

TP 13 : Filtrage

Les points du programme :

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire.
- Étudier le filtrage linéaire d'un signal non sinusoïdal à partir d'une analyse spectrale.

Objectifs

- Étudier expérimentalement les effets d'un filtre.
- Tracer un diagramme de Bode.

Matériel : Oscilloscope, GBF, condensateur de capacité $C = 100 \text{ nF}$, résistance $R = 1000 \Omega$, plaquette, fils, papier semi-logarithmique.

1. Etude théorique

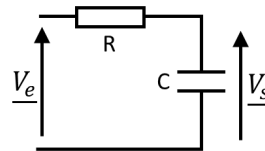
On considère le filtre schématisé ci-contre.

L'étude de ce filtre a été réalisée en détail en classe.

Q1. Etablir la fonction de transfert complexe $H(j\omega)$ de ce filtre.

Q2. Exprimer la fonction de coupure ω_c en fonction de R et C . En déduire la fréquence de coupure f_c . Faire les applications numériques.

Q3. Donner le diagramme de Bode asymptotique puis l'allure du diagramme de Bode réel.



2. Étude expérimentale : tracé du diagramme de Bode

Montage :

- Proposer un montage (= schéma où apparaissent les branchements de l'oscilloscope) permettant de suivre à l'oscilloscope la tension d'entrée $V_e(t) = E_0 \cdot \cos(\omega t)$ et la sortie $V_s(t)$ du filtre
- Réaliser ce montage après accord de l'enseignant.

Étude qualitative :

- Effectuer un balayage grossier en fréquence afin de repérer si oui ou non le filtre se comporte comme un filtre passe-bas.
- Noter vos observations.

Tracé du diagramme de Bode

En gain :

- Proposer et mettre en œuvre un protocole qui permet de tracer le diagramme de Bode en gain (en dB) de ce filtre. On ira d'environ 50 Hz à une dizaine de kilohertz en réalisant une dizaine de mesures. Attention à bien répartir les fréquences sur l'échelle logarithmique (utiliser le papier *semilog* fourni).
- Une fois le diagramme réalisé, tracer les asymptotes et vérifier que la pente est bien de -20 dB/décade à hautes fréquences.

En phase :

- Mesurer le déphasage à basse fréquence, à haute fréquence, et pour $\omega = \omega_c$.
- Tracer alors le diagramme de Bode en phase asymptotique.

Q4. Votre tracé est-il en accord avec la théorie ?

3. Influence sur un signal périodique (pour les plus rapides)

On utilise maintenant en entrée un signal créneau de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

- Régler le GBF pour obtenir ce signal et le visualiser à l'oscilloscope.

Analyse temporelle :

- Visualiser la sortie du filtre.

Q5. Le signal obtenu est-il cohérent avec le diagramme de Bode tracé précédemment ?

- Régler maintenant la fréquence du GBF à $f = 20 \text{ kHz}$. Visualiser la sortie du filtre. Relever l'allure des signaux d'entrée et de sortie du filtre.

Q6. Quelle fonction est alors réalisée par le filtre ?

Analyse fréquentielle : Visualisation du spectre

- Régler le GBF pour avoir de nouveau $f = 50 \text{ Hz}$.
- En utilisant le menu « Maths », utiliser la fonction FFT pour visualiser le spectre u signal d'entrée. L'axe des abscisses correspond alors aux fréquences. Régler alors l'échelle horizontal afin de visualiser les 5 premiers pics sur le spectre.
- Relever les fréquences et les amplitudes des 3 premiers pics. Utiliser pour cela l'outil curseur (source Math).

La décomposition de Fourier d'un créneau de fréquence f_1 est la suivante :

$$\text{créneau}(t) = V_{\text{moy}} + \sum_{k \text{ impair}} \frac{A_{cc}}{\pi \cdot k} \cdot \cos\left(2\pi \cdot k \cdot f_1 - \frac{\pi}{2}\right)$$

où V_{moy} est la valeur moyenne du signal et A_{cc} est l'amplitude crête-à-crête du signal.

Q7. Les fréquences relevées sont-elles en accord avec la décomposition donnée ci-dessus ?

Q8. A quelles valeurs de k correspondent les trois premiers pics sur le spectre ? Les amplitudes relevées sont-elles en accord avec la dépendance en k ?

- Régler le GBF pour avoir $f = 20 \text{ kHz}$ et visualiser le spectre du signal de sortie.

La décomposition de Fourier d'un signal triangulaire de fréquence f_1 est la suivante :

$$\text{triangle}(t) = V_{\text{moy}} + \sum_{k \text{ impair}} \frac{A_{cc}}{\pi^2 \cdot k^2} \cdot \cos(2\pi \cdot k \cdot f_1)$$

Q9. Le spectre du signal de sortie est-il cohérent avec ce que l'on attend ? On s'appuiera sur le diagramme de Bode pour raisonner.