

TP – Étude d'un filtre passe-bas

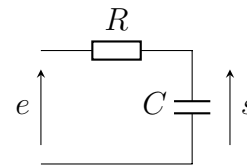
Matériel : Oscilloscope, GBF, carte d'acquisition et logiciel Latis Pro, $C = 100 \text{ nF}$, $R = 1,0 \text{ k}\Omega$, plaquette, papier semi-logarithmique.

Objectifs : Étudier expérimentalement les effets d'un filtre, tracer un diagramme de Bode.

I Rappels théoriques sur le filtre étudié

On considère le filtre schématisé ci-contre.

L'étude de ce filtre a été réalisée en cours. Sa fonction de transfert est :



$$\underline{H}(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_c}, \quad \text{avec} \quad \omega_c = \frac{1}{RC}. \quad (1)$$

- 1 - Faire l'application numérique pour la pulsation de coupure ω_c et la fréquence f_c associée à ω_c .
- 2 - Consulter le cours, page 6, partie II.2.b, pour avoir l'allure du diagramme de Bode de ce filtre.

L'objectif de la suite est d'étudier expérimentalement ce filtre, et de retrouver les prévisions théoriques.

II Tracé expérimental du diagramme de Bode

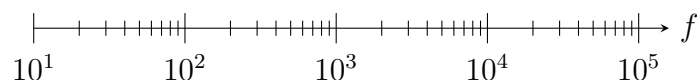
- 3 - **Montage :** proposer un montage (=schéma où apparaissent les branchements de l'oscilloscope) permettant de suivre à l'oscilloscope l'entrée $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$ et la sortie $s(t)$ du filtre.

Réaliser ce montage.

- 4 - **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.

- 5 - **Tracé du diagramme de Bode :** mettre en œuvre un protocole qui permet de tracer le diagramme de Bode en gain de ce filtre. On ira d'environ 50 Hz à une dizaine de kilohertz.

On pourra utiliser l'échelle logarithmique ci-dessous pour bien choisir les fréquences à mesurer, et on prendra la feuille en orientation paysage :



Une fois le diagramme réalisé, tracer l'asymptote à hautes fréquences et vérifier que sa pente est bien de -20 dB/décade .

- 6 - **Déphasage :** Mesurer le déphasage (si besoin revoir méthode chap. 4.0) à basse fréquence, à haute fréquence, et pour $\omega = \omega_c$.

Ceci est-il compatible avec la théorie (voir le cours) ?

III Influence sur un signal périodique

On utilise maintenant en entrée un signal créneau de fréquence $f = 1$ kHz.

- 7 - Faire une acquisition du signal d'entrée et de sortie sous Latis Pro. Sélectionner le mode d'acquisition **périodique** pour acquérir une dizaine de périodes.

Puis tracer le spectre de chacun des signaux

(calculs spécifiques → analyse de Fourier, ou simplement touche F6).

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.

- 8 - Prendre maintenant une fréquence $f = 50$ Hz pour le signal créneau, et commenter à nouveau le spectre observé en sortie (conforme à ce qu'on attend ?).

- 9 - Même question lorsque $f = 20$ kHz pour le créneau. Quelle est alors la fonction du filtre ? Cela se voit-il sur les signaux temporels ?

- 10 - Les questions qui précèdent sont qualitatives (sans calculs). Vérifions maintenant l'accord quantitatif. Côté expérience : prendre en entrée un créneau à 1 kHz, et mesurer l'amplitude du fondamental et des deux premières harmoniques dans le signal d'entrée et dans le signal de sortie. On notera ces amplitudes c_1 , c_2 et c_3 pour le signal d'entrée, et c'_1 , c'_2 et c'_3 pour le signal de sortie. Côté théorie : trouver la relation théorique entre c'_n et c_n , faire les applications numériques et conclure quant à l'accord avec l'expérience.

Annexe : Utilisation de Latis Pro

- **Acquisition** : Choisir le nombre de points, le pas d'échantillonnage, et la durée totale. Un menu permet également de choisir le mode de déclenchement de l'acquisition.
 - Pour lancer l'acquisition : bouton "play" en haut, ou F10. Touche **échap** pour la stopper en cas de problème.
 - Cocher la case **mode permanent** permet, une fois l'acquisition lancée, de répéter sans cesse l'acquisition. Il s'agit en quelque sorte d'un mode "oscilloscope". Touche **échap** pour arrêter.
 - Pour réaliser un spectre du signal, il est conseillé de visualiser au moins une dizaine de périodes du signal, tout en ayant une fréquence d'acquisition suffisamment élevée (qui respecte au moins le critère de Shannon : deux points par période, cf cours de spé).
- **Analyse de Fourier : traitements** → calculs spécifiques → analyse de Fourier. Ou bien touche F6. Une boîte de dialogue s'ouvre, différentes options, dont :
 - Choix entre calcul de l'amplitude de chaque coefficient de Fourier ($|c_n|$), ou du gain ($20 \log |c_n|$), ou de la phase (φ_n).
 - Choix de la portion du signal sur laquelle le spectre est calculé (**Sélection de périodes**) : automatique (le logiciel essaye de sélectionner un nombre entier de périodes), ou manuel.
 - Plage d'affichage du spectre (**Résultat sur**) : affiche le spectre de 0 à $f_e/2$ ou de 0 à f_e , etc. Le choix **auto** correspond à 0 - $f_e/2$, et c'est sur cet intervalle que l'on est certain d'avoir un spectre correct lorsque le critère de Shannon est respecté.
 - L'indication **Delta-F** en bas à gauche correspond à l'incertitude en fréquence sur le spectre affiché. C'est la séparation entre deux pics consécutifs du spectre. Ceci correspond en fait à $1/(\text{durée de l'acquisition où est fait le calcul})$, c'est pourquoi il faut effectuer le calcul du spectre au moins sur une dizaine de périodes.