

Circuit RLC série – Etude de la résonance d'intensité

Lors d'une séance de Travaux Pratiques, on dispose du matériel suivant :

- un GBF, un voltmètre numérique et un oscilloscope bicourbe
- un condensateur de capacité : $C = 22 \text{ nF}$
- une bobine d'inductance : $L = 1,15 \text{ H}$ et de résistance r négligeable
- une résistance : $R = 1 \text{ k}\Omega$

I) Généralités

- 1) Que signifie *GBF* ?
- 2) Que mesure-t-on avec un voltmètre numérique en position alternative (AC) ?
- 3) Que mesure-t-on avec un voltmètre numérique en position continue (DC) ?
- 4) Donner le schéma du circuit permettant d'étudier la résonance d'intensité.
- 5) Noter sur ce schéma où placer la masse du circuit.
- 6) Pourquoi le *GBF* et l'*oscilloscope* doivent-ils avoir la même masse ?
- 7) Noter la tension aux bornes des différents dipôles et le courant circulant dans le circuit.
- 8) Comment brancher les 2 voies de l'oscilloscope pour visualiser la tension $u(t)$ aux bornes du GBF et la tension $u_r(t)$ aux bornes de la résistance ?
- 9) Sans modifier la place des dipôles, comment brancher les 2 voies de l'oscilloscope pour visualiser la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur ? (*Question bonus*)

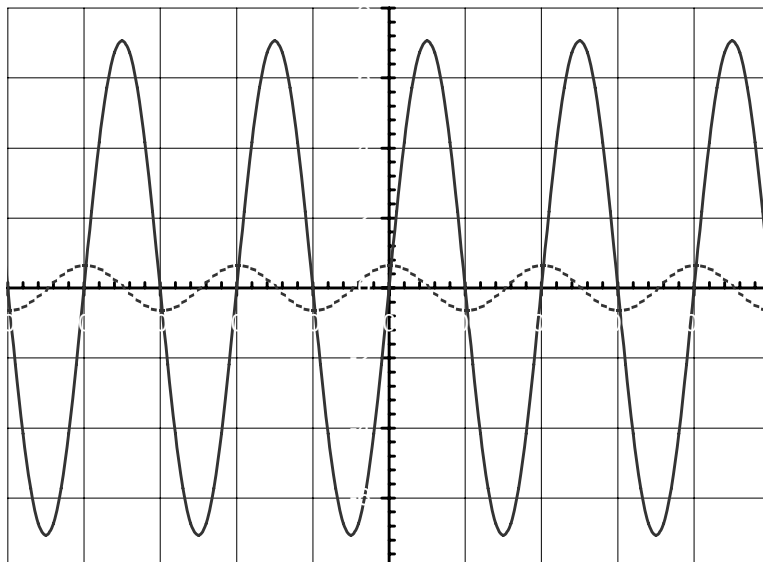
II) Etude du circuit RLC pour une fréquence f du GBF

De façon générale, la tension aux bornes de ce circuit s'écrit : $u(t) = U_{\max} \sin(\omega t)$ et l'intensité du

courant : $i(t) = I_{\max} \sin(\omega t - \varphi)$, avec : $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R_{\text{totale}}}$

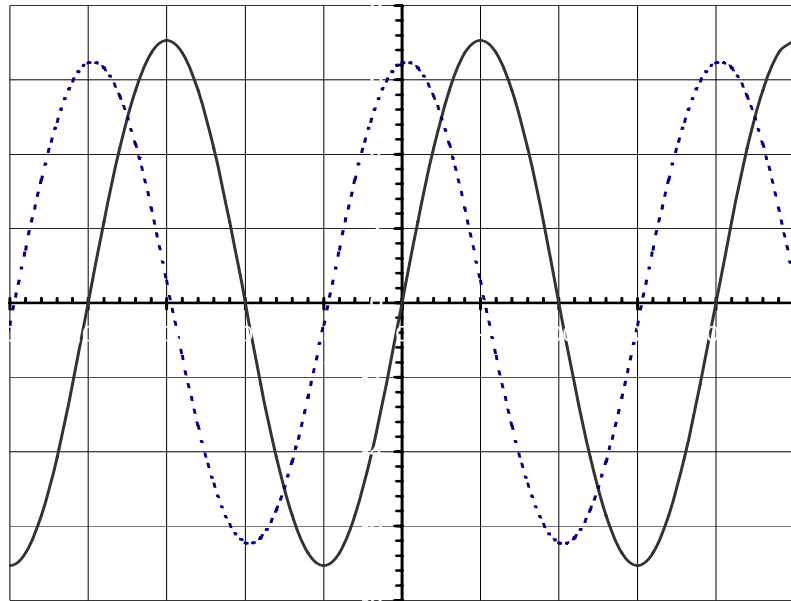
L'impédance Z_{circuit} du circuit RLC est donnée par la relation : $Z_{\text{circuit}} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$.

- 1) Dans un premier temps, on observe l'oscillogramme suivant :



Oscillogramme 1

On modifie des réglages de l'oscilloscope et on obtient un nouvel oscillogramme :



Oscillogramme 2

CH1 : 2 V/div

CH2 : 0,2 V/div

Base de temps : 500 μ s/div

La courbe en trait plein (CH1) représente la tension aux bornes du GBF : $u(t)$
 La courbe en trait pointillé (CH2) représente la tension aux bornes de la résistance : $u_R(t)$

- Que représente l'axe horizontal de l'oscillogramme ? Le noter sur l'oscillogramme.
- Que représente l'axe vertical ?
- Quelles sont les 2 modifications qui ont été effectuées pour passer de l'oscillogramme 1 à l'oscillogramme 2 ? Soyez le plus précis possible.

2) La valeur efficace U de la tension aux bornes du GBF est égale à :

a) $U = 5 \text{ V}$	b) $U = 7,1 \text{ V}$	c) $U = 3,5 \text{ V}$
----------------------	------------------------	------------------------

Justifier

3) La période T de cette tension vaut :

a) $T = 0,02 \text{ ms}$	b) $T = 0,2 \text{ ms}$	c) $T = 2 \text{ ms}$
--------------------------	-------------------------	-----------------------

4) La fréquence f de cette tension vaut :

a) $f = 500 \text{ Hz}$	b) $f = 5000 \text{ Hz}$	c) $f = 50\,000 \text{ Hz}$
-------------------------	--------------------------	-----------------------------

5) Sur l'oscillogramme 2, la tension $u(t)$ est :

- en avance par rapport à la tension $u_R(t)$
- en phase avec la tension $u_R(t)$
- en retard par rapport à la tension $u_R(t)$

Justifier

6) Déterminer graphiquement le déphasage φ entre les 2 courbes.

7) Le courant circulant dans le circuit a pour valeur maximale I_{max} :

a) $I_{max} = 0,65 \text{ mA}$	b) $I_{max} = 3,2 \text{ mA}$	c) $I_{max} = 0,46 \text{ mA}$
--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

Justifier

8) Donner l'expression numérique du courant circulant dans ce circuit : $i(t) = I_{max} \sin(\omega t - \varphi)$

9) L'impédance $Z_{circuit}$ du circuit peut être calculée en faisant l'opération suivante :

a) $Z_{circuit} = \frac{U_R}{I}$	b) $Z_{circuit} = \frac{I}{U_{Circuit}}$	c) $Z_{circuit} = \frac{U_{Circuit}}{I}$	d) $Z_{circuit} = \frac{U_{max\text{Circuit}}}{I_{max}}$
----------------------------------	--	--	--

10) De façon générale, l'impédance $Z_{circuit}$ d'un dipôle RLC :

- a) est indépendante de la fréquence f de la tension d'alimentation
- b) augmente avec cette fréquence
- c) varie avec cette fréquence

Justifier votre réponse à l'aide d'un schéma.

11) Si la fréquence f du GBF varie, l'impédance $Z_{circuit}$ du circuit sera toujours :

a) inférieure à $1 \text{ k}\Omega$	b) égale à $1 \text{ k}\Omega$	c) supérieure à $1 \text{ k}\Omega$
-------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------

Justifier

12) Calculer l'impédance $Z_{circuit}$ du circuit RLC à partir des données expérimentales.

13) Calculer $Z_{circuit}$ à partir de la formule théorique, en posant correctement le calcul.
Comparer cette valeur avec celle déterminée à la question précédente.

14) Pour la fréquence étudiée, le circuit est-il ?

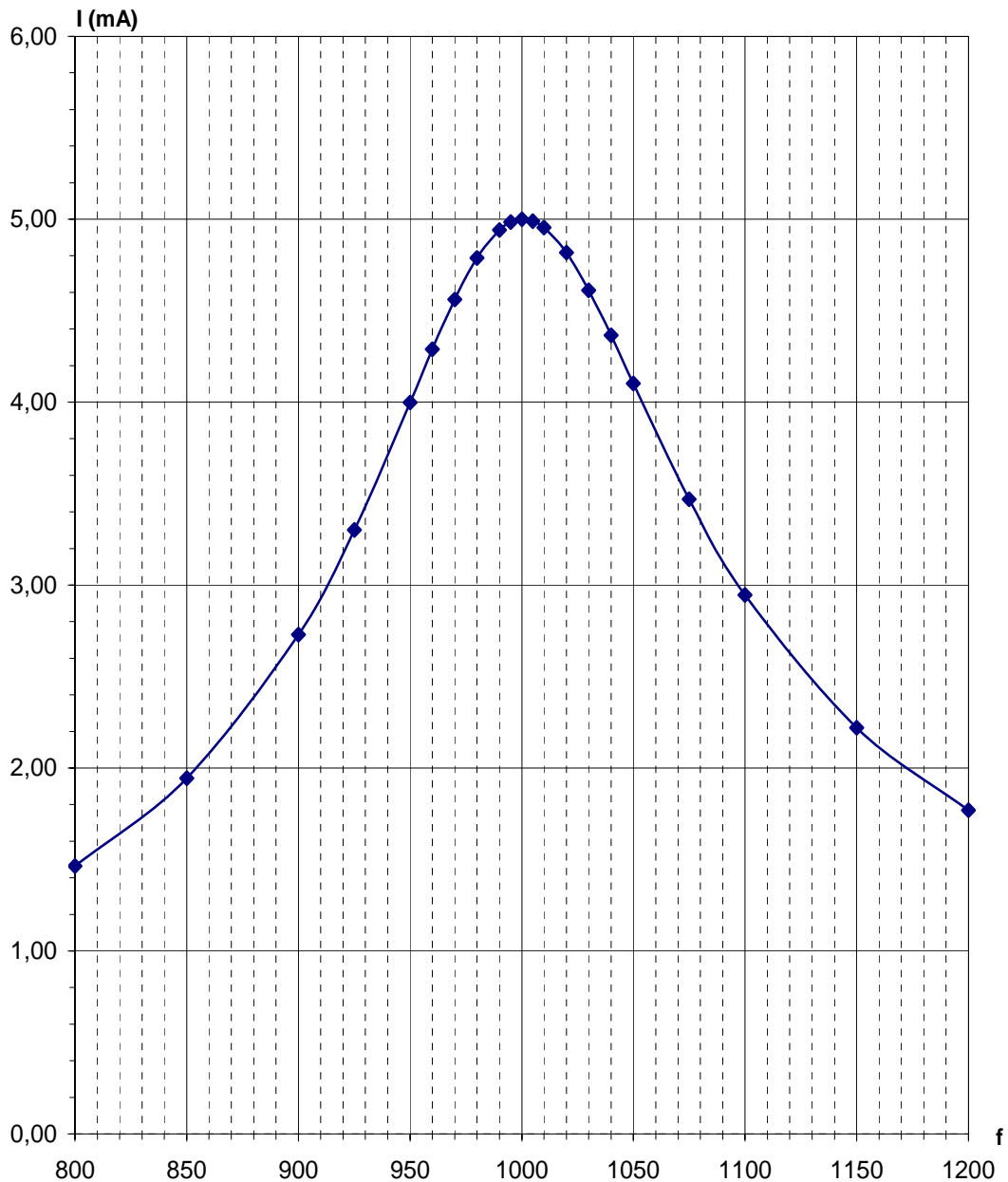
a) résistif	b) inductif	c) capacitif
-------------	-------------	--------------

Justifier

III) Etude de la résonance

On maintient constante la tension efficace U aux bornes du GBF : $U = 5 \text{ V}$

On fait varier la fréquence f du GBF et on relève la valeur efficace de l'intensité I du courant circulant dans le circuit.



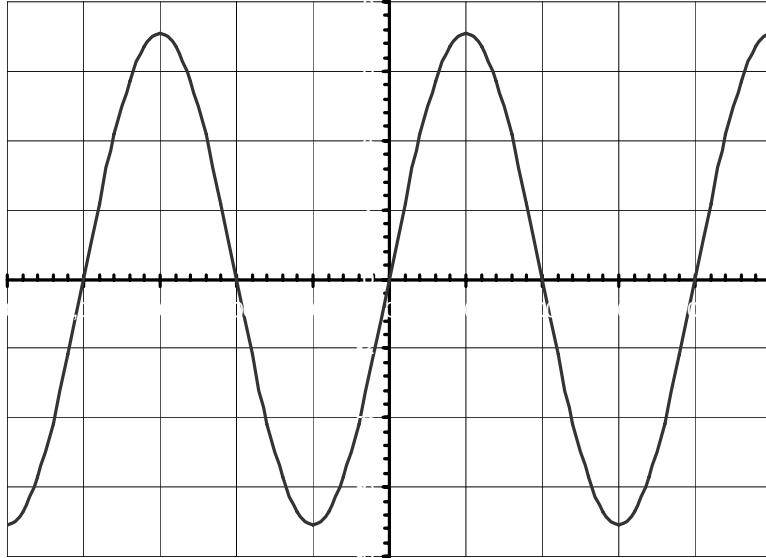
$$R = 1 \text{ k}\Omega \quad L = 1,15 \text{ H} \quad C = 22 \text{ nF}$$

- 1) Donner un *titre* à cette courbe.
- 2) Déterminer graphiquement la fréquence de résonance f_o ?
- 3) La valeur f_o correspond-elle à celle que donne le calcul : $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
- 4) Comment établit-on cette formule ?
- 5) Quelle est la valeur de l'intensité I_o du courant à la résonance ? Noter I_o sur le graphe.
- 6) A partir des données expérimentales, déterminer l'impédance Z_o du circuit à la résonance ?
- 7) Vérifie-t-on : $Z_o = R$?

8) Déphasage entre la tension et le courant à la résonance

- Quelle est la valeur de φ_0 à la résonance ? Justifier.
- En déduire l'expression de $i(t)$ à la résonance.

9) Sur cet oscillogramme représentant la tension $u(t)$ aux bornes du GBF à la résonance, tracer la tension : $u_r(t)$ aux bornes de la résistance. Préciser la valeur de la *base de temps*.



Base de temps : $\mu\text{s/div}$

10) Quelle est la puissance P_o consommée dans le circuit à la résonance ?

11) Surtension à la résonance d'intensité aux bornes du condensateur

- Déterminer l'impédance : $Z_{C_0} = \frac{1}{C\omega_0}$ du condensateur et la valeur efficace : $U_{c_0} = Z_{C_0} I_o$ de la tension aux bornes du condensateur à la résonance.
- Calculer : $Q = \frac{U_{c_0}}{U}$?
- Pour la fréquence de résonance f_o ,

a) la tension aux bornes du condensateur est <i>plus grande</i> que la tension aux bornes de la bobine.	b) la tension aux bornes du condensateur est <i>égale</i> à la tension aux bornes de la bobine.	c) la tension aux bornes du condensateur est <i>plus petite</i> que la tension aux bornes de la bobine.
---	---	---

Justifier votre réponse.

12) Détermination de la bande passante à - 3 dB

La bande passante d'un circuit RLC série est l'ensemble des fréquences pour lesquelles :

$$I_1 \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}} ; I_0 \text{ étant l'intensité du courant à la résonance d'intensité}$$

- Calculer : $I_1 = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$
- Déterminer graphiquement les 2 fréquences f_1 et f_2 correspondant à cette valeur de I_1 .
- En déduire la largeur de la bande passante : $\beta = f_2 - f_1$
- Hachurer la bande passante sur la courbe.

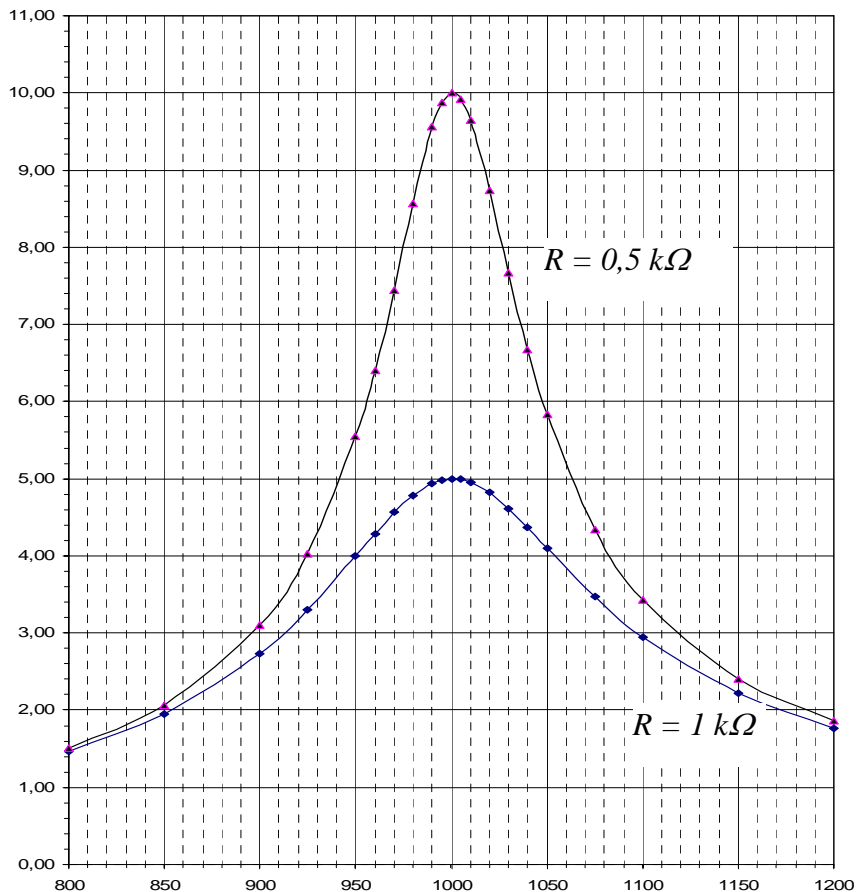
- Quel est le facteur de qualité Q de ce circuit : $Q = \frac{f_0}{\beta}$
- Vérifie-t-on que la valeur de Q est quasiment la même qu'à la question précédente ?

13) Détermination de la puissance P_1 à la fréquence f_1

- Calculer la valeur de φ_1 pour la fréquence f_1 .
- En déduire l'expression de $i(t)$ pour la fréquence f_1 .
- Quelle est la puissance P_1 consommée dans le circuit pour la fréquence f_1 .
- Vérifier que : $10 \log \frac{P_1}{P_0} = -3 \text{ dB}$
- En comparant les impédances de la bobine Z_{1B} et du condensateur Z_{1C} à la fréquence f_1 , dire si le circuit est inductif ou capacitif à cette fréquence.

14) Acuité de la résonance

On fait varier la fréquence f du GBF et on relève la valeur efficace de l'intensité I (en mA) du courant circulant dans le circuit pour 2 valeurs de la résistance : $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $R' = 0,5 \text{ k}\Omega$.



Bande passante à - 3 dB - Acuité de la résonance

- Pourquoi la fréquence de résonance f_0 n'a-t-elle pas varié ?
- Déterminer la bande passante β' si : $R' = 0,5 \text{ k}\Omega$.
- Le circuit est plus sélectif. Pourquoi ?
- Quel est le nouveau facteur de qualité Q' du circuit ?

Variation de l'impédance Z d'un circuit RLC série en fonction de la fréquence

