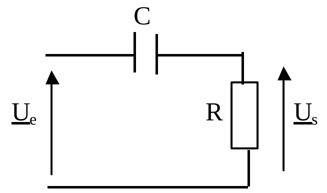
TP N° 10 : FILTRES PASSIFS PASSE-HAUT D'ORDRE 1, PASSE-BANDE D'ORDRE 2.

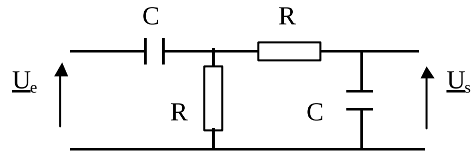
I. Objectif.

On désire tracer les diagrammes de Bode des filtres passifs suivants, étudiés en régime sinusoïdal forcé de pulsation ω :

Filtre passe-haut d'ordre 1 :



Filtre passe-bande d'ordre 2 :



II. Etude théorique, choix des paramètres.

<u>1. Filtre passe-haut.</u>

La fonction de transfert du filtre passe-haut est : $\underline{H}(j\omega) = \dfrac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}} = \dfrac{j\dfrac{\omega}{\omega_0}}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_0}}$ où $\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$.

De façon à ne pas être limité en fréquences par la bande passante du multimètre numérique (environ 200 kHz), on choisit une fréquence de coupure basse $f_0 = \dfrac{\omega_0}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi RC} = 5$ kHz . On fixe pour cela $R = 1{,}5\ k\Omega$ d'où $C = \dfrac{1}{2\pi R f_0} = 21$ nF .

Pour obtenir exactement ces valeurs, on réglera chacune des boîtes de résistance (à l'ohmmètre) et de capacité (au capacimètre) pour qu'il s'affiche la valeur désirée, sans se fier aux indications de ces boîtes.

<u>2. Filtre passe-bande.</u>

La fonction de transfert du filtre passe-bande, étudié à l'exercice 6 du TD 7 , est :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}} = \frac{1}{3+j(RC\omega - \dfrac{1}{RC\omega})} = \frac{H_0}{1+jQ(\dfrac{\omega}{\omega_0}-\dfrac{\omega_0}{\omega})} \text{ avec } \omega_0 = \frac{1}{RC} \text{ et } Q = H_0 = \frac{1}{3} .$$

Pour la fréquence de résonance $f_0 = \dfrac{\omega_0}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi RC}$ le gain en décibels est $G_{max} = 20 \log H_0 = -9{,}5$ dB .

Pour les fréquences de coupure $f_1 = \dfrac{f_0}{2}(-\dfrac{1}{Q}+\sqrt{\dfrac{1}{Q^2}+4})$ et $f_2 = \dfrac{f_0}{2}(\dfrac{1}{Q}+\sqrt{\dfrac{1}{Q^2}+4})$ on a $G = G_{max} - 3 = -12{,}5$ dB .

De façon à ne pas être limité en fréquences par la bande passante du multimètre numérique (200 kHz), on choisit une fréquence de résonance de 5 kHz : on fixe pour cela $R = 1{,}5\ k\Omega$ d'où $C = \dfrac{1}{2\pi R f_0} = 21$ nF .

Pour obtenir exactement ces valeurs, on réglera chacune des boîtes de résistance (à l'ohmmètre) et de capacité (au capacimètre) pour qu'il s'affiche la valeur désirée, sans se fier aux indications de ces boîtes (ceci est impératif si l'on veut garantir la même valeur pour les deux résistances d'une part et pour les deux capacités d'autre part).

On en déduit $f_1 = 1{,}5$ kHz et $f_2 = 16{,}5$ kHz .

III. Etude expérimentale.

<u>1. Rappel du principe des mesures.</u>

Mesure d'une tension en décibels à l'aide du multimètre numérique.

Se rapporter au TP 9 III.2. : $\boxed{G(\omega) == U_{s,dB} - U_{e,dB}}$.
On fixe une valeur commode pour U_e , par exemple $U_{e,dB} = -10$ dB , alors, U_e restant constant lorsque la fréquence varie (s'en assurer en permanence à l'oscilloscope), $G(\omega) = U_{s,dB} + 10$.

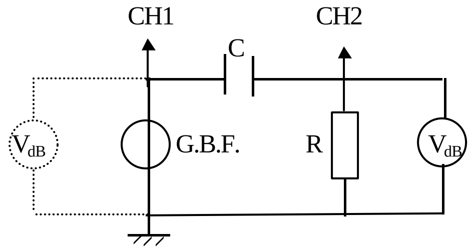
Mesure pratique du déphasage par lecture de l'oscillogramme.

Se rapporter au TP 7 II.1. : $\boxed{|\varphi_{us/ue}\ (°)| = 20\ x}$ où x est le décalage temporel entre u_s et u_e , en divisions, pour la base de temps décalibrée pour satisfaire à $T/2 \leftrightarrow 9$ div .

On réglera dans chaque cas la tension d'entrée pour avoir $U_{e,dB} = -10$ dB , on vérifiera à l'oscilloscope que cette tension reste constante pour toute l'expérience (la réajuster au besoin).
Il sera intéressant de procéder d'abord à une excursion rapide en fréquence pour vérifier le bon ordre de grandeur de la fréquence de coupure pour le premier filtre et de la fréquence de résonance pour le second filtre, sans faire de mesure mais en observant l'allure des courbes u_s et u_e à l'oscilloscope.

2. Etude expérimentale du filtre passe-haut.

Réaliser le montage ci-dessous :



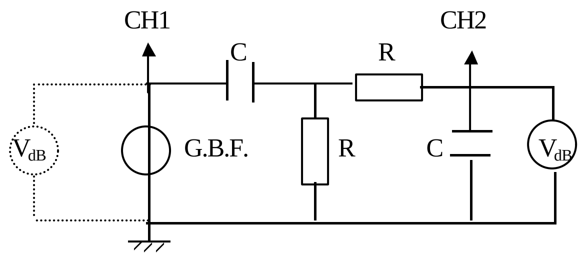
Procéder aux mesures pour $f \in [\,0{,}10 \text{ kHz} , 100 \text{ kHz}\,]$, les fréquences étant choisies pour qu'elles se répartissent à peu près également en échelle logarithmique (soit en kHz : 0,1 ; 0,3 ; 0,5 ; 1 ; 3 ; 5 ; 10 ; 30 ; 50 ; 100) tout en multipliant les mesures lorsque les variations du gain ou de la phase sont notables.

Tracer le diagramme de Bode expérimental (réel et asymptotique) sur la feuille de papier semi-logarithmique correspondante.
Déterminer les valeurs expérimentales de la fréquence de coupure et de la pente de l'asymptote basse fréquence (la fréquence de coupure expérimentale se détermine par la relation $G(f_0) = -3$ dB plutôt qu'à l'intersection des asymptotes).

Comparer aux valeurs attendues tant pour le gain que pour la phase.

3. Etude expérimentale du filtre passe-bande.

Réaliser le montage ci-dessous :



Procéder aux mesures comme précédemment.

Tracer le diagramme de Bode expérimental (réel et asymptotique) sur la feuille de papier semi-logarithmique correspondante.
Déterminer les valeurs expérimentales des fréquences de résonance et de coupure ainsi que la pente des asymptotes basse et haute fréquences (dans l'ordre : la fréquence de résonance se détermine à l'intersection des deux asymptotes BF et HF, on y lit G_{max} ; on en déduit $G_{max} - 3$ auquel correspondent les deux fréquences de coupure).

Comparer aux valeurs attendues tant pour le gain que pour la phase.

Remarque.

Dans le cas du passe-bande, on peut efficacement compléter les mesures à « hautes fréquences » en utilisant un dB-mètre analogique, de bande passante 1 MHz .

On peut également penser à lire à l'oscilloscope, de bande passante 20 MHz , les amplitudes $U_{e,max}$ et $U_{s,max}$ pour calculer
$G = 20 \log \dfrac{U_s}{U_e} = 20 \log \dfrac{U_{s,\,max}}{U_{e,\,max}}$, mais, à « hautes fréquences », on est en très petits signaux (ronflement et bruit)...