

Objectifs :

- Visualiser les résonances en tension et en courant dans un circuit RLC série
- Étudier l'influence du facteur de qualité sur leurs caractéristiques

On produira un schéma électrique pour chaque manipulation décrite. On observera en parallèle le signal excitateur et la réponse étudiée à l'oscilloscope.

Matériel :

- générateur basse-fréquence
- multimètre numérique
- oscilloscope
- logiciel *Oscillo5* et carte d'acquisition *Sysam*

I Multimètre en régime variable

Le multimètre permet de mesurer la valeur efficace d'un signal variable en utilisant les sélecteurs **ACV** (pour la tension) et **ACI** (pour l'intensité). Pour que les mesures soient fiables, la fréquence du signal doit être :

- supérieure à quelques Hz,
- inférieure à quelques dizaines de kHz.

I.1 Valeurs moyennes

Pour un signal $y(t)$ périodique de période T , on définit la valeur moyenne $\langle y \rangle$ $\langle y \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} y(t) dt$ (indépendante de t_0) et la valeur efficace $Y_{\text{eff}} = \sqrt{\langle y^2 \rangle}$. Le multimètre affiche l'une ou l'autre de ces grandeurs suivant les réglages :

continu DCV ou DCI: il affiche $\langle y \rangle$

alternatif ACV + DCV ou ACI + DCI: il affiche Y_{eff} , c'est le mode *TrueRMS*

alternatif ACV ou ACI seul: il affiche la valeur efficace de la composante variable du signal, ie $\sqrt{\langle (y - \langle y \rangle)^2 \rangle}$.

Manipulations :

- produire avec le **GBF** une tension crête $u(t)$ variant entre $-1,0\text{ V}$ et $5,0\text{ V}$ (contrôler à l'oscilloscope).

- mesurer au multimètre les grandeurs $\langle u \rangle$, $\sqrt{\langle u^2 \rangle}$ et $\sqrt{\langle (u - \langle u \rangle)^2 \rangle}$.
- comparer avec les mesures automatiques de l'oscilloscope.

Questions :

- Vérifier que pour toute fonction périodique : $\langle (y - \langle y \rangle)^2 \rangle = \langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2$.
- Quelles sont les valeurs efficaces d'un signal sinusoïdal et d'un créneau variant entre V_{min} et V_{max} . Comparer aux valeurs relevées.
- L'oscilloscope est-il « TrueRMS » ? Qu'indiquera cependant la mesure « V_{rms} » avec le filtre d'entrée AC ?

I.2 Valeur en dB ☺

En mode **dB**, le multimètre compare la valeur efficace U_{eff} du signal à une valeur interne de référence U_{ref} ; il affiche $20 \log U_{\text{eff}}/U_{\text{ref}}$.

Manipulations :

- produire avec le **GBF** (et vérifier avec l'oscilloscope) une tension sinusoïdale de valeur efficace $U_{\text{ref}} = 1,000\text{ V}$,
- passer en mode **dB** et régler la valeur de référence avec le bouton **dBm**
- produire avec le **GBF** (et vérifier avec l'oscilloscope) une tension sinusoïdale de valeur efficace $U_1 = 0,707\text{ V}$. On note U_{dB1} la valeur affichée,
- relever la valeur affichée par le multimètre en mode **dB**.

Questions :

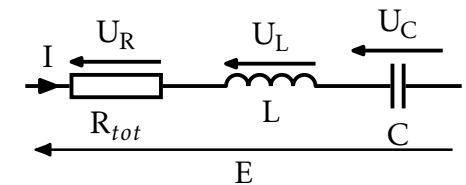
Vérifier qu'on a $U_{\text{dB1}} = 20 \log(U_1/U_{\text{ref}})$.

II Résonances de circuits RLC**II.1 Rappel sur le RLC série**

On considère un dipôle RLC série en régime sinusoïdal établi, sa résistance totale est notée R_{tot} . Rappeler les expressions :

- de la fréquence caractéristique f_0 ,
- du facteur de qualité Q ,

en fonction des caractéristiques des dipôles.



Faire la construction de Fresnel du dipôle, rappeler l'expression de l'impédance \underline{Z} totale du dipôle. Montrer qu'on peut la mettre sous la forme :

$$\underline{Z} = R_{tot} \left(1 + jQ \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) \right)$$

résonance en courant

- Pour quelle valeur de la pulsation l'intensité efficace du courant est-elle maximale ? Exprimer ce maximum en fonction de E et R_{tot} .
- Quelle est alors la phase de la tension E par rapport au courant.
- Déterminer les valeurs f_1 et f_2 pour lesquelles $I = I_{max}/\sqrt{2}$, ie $I_{dB\ max} - I_{dB} = 3dB$ en notant I_{dB} la valeur affichée par l'ampèremètre en mode **dB**. Que vaut alors la phase φ de E par rapport à I .

Retrouver ces résultats par la construction de Fresnel.

résonance en charge

- Pour quelles valeurs de Q la tension efficace aux bornes du condensateur admet-elle un maximum pour $f > 0$? Traduire cette condition par une condition sur la résistance R_{tot} .
- Vérifier que quand il y a résonance, ce maximum vaut :

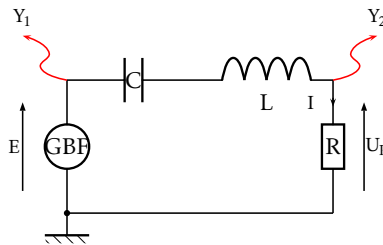
$$U_{Cmax} = \frac{QE}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$$

Justifier qu'on parle alors de surtension.

II.2 Caractéristiques du circuit

Manipulations :

- Mesurer au LCR-mètre les caractéristiques de la bobine et vérifier celles du condensateur.
- Réaliser le circuit ci-contre.
- Déterminer, en mode **XY** la valeur de la fréquence f pour laquelle E et $U_R = Ri$ sont en phase. Mesurer la valeur U_{Rmax} alors atteinte.
- Mesurer les valeurs f_1 et f_2 pour lesquelles $U_R = U_{Rmax}/\sqrt{2}$ (et donc $I = I_{max}/\sqrt{2}$) à l'aide du multimètre en mode **dB** ainsi que la phase φ de E par rapport à I en ces points



Questions :

- Justifier les valeurs de la phase en $f = f_{1,2}$ (fréquences de coupure) en considérant \underline{Z}
- Calculer la finesse $\frac{f_0}{|f_2 - f_1|}$ et comparer à la valeur attendue.
- Quelles résistances doivent être prises en compte pour le calcul de R_{tot} , hormis R ?
- Que doit vérifier R pour que Y_1 représente bien la tension excitatrice du **GBF** (considérer sa résistance interne) ?

II.3 Utilisation du logiciel Oscillo5

Le logiciel Oscillo5 et la carte d'acquisition Sysam permettent de tracer de manière autonome et point par point les courbes de résonance, représentant le module de la fonction de transfert ou son gain en **dB** en fonction de la fréquence du signal excitateur.

Manipulations :

- La sortie analogique **SA1** jouera le rôle du **GBF** : elle produit le signal d'entrée E , aux bornes de l'ensemble du dipôle **RLC**. On devra également brancher cette même sortie analogique sur l'entrée analogique **EAO**.
- La tension en sortie (U_R ou U_C) sera envoyée sur l'entrée analogique **EA1**. La fonction de transfert sera alors le quotient des signaux **EA1** et **EAO**.
- Configurer ensuite les paramètres de **Oscillo5** comme suit :
 - **MODE** : Bode, Gain
 - **FREQUENCE** : Linéaire
 - **ENTREE** : EAO
 - Régler les entrées **EAO** et **EA1** sur **Active**

On règlera le paramètre **DIAGRAMME DU GAIN** sur **dB** ou $|H|$ selon les cas.

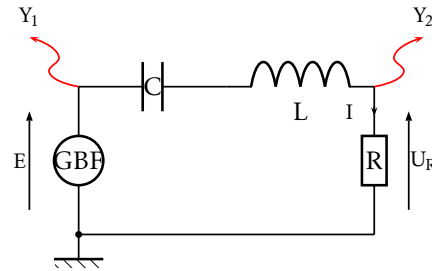
Exploitation :

On superposera (en réglant les paramètres de **EFFACEMENT ACQUISITIONS PRÉCÉDENTES**) les courbes correspondant à différents facteurs de qualité pour un même circuit et on les imprimera en utilisant : **MESURES** *Mémoriser* puis *Exploiter*.

II.4 Résonance en courant

Manipulations :

- Réaliser le montage ci-contre, le GBF sera cette fois-ci la sortie analogique de la carte **Sysam**, les points Y_1 et Y_2 seront connectés à ses entrées analogiques 0 et 1
- Acquérir, à l'aide du logiciel *Oscillos*, les courbes représentant la réponse en courant $|U_R/E|$ en fonction de la fréquence f ($f \in [0; 20]$ kHz) pour $R = 600 \Omega$, $R = 200 \Omega$ et $R = 50 \Omega$.



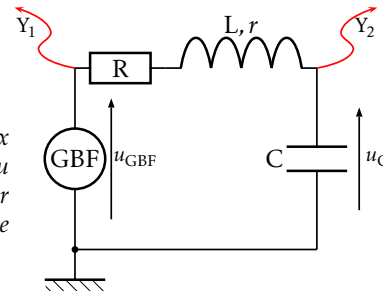
Questions :

- La fréquence de résonance f_0 varie-t-elle avec Q ?
- Relever, en utilisant le mode **dB**, les fréquences f_1 et f_2 de coupure, ie celles pour lesquelles $G_{dB} = G_{dBmax} - 3$.
- En déduire la finesse $\mathcal{F} = f_0/(|f_2 - f_1|)$, étudier sa variation avec Q et comparer avec la loi attendue.
- Quel est le facteur de qualité maximal réalisable avec ce circuit (on considérera les résistances des appareils utilisés) ?

II.5 Résonance en charge

Manipulations :

- Réaliser le montage ci-contre.
- Acquérir comme précédemment la tension efficace U_C aux bornes du condensateur en fonction de la fréquence f du GBF pour $R = 0; 100; 1 \text{ k}\Omega$. On veillera à déterminer précisément la fréquence de résonance et les fréquences de coupure et on pourra superposer les différentes courbes.



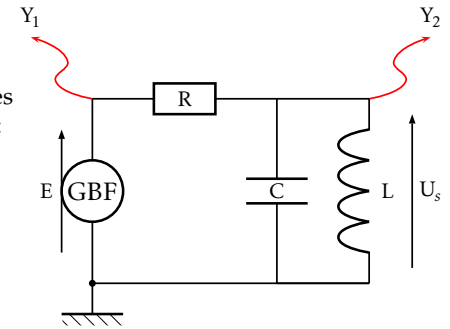
Questions :

- La fréquence de résonance varie-t-elle avec Q ? On pourra chercher seulement la fréquence de résonance pour d'autres valeurs de R .

II.6 Circuit bouchon

On considère le circuit représenté ci-contre dont les éléments sont considérés idéaux. Montrer qu'on a :

$$\frac{U_s}{E} = \frac{1}{1 + jQ \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)} \quad \text{avec: } \begin{cases} f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} \end{cases}$$



Questions :

⚡

- Comparer les variations de Q avec R au cas du circuit RLC série pour lequel $Q_{\text{série}} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$.
- Calculer l'impédance du dipôle RLC ainsi constitué. Que vaut-elle pour $f = f_0$?
- En déduire que ce circuit permet simultanément d'avoir un facteur de qualité élevé et une forte impédance d'entrée. Comment doit-on choisir R ?
- Comparer au cas du RLC série.

Manipulations :

- Acquérir, à l'aide du logiciel *Oscillos*, les courbes représentant la tension efficace U_s en fonction de la fréquence f ($f \in [0; 20]$ kHz) pour $R = 100 \text{ k}\Omega$ et $R = 1 \text{ k}\Omega$.

Exploitation :

- Vérifier qu'ici la finesse est d'autant meilleur que R est élevée ainsi que les valeurs de Q en fonction des paramètres du circuit (comme pour le RLC série, on a $\mathcal{F} = Q$).
- À votre avis, quelle est la résistance non considérée dans le modèle qui limite cette finesse ? Vérifier l'accord avec la valeur de la finesse mesurée.