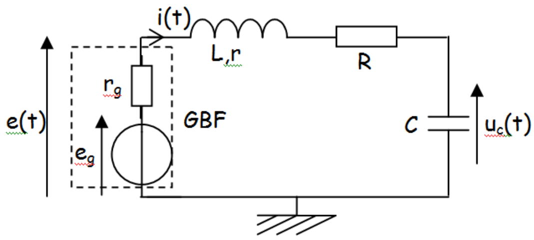
TP – CIRCUIT RLC SÉRIE EN RSF

Objectifs :

Nous allons ici étudier le comportement d'un circuit (R, L, C) série alimenté par un générateur délivrant une tension sinusoïdale. Le courant $i(t)$ et la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$ sont alors sinusoïdaux (régime établi), leurs amplitudes I_m et U_{Cm} dépendant de la pulsation ω de la tension d'entrée. Si $I_m(\omega)$ ou $U_{Cm}(\omega)$ présentent un maximum, on dit qu'il y a **résonance** (en courant ou en tension). Nous allons étudier ici ce phénomène. Cette étude nous permettra aussi de déterminer précisément la valeur de l'inductance L de la bobine.

I Circuit étudié

$R = 1\ k\Omega$ (on prendra des boîtes AOIP)
$C = 47\ nF$
Bobine : 1 000 spires
$e(t) = e_g(t) - r_g i$ avec $e_g(t) = E\cos(\omega t)$ et $r_g = 50\ \Omega$ la résistance interne du générateur.



On veut tracer les courbes de résonance en intensité et en charge de ce circuit. Il nous faut donc déterminer rapidement pour quelles pulsations se font ces résonances afin de faire nos mesures sur un intervalle de fréquences adéquat.

II Recherche rapide de la fréquence de résonance en intensité

II.1 Étude théorique (vue en cours)

➜ Montrez que la résonance en intensité se produit quelle que soit la valeur du facteur de qualité $Q = \dfrac{1}{R_t}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ du circuit (L et C étant fixées, R_t étant la résistance totale du circuit) et pour $\omega = \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$, pulsation propre du circuit.
➜ Déterminez le déphasage théorique qu'il y a alors entre $i(t)$ et $e(t)$ (en supposant r_g négligeable).

II.2 Étude expérimentale

➜ Quelle tension observe-t-on à l'oscilloscope pour avoir une image de l'intensité du circuit ? Faites un schéma du montage et des branchements de l'oscilloscope avant de faire votre montage.
➜ Faites un « balayage » en fréquence manuel avec le GBF : pour quelle fréquence I_m est-elle maximale ?
Rq : la valeur de E doit être constante lors de vos mesures.

➜ On peut utiliser la valeur particulière du déphasage à la résonance pour déterminer plus précisément la fréquence de résonance f_0, et donc la valeur de L. Quelle est la valeur du déphasage entre $i(t)$ et $e(t)$ lors de la résonance en intensité ?
Montrez que quand deux signaux sinusoïdaux sont en phase, ils sont proportionnels.
On visualise donc à l'oscilloscope $e(t)$ en fonction de $Ri(t)$ (mode XY) : à la fréquence de résonance, on observe une droite. Mesurez f_0, déduisez-en la valeur de L.

III Étude de la résonance d'intensité ; détermination du facteur de qualité

Nous voulons tracer la courbe de résonance d'intensité : I_m en fonction de la fréquence de $e(t)$.
Q : Peut-on mesurer I_m à l'aide des multimètres numériques à votre disposition ? À l'aide de l'oscilloscope ?

➜ Tracez la courbe de résonance en intensité en faisant des mesures sur un intervalle de fréquences suffisamment large pour pouvoir ensuite déterminer la bande passante, et en rapprochant les mesures autour de la résonance. On fera une série de mesures avec $R = 100\ \Omega$, puis $R = 4\ k\Omega$.

• **ATTENTION !** : On suppose que pour toute cette étude l'amplitude du signal d'entrée est la même, quelle que soit la fréquence. Or, pour $R = 100\ \Omega$, on constate que l'amplitude du signal d'entrée dépend du courant circulant dans le circuit, effet visible à la résonance en particulier. En réalité, le GBF est un générateur non idéal, de résistance interne $r_g = 50\ \Omega$. Quand la résistance du circuit est non négligeable devant R, la tension délivrée par le générateur n'est plus $e(t) = e_g(t) = Ecos(\omega t)$, mais $e(t) = e_g(t) - r_g i(t)$; son amplitude dépend de celle de $i(t)$ et donc de la fréquence.

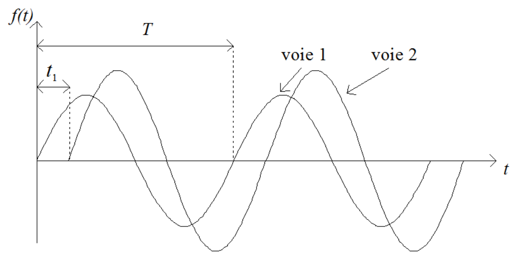
➜ Déterminez graphiquement la largeur de la bande passante Δf et déduisez-en la valeur expérimentale Q_{exp} du facteur de qualité de ce circuit sachant que : $Q_{\text{th}} = \dfrac{\omega_0}{\Delta\omega} = \dfrac{f_0}{\Delta f}$.

IV Étude de la résonance de charge

➜ Tracez de la même manière les courbes de résonance de $U_{Cm}(f)$ pour deux valeurs de résistance $R = 4\ k\Omega$ et $R = 100\ k\Omega$. Rapprochez les mesures autour de la fréquence de résonance s'il y a résonance.
➜ Commentez vos résultats en les comparant avec votre étude théorique : existence d'une résonance ou non selon la valeur du facteur de qualité Q, valeur de la fréquence de résonance en fonction de Q.

➜ Étude du déphasage de $u_C(t)$ par rapport à $e(t)$:
Pour $R = 100\ \Omega$ (p. ex.), déterminez l'évolution du déphasage entre les tensions $u_C(t)$ et $e(t)$ avec la fréquence de $e(t)$: $\phi = \varphi_C - \varphi_e$ en fonction de f. Correspond-elle à l'étude théorique ?
Rq : Pour toutes les mesures, on affichera en permanence à l'oscilloscope les signaux étudiés afin de vérifier leur nature (absence de bruits, amplitude suffisante,...).

• **Méthode expérimentale :**
On peut mesurer le décalage en temps entre deux zéros successifs de $u_C(t)$ et $e(t)$, en prenant garde que les courbes varient dans le même sens au voisinage de ces zéros.
Prop : Le signal en avance est celui passant le premier par un maximum (ici voie 1).
La période T correspond à un déphasage de π. La durée t_1 correspond à $|\phi|$, donc $|\phi| = 2\pi\dfrac{t_1}{T}$.
Le signe de ϕ est ensuite fixé en observant les positions relatives des deux courbes : si la voie 1 est en avance sur la voie 2 : $\phi = \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_{1/2} > 0$.
On peut également utiliser les mesures automatiques de l'oscilloscope, *mais en vérifiant le signe à chaque mesure.*



La voie 1 est donc en avance de phase sur la voie 2 car elle passe par un maximum en premier