TP – Filtrage à l'aide d'un passe-bas

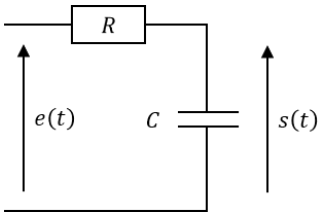
NOM :

L'objectif de ce TP est de se familiariser avec le concept de filtre électronique, à travers l'étude approfondie du filtre RC. Nous travaillerons les notions de diagramme de Bode, d'intégrateur, de moyenneur et de filtrage du bruit.

I) Diagramme de Bode

On considère le filtre RC ci-contre. On rappelle que la fonction de transfert est donnée par :

$$\underline{H} = \frac{1}{1+jx} \quad \text{avec :} \quad x = \omega RC$$



- Réaliser le filtre ci-contre. Choisir $R = 1$ kΩ et C de manière à avoir une fréquence propre $f_0 = 1$ kHz. Mettre en entrée un signal sinusoïdal d'amplitude 10 V.

- Tracer sur Regressi le diagramme de Bode en amplitude de ce filtre, en suivant le protocole ci-dessous.
  - À l'oscilloscope, mesurer les valeurs efficaces E_{eff} et S_{eff} de $e(t)$ et $s(t)$.
  - Dans le tableau de Regressi, calculer $G_{\text{dB}} = 20\log\left(\dfrac{S_{\text{eff}}}{E_{\text{eff}}}\right)$
  - Faire une première série de mesures avec des points régulièrement espacés en échelle logarithmique. Par exemple, choisir un point par décade : 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz... et s'arrêter quand le signal de sortie est trop faible.
  - Tracer G_{dB} en fonction de f en échelle linéaire pour l'axe des ordonnées et logarithmique pour l'axe des abscisses. **Afficher le graphe pendant la prise de mesure, pas après.**
  - Réaliser la mesure de quelques points supplémentaires dans la zone non linéaire (autour de $x = 1$).

- Déterminer graphiquement les pentes des asymptotes ainsi que la fréquence de coupure à -3 dB. Reproduire l'allure du graphe obtenu et conclure.

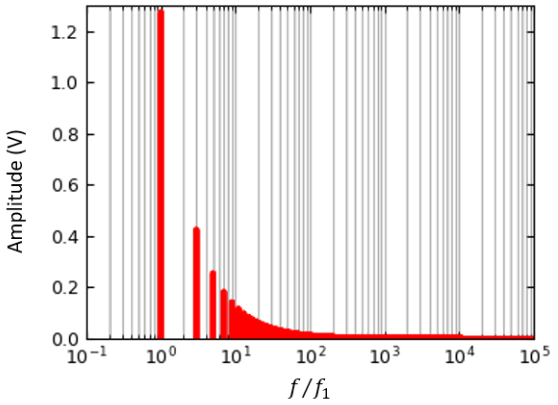
II) Exploitation du filtre RC

1) Spectre d'un signal créneau

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.

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

Spectre en amplitude de ce signal, en échelle logarithmique (normalisée par la fréquence fondamentale f_1) :



- Envoyer en entrée du filtre un signal créneau d'amplitude 10 V et de valeur moyenne nulle.

Dans cette partie, nous allons faire passer un signal créneau de fréquence f à travers le filtre RC de fréquence de coupure f_0. Nous allons progressivement augmenter la fréquence du signal, afin de passer du cas où $f \ll f_0$ au cas où $f \gg f_0$.

2) Cas où $f \ll f_0$

- Choisir une fréquence $f = 10$ Hz et observer le signal $s(t)$. À l'aide d'un schéma qui superpose le diagramme de Bode du filtre et le spectre de $e(t)$, expliquer l'allure de la courbe observée en sortie.

- Expliquer l'allure de la courbe observée en sortie uniquement avec les connaissances du chapitre E2 – Circuits du premier ordre.

3) Cas où $f \simeq f_0$

- Augmenter progressivement f de 10 Hz à 7 kHz environ et observer le signal $s(t)$. À l'aide d'un schéma qui superpose le diagramme de Bode du filtre et le spectre de $e(t)$, expliquer l'allure de la courbe observée en sortie.

- Expliquer l'allure de la courbe observée en sortie uniquement avec les connaissances du chapitre E2 – Circuits du premier ordre.

4) Cas où $f \gg f_0$

- Augmenter progressivement f jusqu'à 100 kHz environ et observer le signal $s(t)$. À l'aide d'un schéma qui superpose le diagramme de Bode du filtre et le spectre de $e(t)$, expliquer l'allure de la courbe observée en sortie.

Expliquer l'allure de la courbe observée en sortie uniquement avec les connaissances du chapitre E2 – Circuits du premier ordre.

5) Ajout d'une composante continue

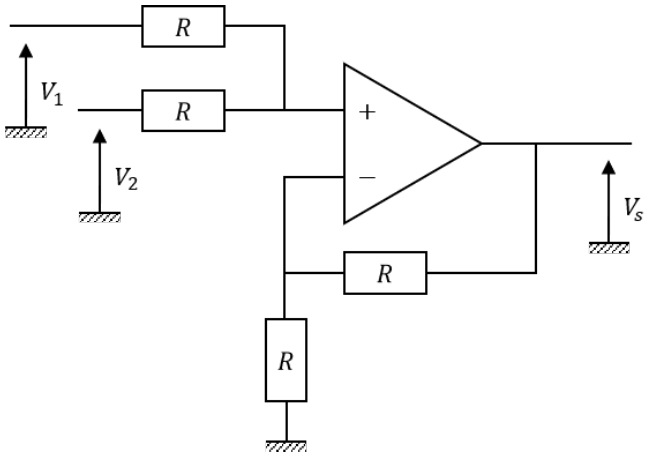
Augmenter progressivement f jusqu'à 1 MHz environ, ajouter une tension d'offset de 5 V et observer le signal $s(t)$. À l'aide d'un schéma qui superpose le diagramme de Bode du filtre et le spectre de $e(t)$, expliquer l'allure de la courbe observée en sortie.

6) Filtrage d'un bruit haute fréquence

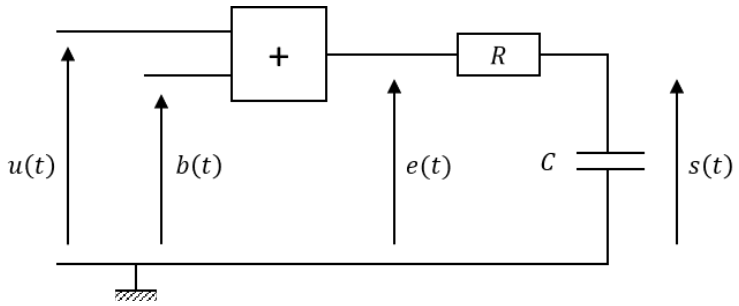
Un « bruit électronique » d'amplitude B_m est un signal parasite de moyenne nulle et prenant à chaque instant une valeur aléatoire comprise entre $\pm B_m$. Le signal variant aléatoirement, il possède des variations très rapides : c'est donc un signal de très haute fréquence qui peut être filtré par un filtre passe-bas.

Dans ce TP, nous allons générer artificiellement un bruit électronique $b(t)$ à l'aide du GBF, mais il faut garder en mémoire qu'en réalité, ce bruit correspond à une multitude de signaux parasites présents dans l'environnement.

À l'aide de la plaquette et des 4 résistances mises à disposition, réaliser le montage ci-dessous. La plaquette doit être alimentée par l'alimentation continue ± 15 V. Pour l'instant, laisser libres les entrées V_1 et V_2, ainsi que la sortie V_s. Ce montage est un circuit sommateur : la tension de sortie est égale à la somme des tensions d'entrée $V_s = V_1 + V_2$.



Réaliser le montage ci-dessous où le bloc « + » représente le circuit sommateur précédent : $e(t) = u(t) + b(t)$. Le signal $u(t)$ est le signal d'intérêt : signal sinusoïdal de fréquence 50 Hz, d'amplitude 5 V et de valeur moyenne nulle (voie CH1 du GBF). Le signal $b(t)$ est un bruit électronique d'amplitude 5 V (voie CH2 du GBF).



Idéalement, on souhaite filtrer entièrement et uniquement le bruit $b(t)$ et donc obtenir en sortie $s(t) = u(t)$.

- Observer à l'oscilloscope $e(t)$ puis $s(t)$. Faire varier la fréquence de coupure du filtre en faisant varier R ou C. Comment cela impacte-t-il la qualité du filtrage ? Proposer un couple (R, C) pour filtrer efficacement le signal.

- Comment augmenter l'efficacité du filtrage si on possède un deuxième filtre RC ? Réaliser le nouveau montage et conclure.