

TP5 - Circuit RLC : entre résonance et filtrage

1 But du T.P.

Le but de ce T.P. est d'étudier le comportement des circuits RLC série et parallèle soumis à un régime sinusoïdal forcé.

2 Matériel

Matériel par poste de travail :

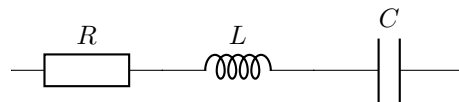
- 1 générateur basse fréquence (GBF)
- 1 oscilloscope + 2 sondes
- Résistances, bobines et condensateurs divers

3 Circuit RLC série

3.1 Étude théorique

3.1.1 Résonance

Une impédance est rarement pure : une inductance présente toujours une résistance et une capacité réparties. Aussi nous considérons à titre d'exemple un circuit RLC série :

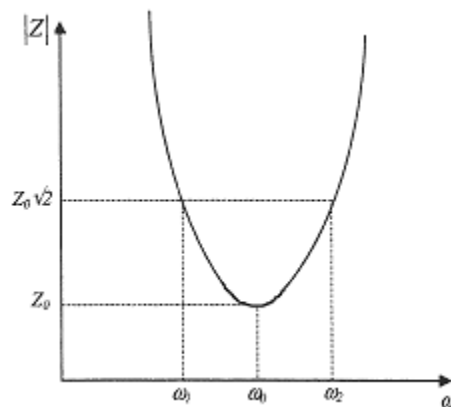


Son impédance est : $Z = Z_R + Z_L + Z_C = R + j(L\omega - \frac{1}{C\omega})$

De $u = Zi$, on en déduit que u est déphasé par rapport à i de : $\phi = \arctan(\frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R})$

D'autre part, $|Z| = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ passe par un minimum pour un courant dont la pulsation ω est telle que : $L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$, ou $LC\omega^2 = 1$. Alors $\tan \phi = 0$: il y a **résonance**.

Le circuit se comporte alors comme une résistance ($Z \equiv R$). La courbe représentative de $|Z|$ en fonction de ω a l'allure donnée ci-dessous :



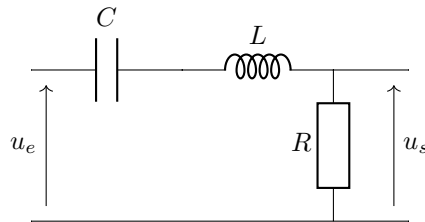
TP5 - Circuit RLC : entre résonance et filtrage

1. Soient une bobine d'inductance $L = 10mH$, une résistance $R = 1k\Omega$ et un condensateur de capacité $C = 1nF$.
Calculer la fréquence de résonance de l'association bobine-condensateur en utilisant l'équation : $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
avec f en Hertz, L en Henry et C en Farad.
2. Tracer, en fonction de la fréquence, sur un intervalle allant de la moitié au double de la fréquence de résonance, la courbe représentative de $|Z|$ pour le circuit série.
3. On définit le facteur de qualité par : $Q = \frac{\omega_0}{|\omega_1 - \omega_2|}$ où ω_0 est la pulsation de résonance, ω_1 et ω_2 sont les pulsations pour lesquelles $|Z| = Z_0\sqrt{2}$.
Déterminer alors le facteur de qualité Q de ce circuit à partir de la courbe que vous avez tracée à la question précédente.

3.1.2 Filtrage

Les circuits RLC série entrent, en particulier, dans la composition des récepteurs ou des filtres. Une caractéristique importante est leur aptitude à permettre un filtrage bien sélectif.

Considérons le circuit ci-dessous avec $R = 1k\Omega$, $C = 1nF$ et $L = 10mH$:



La bobine est supposée idéale.

1. Déterminer la fonction de transfert en sortie ouverte du circuit. Calculer Q et ω_0 tels que la fonction de transfert soit de la forme :

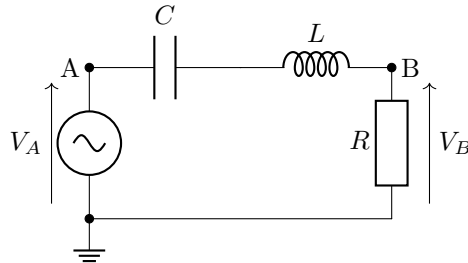
$$\underline{H}(j\omega) = \frac{j \frac{1}{Q} \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j \frac{1}{Q} \frac{\omega}{\omega_0} - (\frac{\omega}{\omega_0})^2}$$

2. Tracer les diagrammes de Bode en gain et en phase.
3. De quel type de filtre s'agit-il ?
4. Donner la bande passante à $-3dB$ de ce filtre.
5. Comparer les valeurs de Q et ω_0 avec celles trouvées au paragraphe précédent. Qu'en concluez-vous ?

TP5 - Circuit RLC : entre résonance et filtrage

3.2 Manipulations

Réaliser le circuit suivant avec $R = 1k\Omega$, $C = 1nF$ et $L = 10mH$:



Appliquer une tension sinusoïdale d'amplitude 5V et remplir le tableau suivant.

Fréquence (kHz)	1	2	5	20	40	60	80	100	120	140
V_A (V)										
V_B (V)										
G (dB)										
φ (rad)										
$V_A - V_B$ (V)										
Impédance calculée $ Z_{AB} $ (Ω)										

3.3 Interprétation

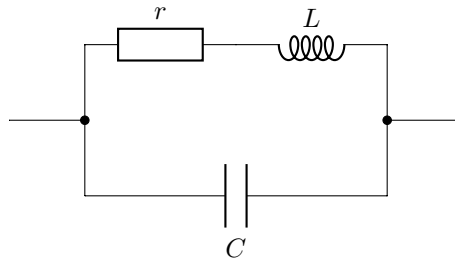
1. Tracer la courbe représentative de $|Z_{AB}|$ en fonction de la fréquence f .
2. Relever la fréquence de résonance f_0 et la largeur de bande $|f_1 - f_2|$.
3. Calculer le facteur de qualité Q .
4. Comparer les résultats obtenus avec ceux de l'étude théorique. Qu'en concluez-vous ?
5. Tracer les courbes donnant le gain G en dB et le déphasage en rad, en fonction du logarithme de la pulsation.
6. De quel type de filtre s'agit-il ?
7. Donner la fréquence de coupure et le facteur de qualité de ce circuit.
8. Donner la bande passante à $-3dB$ de ce filtre.
9. Comparer les résultats obtenus avec ceux de l'étude théorique. Qu'en concluez-vous ?
10. Comparer la fréquence de coupure avec la fréquence de résonance, puis la bande passante du filtre avec la largeur de fréquence $|f_1 - f_2|$, ainsi que les facteurs de qualité. Quel lien pouvez-vous établir entre le phénomène de résonance et le filtrage ?

4 Circuit RLC parallèle

4.1 Étude théorique

4.1.1 Résonance

Ce circuit est également appelé circuit bouchon :



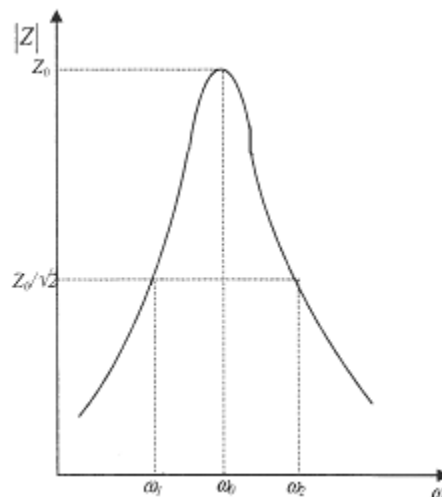
$$\text{Ici, on a : } \frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_r + Z_L} = \frac{1 - LC\omega^2 + jrC\omega}{r + jL\omega}$$

$$\text{d'où : } Z = \frac{r + jL\omega}{1 - LC\omega^2 + jrC\omega}$$

$$\text{On calcule alors le module : } |Z| = \sqrt{\frac{r^2 + L^2\omega^2}{(1 - LC\omega^2)^2 + r^2C^2\omega^2}}$$

Lorsque $r \ll L\omega$, $|Z|$ passe par un maximum pour une pulsation très voisine de celle définie par : $1 - LC\omega^2 = 0$ ou $LC\omega^2 = 1$, il y a **résonance**.

Comme $1 - LC\omega^2 = 0$, alors à la résonance, on a : $Z = \frac{L}{rC} - \frac{j}{C\omega}$. $|Z|$ peut devenir très grand, ainsi que $|u|$, si $r \ll \frac{L}{C}$. La courbe représentative de $|Z|$ en fonction de ω est donnée ci-dessous.

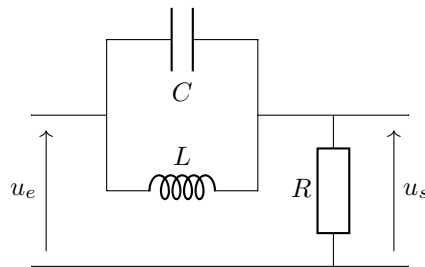


TP5 - Circuit RLC : entre résonance et filtrage

1. Soient une bobine d'inductance $L = 10mH$ ayant une résistance $r = 10\Omega$ et un condensateur de capacité $C = 1nF$. Calculer la fréquence de résonance de l'association bobine-condensateur en utilisant l'équation : $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ avec f en Hertz, L en Henry et C en Farad.
2. Tracer, en fonction de la fréquence, sur un intervalle allant de la moitié au double de la fréquence de résonance, la courbe représentative de $|Z|$ pour le circuit parallèle.
3. On définit encore un facteur de qualité par : $Q = \frac{\omega_0}{|\omega_1 - \omega_2|}$ où ω_0 est la pulsation de résonance, ω_1 et ω_2 sont les pulsations pour lesquelles $|Z| = \frac{Z_0}{\sqrt{2}}$. Déterminer alors le facteur de qualité Q de ce circuit à partir de la courbe que vous avez tracée à la question précédente.

4.1.2 Filtrage

Considérons le circuit RLC ci-dessous avec $R = 1k\Omega$, $C = 1nF$ et $L = 10mH$:



La bobine est supposée idéale.

1. Déterminer la fonction de transfert en sortie ouverte du circuit. Calculer Q et ω_0 tels que la fonction de transfert soit de la forme :

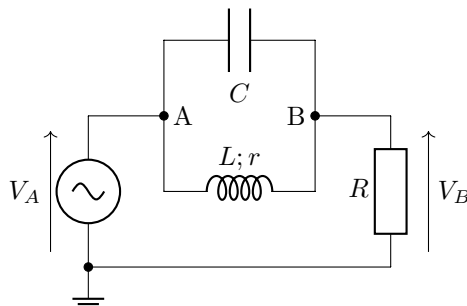
$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1 - (\frac{\omega}{\omega_0})^2}{1 + j\frac{1}{Q}\frac{\omega}{\omega_0} - (\frac{\omega}{\omega_0})^2}$$

2. Tracer le diagramme de Bode en gain et en phase.
3. De quel type de filtre s'agit-il ?
4. Donner la bande passante à $-3dB$ de ce filtre.
5. Comparer la valeur de ω_0 avec celle trouvée au paragraphe précédent. Qu'en concluez-vous ?

TP5 - Circuit RLC : entre résonance et filtrage

4.2 Manipulations

Réaliser le circuit suivant avec $L = 10mH$, $C = 1nF$ et $R = 1k\Omega$:



Appliquer une tension sinusoïdale d'amplitude 5V et remplir le tableau suivant.

Fréquence (kHz)	1	2	5	20	40	60	80	100	120	200
V_A (V)										
V_B (V)										
G (dB)										
φ (rad)										
$V_A - V_B$ (V)										
Impédance calculée $ Z_{AB} $ (Ω)										

4.3 Interprétation

1. Tracer la courbe représentative de $|Z_{AB}|$ en fonction de la fréquence f .
2. Relever la fréquence de résonance f_0 et la largeur de bande $|f_1 - f_2|$.
3. Calculer le facteur de qualité Q .
4. Comparer les résultats obtenus avec ceux de l'étude théorique. Qu'en concluez-vous ?
5. Tracer les courbes donnant le gain G en dB et le déphasage en rad, en fonction du logarithme de la pulsation.
6. De quel type de filtre s'agit-il ?
7. Donner la fréquence de coupure et le facteur de qualité de ce circuit.
8. Donner la bande passante à $-3dB$ de ce filtre.
9. Comparer les résultats obtenus avec ceux de l'étude théorique. Qu'en concluez-vous ?
10. Comparer la fréquence de coupure avec la fréquence de résonance, puis la bande non passante du filtre avec la largeur de fréquence $|f_1 - f_2|$, ainsi que les facteurs de qualité. Quel lien pouvez-vous établir entre le phénomène de résonance et le filtrage ?