

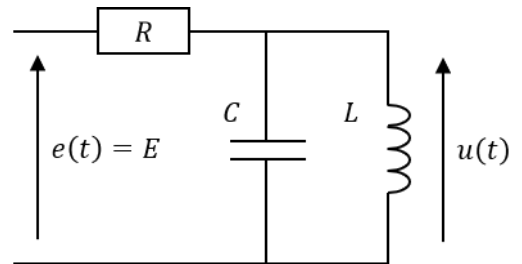
[E] TP n°8 – Filtrage à l'aide d'un passe bande

L'objectif de ce TP est de continuer à se familiariser avec le concept de filtre électronique, à travers l'étude approfondie d'un filtre passe bande possédant un grand facteur de qualité.

I) Étude d'un filtre passe-bande d'ordre 2

1) Théorie

Nous allons étudier le circuit ci-contre, qui a l'avantage d'avoir un facteur de qualité proportionnel à R . Avec ce circuit, il suffit donc de prendre une forte valeur de résistance pour avoir un fort facteur de qualité. On peut montrer que :



$$\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{du}{dt} + \omega_0^2 u(t) = 0 \quad \text{avec : } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et} \quad Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

On choisira (approximativement) les valeurs suivantes :

$$R = 10 \text{ k}\Omega \quad C = 1 \text{ }\mu\text{F} \quad L = 100 \text{ mH} \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = 500 \text{ Hz} \quad \text{et} \quad Q = R \sqrt{\frac{C}{L}} = 63$$

On étudie le circuit en régime sinusoïdal forcé. Pour cela, on impose une tension :

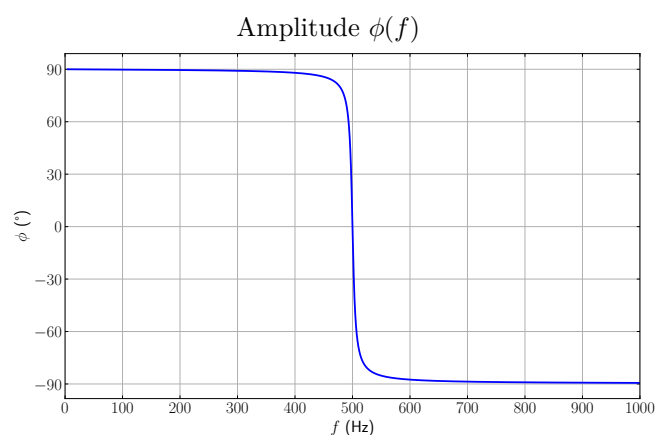
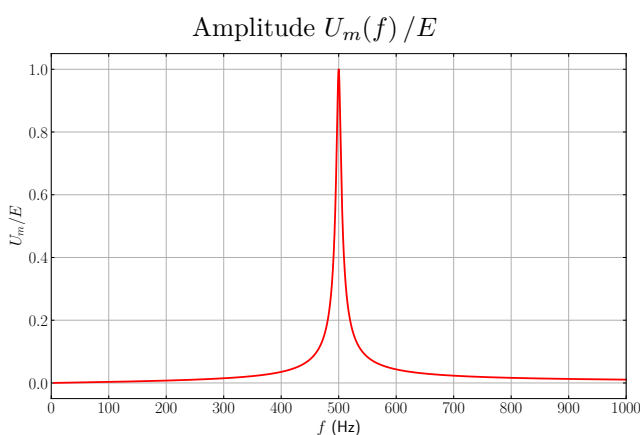
$$e(t) = E \cos(\omega t)$$

On peut montrer que :

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \phi) \quad \text{avec : } U_m = \frac{E}{\sqrt{1 + Q^2 \left(x - \frac{1}{x}\right)^2}} \quad \text{et} \quad \tan(\phi) = -Q \left(x - \frac{1}{x}\right) \quad \text{avec : } x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

On constate ainsi que $U_m(x)$ passe par un maximum lorsque $x = 1$, c'est-à-dire lorsque $\omega = \omega_0$. C'est une résonance en tension aux bornes du dipôle LC.

Graphes :



2) Fréquence de résonance

On rappelle que la méthode de Lissajous (aplatissement de l'ellipse en mode XY) permet de repérer avec une grande précision une valeur de fréquence lorsque deux signaux sont en phase.

- 🔧 Réaliser le montage. Mettre en entrée un signal sinusoïdal d'amplitude 10 V. Observer $e(t)$ et $s(t)$ à l'oscilloscope.
- 🔧 Déterminer la fréquence de résonance f_{res} à l'aide de la méthode de Lissajous.

3) Diagramme de Bode

- Utiliser les mesures automatiques de l'oscilloscope pour mesurer les valeurs efficaces E_{eff} et S_{eff} des tensions $e(t)$ et $s(t)$. Tracer sur Regressi le diagramme de Bode $G_{\text{dB}}(f)$ en amplitude de ce filtre.

Afin de repérer le plus précisément possible les fréquences de coupure, nous n'allons pas tracer $G_{\text{dB}}(f)$, mais la fonction :

$$G_{\text{corr}}(f) = G_{\text{dB}}(f) - \max(G_{\text{dB}}(f)) + 3$$

De cette manière, les fréquences de coupure f_c se repèrent aisément puisque : $G_{\text{corr}}(f_c) = 0$.

- Tracer $G_{\text{corr}}(f)$ et repérer les zéros de la fonction. Réaliser, si besoin, quelques points supplémentaires autour des zéros de la fonction afin de repérer le plus précisément possible les fréquences de coupure.

Pour un passe-bande, on admet que le facteur de qualité est donné par :

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f_c}$$

- Déterminer le facteur de qualité de ce filtre.

II) Filtrage d'un signal créneau

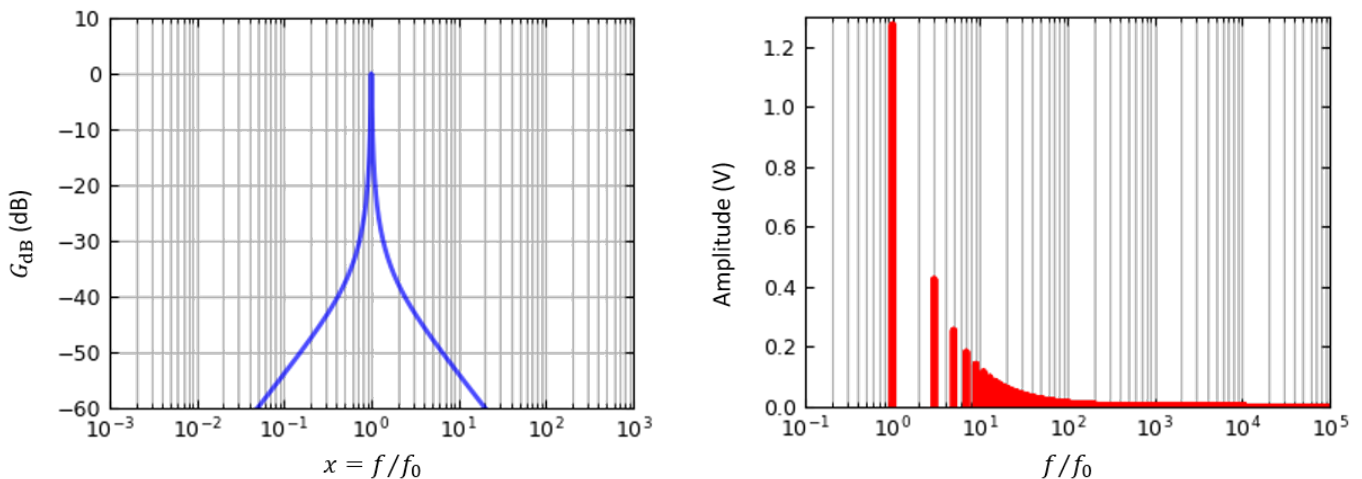
1) Décomposition en série de Fourier – rappels théoriques

On donne ci-dessous la décomposition en série de Fourier d'un signal créneau d'amplitude 1 V, de moyenne nulle et de fréquence f .

$$e_{\text{cre}}(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin((2k-1)\omega t) \quad \text{avec : } \omega = 2\pi f$$

- Vous remarquerez que le créneau du générateur n'est pas parfait (la partie anguleuse est arrondie). La conséquence est que spectre du signal n'est pas exactement celui d'un signal créneau. Et particulier, on pourra observer la présence d'harmoniques de rang pair de très faible amplitude.

On donne ci-dessous le diagramme de Bode en amplitude d'un passe-bande d'ordre 2 où $Q = 50$ et le spectre en amplitude du signal créneau.



On illustre ci-dessous le cas où $k = 2$ (harmonique de rang 3) :

