

**BUT du TP :**

- Tracer et exploiter un diagramme de Bode
- Etudier le phénomène de résonance

**I. Etude d'un premier filtre****1) Préparation**

On étudie le filtre ci-contre.

**QP1** Par une analyse qualitative, préciser la nature de ce filtre.

**QP2** Donner l'expression de la fonction de transfert de ce filtre. On précisera la valeur de la fréquence de coupure  $f_c$ . Donner les expressions du gain en décibel et de la phase. On précisera la valeur du gain et du déphasage à la fréquence de coupure.

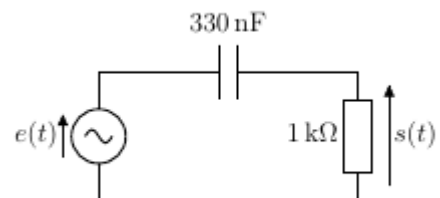


Figure 1

**QP3** Tracer le diagramme de Bode théorique de ce filtre en gain et en phase à l'aide d'un tableur, privilégier Libreoffice si possible. Justifier le tracé des asymptotes et indiquer les sur le diagramme. Vous préciserez le choix de la plage de fréquences pour ce tracé.

*Imprimer ce graphe pour votre préparation et enregistrer-le sur votre bureau de votre session INSA. Vous en aurez besoin pendant le TP.*

**2) Manipulation**

Pour le signal d'entrée, prendre une fréquence  $f=10 \text{ Hz}$  et une amplitude de votre choix.

**QM1** Observer  $e(t)$  et  $s(t)$  à l'oscilloscope. Décrire les variations de l'amplitude de  $s(t)$  quand  $f$  augmente. Le montage fonctionne-t-il correctement ? Trouver la fréquence de coupure du montage. Estimer l'incertitude sur cette mesure.

**QM2** Ouvrir avec Libreoffice le document créé en QP3. Ajouter des colonnes pour les quantités mesurées : fréquence, amplitude de  $e(t)$   $E_{max}$ , amplitude de  $s(t)$   $S_{max}$  et déphasage de  $s(t)$  par rapport à  $e(t)$ . Pour plusieurs valeurs de fréquence, mesurer l'amplitude du signal d'entrée et du signal de sortie ainsi que le déphasage et les reporter dans le tableur. *On fera les mesures en utilisant le menu Mesures de l'oscilloscope.* Tracer le diagramme de Bode en gain et en phase ainsi obtenu. Superposer le diagramme théorique et commenter.

**QM3** Montrer que ce filtre permet d'éliminer la composante continue d'un signal périodique. Vous explicitez votre démarche.

## II. Résonance en courant dans un circuit RLC série

On parle de phénomène de résonance quand, en régime sinusoïdal forcé, une grandeur passe par un maximum pour une certaine valeur de la fréquence excitatrice.

### 1) Préparation

On considère le circuit suivant :

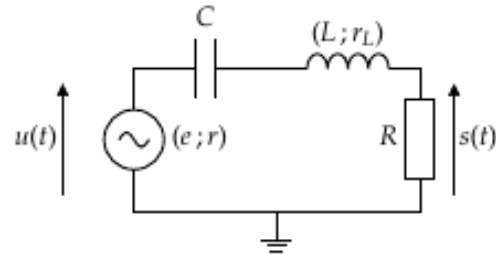


Figure 2

Le GBF, de résistance interne  $r$ , est caractérisé par sa f.é.m.  $e = E \cdot \cos(\omega t)$ .

#### QP4

Montrer que la tension complexe  $\underline{u}$  aux bornes du générateur dépend de sa force électromotrice complexe  $\underline{e}$  du générateur, mais aussi de sa résistance de sortie  $r$  et de l'impédance complexe  $\underline{Z}$  du dipôle RLC.

#### QP5

Afin de corriger ce défaut, on intercale un montage **suiveur** entre le GBF et le dipôle RLC (voir Figure 3). Ce montage utilise un amplificateur opérationnel.

Avec ce montage, les tensions ne dépendent plus de la résistance interne du générateur.

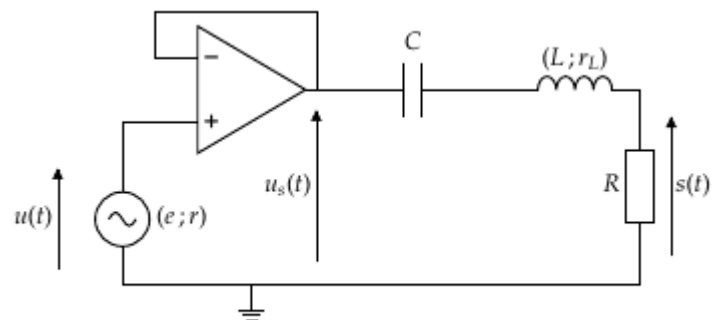


Figure 3

On veut étudier l'intensité  $i$ . Pour cela on observe la tension  $s(t)$  aux bornes de  $R$ , image de  $i$ .

#### QP6

Soit la fonction de transfert  $\underline{H}_1 = \frac{s}{e}$ . Montrer que  $\underline{H}_1 = \frac{R}{(R+r_L) + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}$ .

#### QP7

Cette fonction peut se mettre sous la forme canonique  $\underline{H}_1(jx) = \frac{A_0}{1 + jQ\left(x - \frac{1}{x}\right)}$ . Donner les expressions de  $A_0$ ,  $Q$  et  $x$  en fonction de  $R, r_L, L, C$ , et de la fréquence  $f$ .

On pose  $x = \frac{\omega}{\omega_0}$ . Déterminer l'expression de  $\omega_0$ .

#### QP8

Préciser les limites de la fonction de transfert en 0 et en l'infini. En déduire la nature de ce filtre : passe-bas, passe-haut, passe-bande ou rejeteur de bande (chapitre 5).

**QP9**

Déterminer l'expression du module  $H_1 = |H_1|$ . Montrer que  $H_1$  passe par un maximum  $H_r$  pour une fréquence  $f_r$  qu'on exprimera en fonction de  $f_0$ . Le circuit est alors à la **résonance d'intensité**,  $f_r$  est la **fréquence de résonance**.

**QP10**

Que vaut le déphasage  $\theta_r$  de  $s$  par rapport à  $u$  à la résonance ?

**2) Manipulations**

- Réaliser le montage Figure 3 avec
  - $L = 40 \text{ mH}$
  - $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$
  - $R$  une résistance variable réglée de sorte que  $R + r_L = 800 \text{ }\Omega$
- Régler le générateur sur un signal sinusoïdal de fréquence  $f = 100 \text{ Hz}$  et d'amplitude à votre choix.
- Visualiser à l'oscilloscope en voie 1  $u_s(t)$  et en voie 2  $s(t)$ .

**ATTENTION : Allumer le +/- 10 V de la platine pour alimenter l'amplificateur opérationnel**

**QM4**

Faire varier  $f$  de 100 Hz à 10 kHz en observant les signaux. Décrire les variations de l'amplitude de  $s(t)$  quand  $f$  augmente. Le montage fonctionne-t-il correctement ?

**QM5**

Trouver la fréquence de résonance en intensité  $f_r$  du circuit (on cherchera la fréquence pour laquelle l'amplitude  $S_{max}$  de  $s$  est maximale).

Mesurer le déphasage  $\theta_r$  de  $s$  par rapport à  $e$  à la résonance.

Comparer ces valeurs aux valeurs théoriques grâce aux expressions déterminées en **QP9** et **QP10**.

**QM6**

*On fera pour  $s$  et  $e$ , des mesures d'amplitude crête à crête en utilisant le menu Mesures de l'oscilloscope.*

Choisir une amplitude pour le signal d'entrée, et faire varier sa fréquence de 100 Hz à 10000 Hz. Relever l'amplitude crête à crête du signal d'entrée (voie Y1) ainsi que l'amplitude crête à crête du signal de sortie (voie Y2), ceci pour chaque fréquence. Effectuer une mesure à la résonance, puis 3 mesures de part et d'autre de la fréquence de résonance. Consigner ces valeurs dans les cellules bleues de la feuille tableur (Libre Office).

A l'aide du tableur, calculer le gain de la fonction de transfert. Superposer vos valeurs expérimentales de gain en décibels à la courbe théorique déjà tracée. Conclusion.

Mesurer la largeur  $\Delta f$  de la bande passante à -3 dB. Estimer l'incertitude sur cette mesure.

Comparer à la valeur théorique.

**QM7**

Modifier dans le montage la valeur de la résistance à  $R + r_L = 200 \text{ }\Omega$ . Rechercher :

- la nouvelle fréquence de résonance ;
- les fréquences de coupure ; en déduire la nouvelle bande passante.

On comparera les nouvelles valeurs expérimentales  $f_r$  et  $\Delta f$  à leurs valeurs théoriques ; puis aux valeurs expérimentales obtenues pour 800  $\Omega$ .

Interpréter ces résultats.