

TP 19 - FILTRAGE

Aujourd'hui, vous allez travailler sur plusieurs filtres différents, en particulier en relevant quelques points à placer dans leur diagramme de Bode. Vous étudierez aussi les caractères intégrateur ou dérivateur de ces filtres.

I Filtre passe-bas du premier ordre

Objectifs :

- Relever quelques points expérimentaux du digramme de Bode d'un filtre passe- bas.
- Observer le comportement intégrateur de ce filtre.

I.1 Montage

On choisit comme dans le cours un filtre composé d'un circuit RC série sur lequel la sortie est la tension aux bornes du condensateur. La résistance choisie vaut $R = 1 \text{ k}\Omega$ et la capacité du condensateur est $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$. On fournit en annexe le diagramme de Bode de ce filtre. L'entrée du filtre sera un GBF réglé sur une tension sinusoïdale, et on observera en même temps l'entrée et la sortie sur l'oscilloscope.

Indications :

- Pour ce filtre, la fonction de transfert peut s'écrire $\underline{H} = \frac{1}{1+jx}$ si l'on pose $x = \frac{\omega}{\omega_0} = RC\omega$.
- On peut négliger la résistance interne ($\simeq 50 \text{ }\Omega$) du GBF puisqu'elle est très inférieure à R .

Question (I.1.1)

Faire un schéma du montage en y faisant figurer les masses et les deux voies de l'oscilloscope (voie 1 pour $e(t)$, voie 2 pour $s(t)$).

Question (I.1.2)

Réaliser le montage en prenant une amplitude de 10 V pour la tension aux bornes du GBF et une fréquence $f = 200 \text{ Hz}$.

I.2 Mesures

Vous allez relever quelques points du diagramme de Bode et le superposer au diagramme théorique.

Question (I.2.1)

Faire la première mesure à la fréquence de 50 Hz : relever la valeur de l'amplitude de $s(t)$ ainsi que son déphasage (négatif, la sortie est en retard par rapport à l'entrée) par rapport à $e(t)$.

Question (I.2.2)

En déduire la valeur de $\underline{H}(f = 50 \text{ Hz})$ ainsi que $G_{dB}(f = 50 \text{ Hz})$.

Question (I.2.3)

Faire de même pour $f = 100 \text{ Hz}$ et commenter.

Question (I.2.4)

Faire de même pour $f = 159 \text{ Hz}$ et commenter.

Question (I.2.5)

On veut rapidement mesurer la pente de l'asymptote aux hautes fréquences dans le diagramme de Bode. On propose le premier point à 1590 Hz, en choisir un deuxième et mesurer la pente trouvée, on apportera un soin particulier à l'explication de la démarche.

Question (I.2.6)

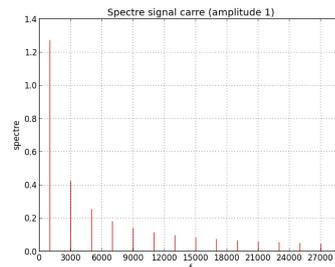
Placer **tous** les points expérimentaux relevés sur le diagramme de Bode théorique et comparer.

I.3 Caractère intégrateur

Indications :

- Une asymptote à - 20 dB/décade traduit un filtre qui réalise un montage intégrateur, à condition que le signal considéré ait toutes les fréquences de sa décomposition de Fourier dans la zone de l'asymptote.
- La décomposition en série de Fourier d'un signal créneau, d'amplitude U_m de fréquence f est :

$$u(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4U_m}{\pi(2n+1)} \sin(2\pi(2n+1)ft).$$



Question (I.3.1)

Quelles sont les fréquences des 3 premières harmoniques d'un signal créneau de fréquence 1000 Hz .

Question (I.3.2)

On désire intégrer ce signal créneau. Montrer que le filtre étudié précédemment convient.

Question (I.3.3)

Observer le signal obtenu en sortie du filtre lorsque un signal créneau à la fréquence de 1 kHz est envoyé en entrée. Est-ce conforme à vos prévisions ?

Question (I.3.4)

Remplacer le signal créneau par un signal triangulaire. Décrire la sortie obtenue et commenter en expliquant particulièrement pourquoi le signal obtenu n'est pas sinusoïdal.

II Filtrage d'un signal carré

Objectifs :

- Utiliser un filtre bien choisi afin de ne récupérer que le fondamental d'un signal créneau.

Utiliser le filtre RC précédent, en remplaçant le condensateur par un condensateur de capacité $C = 1,6 \cdot 10^{-7}$ F (la fréquence de coupure est alors voisine de 1 kHz), pour ne récupérer que le fondamental du signal créneau à 1 kHz.

Question (II.0.1)

Commenter le résultat obtenu, et proposer une explication. On pourra se servir du mode *FFT* (*Fast Fourier Transform*, transformée de Fourier rapide) de l'oscilloscope disponible dans *Maths* qui permet d'afficher le spectre du signal choisi puis d'effectuer des mesures grâce aux curseurs (*cursors*).

Indications :

- On peut réaliser un filtre plus sélectif (résonant et du second ordre) en regardant la tension aux bornes d'une résistance R d'un circuit RLC série.
- Pour un tel filtre, la fonction de transfert peut s'écrire $H = \frac{1}{1+jQ(x-1/X)}$ si l'on pose $x = \frac{\omega}{\omega_0} = \sqrt{LC}\omega$ et $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$
- Le diagramme de Bode en gain de ce filtre est donné ci-dessous.

On prend $L \simeq 1,2$ H et $R \simeq 400\Omega$.

Question (II.0.2)

Quelle valeur de C doit on choisir pour ne sélectionner que le fondamental ?

Question (II.0.3)

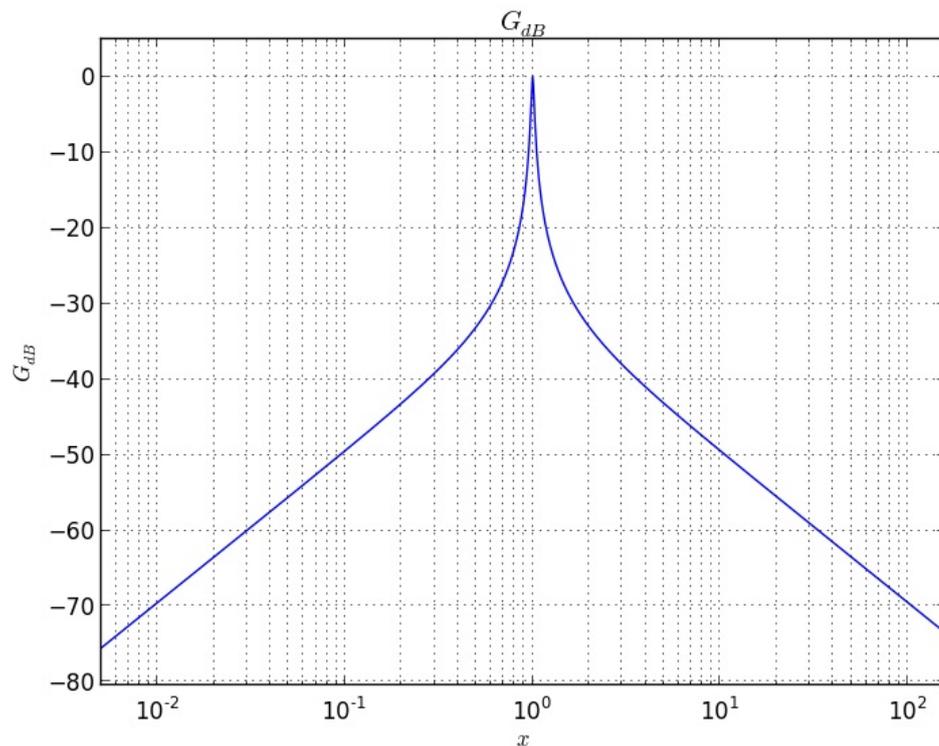
La valeur indicative de la bobine est très peu précise. En envoyant en entrée un signal sinusoïdal, ajuster la valeur de C afin d'avoir un gain maximal à la fréquence de 1 kHz.

Question (II.0.4)

Utiliser alors le filtre sur un signal créneau à 1 kHz, et vérifier que l'on obtient alors que le fondamental.

Question (II.0.5)

Adapter ces résultats afin de ne garder que la première harmonique à 3 kHz.



III Caractère dérivateur d'un filtre passe-haut du premier ordre

Objectifs :

- Concevoir un filtre passe-haut du premier ordre.
- Dimensionner ce filtre afin d'observer son caractère dérivateur sur un signal triangulaire.

Indications :

- On peut réaliser un filtre passe-haut avec seulement un condensateur et une résistance.
- Pour ce filtre, la fonction de transfert peut s'écrire $\underline{H} = \frac{jx}{1+jx}$ si l'on pose $x = \frac{\omega}{\omega_0} = RC\omega$.
- Dans l'asymptote à + 20 dB/décade, le filtre a un caractère dérivateur : il dérive tout signal dont les fréquences se situent dans la zone de l'asymptote.
- Un signal triangulaire d'amplitude U_m et de fréquence f peut se décomposer en série de Fourier comme :

$$u(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8U_m}{\pi^2(2n+1)^2} \cos(2\pi(2n+1)ft).$$

- On considèrera qu'une harmonique est nulle si son amplitude est inférieure à un millièème de l'amplitude du fondamental.

Question (III.0.1)

Concevoir le filtre passe-haut grâce aux comportements basses et hautes fréquences du condensateur.

Question (III.0.2)

Choisir les valeurs des composants adaptés à la dérivation d'un signal triangulaire de fréquence 1 kHz.

Question (III.0.3)

Réaliser le montage et observer la sortie à l'oscilloscope puis commenter.

IV Annexe : Diagramme de Bode d'un filtre passe-bas du premier ordre

