscilloscope, en vous souvenant que l'oscilloscope donne en fait la valeur crête à crête, qui est égale au double de l'amplitude).

À l'aide d'un tableur (Excel ou Regressi), tracez alors la courbe représentant l'amplitude U en fonction de la fréquence f de la source (vous joindrez cette courbe à votre compte rendu).

- L'allure de cette courbe est-elle conforme à la celle de la courbe théorique que nous avons vue en cours ?

- Quelle est la valeur précise de la fréquence de résonance ? D'après le cours, la résonance en tension a lieu à la pulsation $\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$, donc à la fréquence $f_r = f_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$. Y a-t-il accord avec votre valeur expérimentale ?

- Quelle est la largeur Δf de la bande passante (à -3 dB) ? (on rappelle que la « bande passante » est l'ensemble des fréquences f telles que $U(f) \geq \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$).

Retrouve-t-on le résultat classique qui relie le facteur de qualité à la largeur de la bande passante : $Q \approx \frac{f_0}{\Delta f}$?

Courbe de résonance théorique :

À l'aide d'un diviseur de tension (en utilisant la notion d'impédance complexe), déterminez l'expression théorique de l'amplitude U de la tension aux bornes du condensateur en fonction de l'amplitude E délivrée par la source, de la pulsation ω de la source, ainsi que de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q du circuit.

Utilisez cette expression pour tracer sur Excel ou Régressi la courbe de résonance théorique (toujours en allant de 500 Hz à 10 000 Hz par pas de 500 Hz). Si possible, superposez la courbe expérimentale et la courbe théorique.

III Tracé du diagramme de Bode :

Un circuit RLC où la sortie est aux bornes du condensateur peut-être vu comme un filtre passe-bas, c'est à dire un circuit électronique qui laisse passer les basses fréquences mais coupe les fréquences élevées.

On va voir en cours qu'un filtre électronique est caractérisé graphiquement par son « diagramme de Bode », qui est constitué de deux courbes :

- une courbe représentant le gain en décibels $G_{dB} = 20 \log\left(\frac{U}{E}\right)$ en fonction de $\log(f)$ (logarithme de la fréquence)
- une courbe représentant le déphasage entre $u(t)$ et $e(t)$: $\varphi = \varphi_u - \varphi_e$ en fonction de $\log(f)$.

Pour cela, on va relever, à différentes fréquences (entre 500 Hz et 50 kHz), les amplitudes E et U des tensions aux bornes de la source et du condensateur, ainsi que le déphasage φ entre $u(t)$ et $e(t)$: $\varphi = \varphi_u - \varphi_e$.

- Le déphasage peut être mesuré à l'oscilloscope, soit en utilisant les curseurs, soit en faisant une mesure automatique. Vérifiez que vous êtes capables de faire les deux, et que vous obtenez la même valeur par les différentes méthodes (ensuite, choisissez la méthode que vous préférez).

- De même pour les amplitudes, vous pouvez utiliser les curseurs ou faire une mesure automatique.

Rem : L'amplitude E de la tension aux bornes du GBF devrait être toujours à peu près la même (puisque le GBF est réglé pour délivrer une tension d'amplitude 2V et que vous ne modifierez pas ce réglage). Cependant, comme le GBF n'est pas une source idéale (il a une résistance interne), la tension à ses bornes dépend légèrement de l'intensité qui le traverse, et il est donc possible que E diminue légèrement, notamment au voisinage de la résonance.

Complétez alors sur Excel le tableau suivant :

Fréquence f (Hz)	E (V)	U (V)	G _{dB}	φ (en °)
500				
1000				
2000				
4000				
5000				
6000				
8000				
16000				
32000				
50000				

Tracez ensuite le diagramme de Bode, qui est constitué de deux courbes (gain en décibels et phase).

Remarque : En électronique, on appelle « décade » un intervalle de fréquences $[f_1, f_2]$ tel que $f_2 = 10f_1$. On a donc ici tracé le diagramme de Bode sur deux décades (la décade [500 Hz, 5000 Hz] et la décade [5000 Hz, 50 000 Hz]).

Vérifiez qu'à haute fréquence (c'est à dire pour des fréquences grandes devant la fréquence propre f_0 du circuit), le diagramme de Bode admet une droite asymptote de pente -40 dB/décade, ce qui est un résultat classique pour les filtres passe-bas d'ordre 2.