Série : Filtre passe bas passif et passe haut

Prof : Labiadh Houcine

Exercice I :

On considère le circuit représenté sur la figure 1, qui comporte :

- un générateur basses fréquences GBF qui délivre une tension sinusoïdale : $u_e(t) = U_{Em}\sin(2\pi Nt)$ de fréquence N variable et d'amplitude $U_{Em} = 2$ V maintenue constante tout au long de l'expérience ;
- un conducteur ohmique de résistance **R** réglable ;
- un condensateur de capacité $C = 10^{-6}$ F.

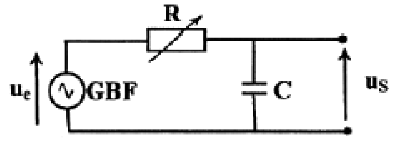


Figure 1

On fait varier la fréquence N du GBF et on mesure à chaque fois la valeur maximale U_{Sm} de la tension aux bornes du condensateur notée $u_s(t)$. Les mesures permettent d'obtenir les courbes $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ de la figure 2 :

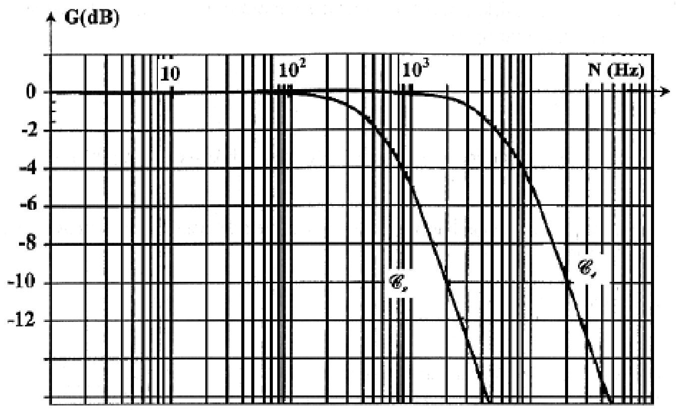


Figure 2

1- Rappeler l'expression du gain G(dB) en fonction de la transmittance $T = \frac{U_{Sm}}{U_{Em}}$.

2- Déterminer à partir de la courbe $\mathscr{C}_1$:

a- la valeur maximale U_{Sm} de la tension aux bornes du condensateur pour **N** = 2 kHz ;

b- la fréquence de coupure N_c du filtre ;

c- l'intervalle de fréquences pour lequel le filtre est passant. En déduire la nature du filtre.

3- a- Etablir l'équation différentielle reliant la tension $u_s(t)$ aux bornes du condensateur, sa dérivée première $\frac{du_s}{dt}$, $u_e(t)$ et la constante de temps $\tau = RC$.

b- Par construction de Fresnel, établir l'expression de la transmittance **T** en fonction de **N** et τ.

c- Déduire l'expression du gain G(dB) en fonction de **N** et τ.

4- a- Etablir l'expression générale de la fréquence de coupure N_c du filtre à -3dB, en fonction de τ.

b- Déterminer à partir de la courbe $\mathscr{C}_2$ la valeur de la fréquence de coupure N'_c.

c- Déduire les valeurs des résistances R_1 et R_2 prises par R sachant que R_1 est inférieure à R_2.

Exercise II:

Un générateur basses fréquences (GBF) délivrant une tension sinusoïdale de valeur maximale constante, alimente un filtre CR constitué d'un condensateur de capacité C réglable et un conducteur ohmique de résistance R comme le montre la figure 5.
On désigne par $u_E(t)$ la tension d'entrée du filtre et par $u_S(t)$ sa tension de sortie, avec :
$u_E(t) = U_{Emax}\sin(2\pi Nt)$ et $u_S(t) = U_{Smax}\sin(2\pi Nt + \varphi)$.

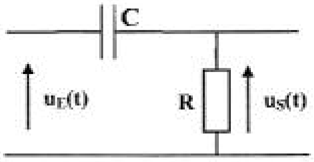


Figure 5

Pour une tension maximale U_{Emax} donnée, on fait varier la fréquence N du générateur. Pour chaque valeur de N, on mesure la tension maximale U_{Smax} et par la suite on détermine la valeur de la transmittance T du filtre donnée par : $T = \frac{U_{Smax}}{U_{Emax}}$.

La courbe de la figure 6 traduit la variation de T en fonction de N.

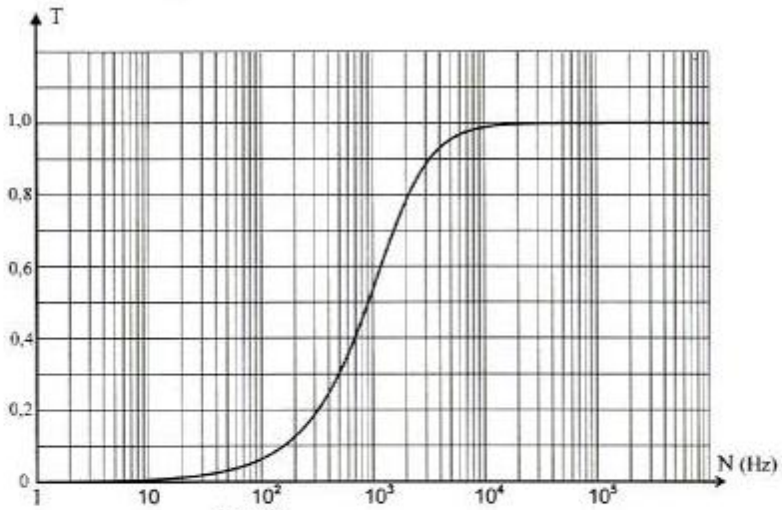


Figure 6

1) a- Définir un filtre électrique.
   b- Préciser, en le justifiant, si le filtre CR considéré est :
      – actif ou passif .
      – passe-haut, passe-bas ou passe-bande.

2) a- Rappeler la condition pour qu'un filtre électrique soit passant.
   b- Déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure du filtre et déduire sa bande passante. On prendra : $\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7$.
   c- On considère deux signaux (S_1) et (S_2) de fréquences respectives N_1 = 1 kHz et N_2 = 2 kHz. Lequel des deux signaux est transmis par le filtre ? Justifier.

Exercise III:

A l'entrée du filtre schématisé sur la figure 1, on applique une tension sinusoïdale $\mathbf{u_E(t) = U_{Em}\sin(2\pi Nt)}$ de valeur maximale $\mathbf{U_{Em}}$ constante, et de fréquence **N** réglable.
La tension de sortie du filtre est $\mathbf{u_S(t) = U_{Sm}\sin(2\pi Nt+\varphi)}$.
La capacité du condensateur vaut **C=2,1µF**.

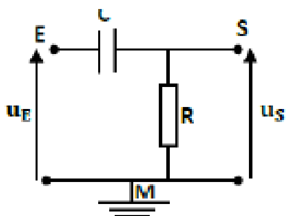


Figure 1

1/ **a**- Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la tension de sortie $u_S(t)$.

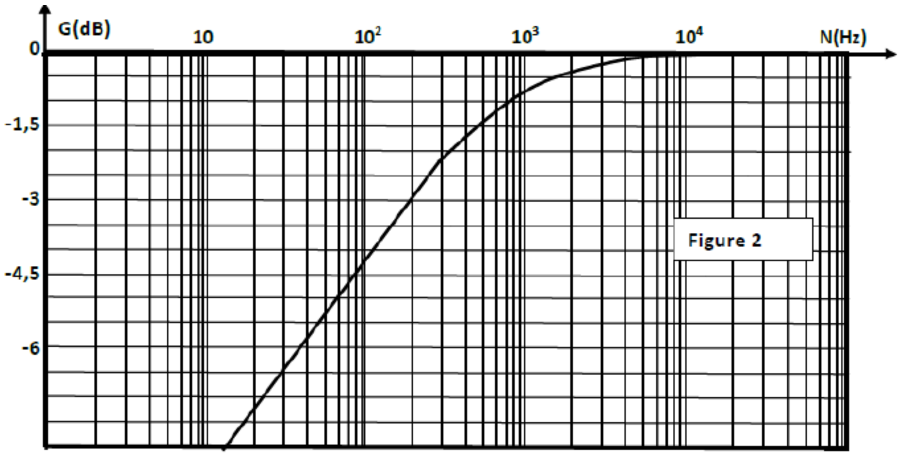
b- En utilisant la construction de Fresnel, déterminer l'expression de la transmittance **T** du filtre en fonction de **N**, **R** et **C**.

c- En déduire que le gain du filtre est donné par la relation : $G = -10\log(1 + \frac{1}{(2\pi NRC)^2})$.

d- Vérifier que G_0 la valeur maximale du gain est nulle.

2/ Montrer que la fréquence de coupure du filtre est : $N_C = \frac{1}{2\pi RC}$.

3/ On suit l'évolution du gain **G** du filtre en fonction de la fréquence **N**, puis on trace la courbe de **G=f(N)** de la figure 2 ci-dessous :



a- Déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure N_c de ce filtre.

b- En déduire la bande passante du filtre. Ce filtre est-il passe-haut ou passe-bas ?

c- Calculer la valeur de la résistance **R**.

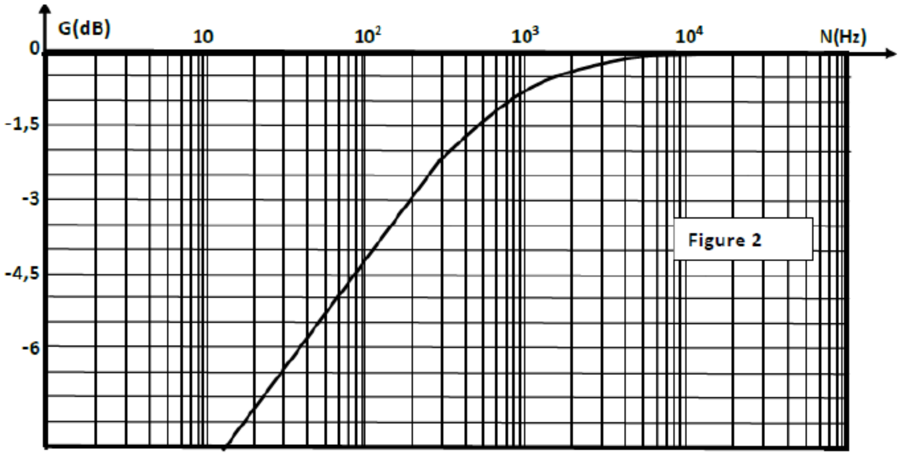
4/ On applique à l'entré du filtre un signal (S_1) de fréquence N_1=**100Hz**

a- Monter ce signal n'est pas transmis.

b- On permute le condensateur et le résistor. La tension de sortie sera prise aux bornes du condensateur. Montrer alors que le signal (S_1) sera transmis.

c- Représenter, sur la figure 2 en annexe, l'allure de la courbe de **G=f(N)** suite cette modification

Exercise IV:



a- Déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure N_c de ce filtre.

b- En déduire la bande passante du filtre. Ce filtre est-il passe-haut ou passe-bas ?

c- Calculer la valeur de la résistance **R**.

4/ On applique à l'entré du filtre un signal (S_1) de fréquence **N_1=100Hz**

a- Monter ce signal n'est pas transmis.

b- On permute le condensateur et le résistor. La tension de sortie sera prise aux bornes du condensateur. Montrer alors que le signal **(S_1)** sera transmis.

c- Représenter, sur la figure 2 en annexe, l'allure de la courbe de **G=f(N)** suite cette modification

Exercise IV:

A l'aide d'un condensateur de capacité **C** et d'un conducteur ohmique de résistance **R = 480 Ω**, on réalise un filtre électrique (**F**). L'entrée de ce filtre est alimentée par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale **$u_E(t)$**, d'amplitude **U_{Emax}** constante et de fréquence **N** réglable. La tension de sortie **$u_S(t)$** de ce filtre est également sinusoïdale, de même fréquence **N** que la tension d'entrée et d'amplitude $U_{Smax} = \dfrac{U_{Emax}}{\sqrt{1+(2\pi NRC)^2}}$.

On rappelle qu'un filtre est passant lorsque sa transmittance $T = \dfrac{U_{Smax}}{U_{Emax}}$ vérifie la condition : $T \geq \dfrac{T_0}{\sqrt{2}}$; où T_0 est la valeur maximale de **T**. On prendra $\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 0,7$.

1- Définir un filtre électrique.

2- Préciser, en le justifiant, si le filtre réalisé est :
- passif ou actif ;
- passe bas, passe haut ou passe bande.

3- Schématiser le filtre (**F**) en précisant la tension d'entrée et la tension de sortie.

4- Etablir l'expression de la fréquence de coupure N_C de ce filtre.

5- La courbe traduisant l'évolution de l'amplitude U_{Smax} de la tension de sortie en fonction de la fréquence **N** de la tension d'entrée est donnée par la **figure 5 de l'annexe (page 5/5)**.

En exploitant cette courbe, déterminer :

a- la valeur de l'amplitude U_{Emax} de la tension d'entrée ;

b- la fréquence de coupure N_C du filtre. En déduire la valeur de la capacité **C** du condensateur.

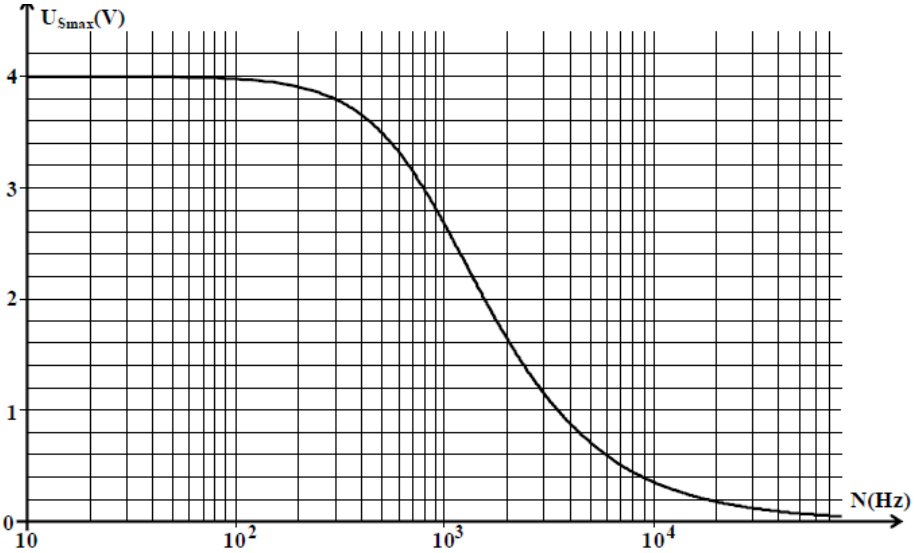


figure 5

Exercise V:

Le deuxième groupe réalise le filtre électrique (F) schématisé sur la **figure 7**, puis visualise simultanément, à l'aide de l'oscilloscope, la tension $\mathbf{u_E(t)}$ aux bornes du (GBF) et la tension $\mathbf{u_S(t)}$ aux bornes du conducteur ohmique. Pour une valeur $\mathbf{N_3}$ de la fréquence de la tension délivrée par le (GBF), on observe sur l'écran de l'oscilloscope les courbes **(1)** et **(2)** de la **figure 8**.

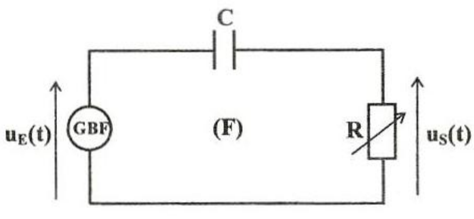


figure 7

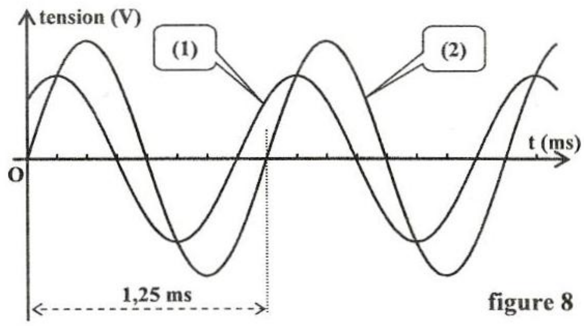


figure 8

- La résistance du conducteur ohmique est ajustée à la valeur $\mathbf{R_1 = 10\ k\Omega}$.
- Le (GBF) impose à l'entrée du filtre une tension sinusoïdale $\mathbf{u_E(t) = U_{Emax}\sin(2\pi Nt)}$ d'amplitude $\mathbf{U_{Emax} = 6{,}5\ V}$ et de fréquence **N** réglable.
- La tension de sortie de ce filtre est de la forme : $\mathbf{u_S(t) = U_{Smax}\sin(2\pi Nt + \varphi_{u_s})}$.

On rappelle qu'un filtre est passant lorsque sa transmittance $T = \dfrac{U_{Smax}}{U_{Emax}}$ vérifie la condition :

$\mathbf{T} \geq \dfrac{\mathbf{T_0}}{\sqrt{2}}$; où $\mathbf{T_0}$ est la valeur maximale de **T**.

1- a- Dire, en le justifiant, si le filtre réalisé est actif ou passif.

b- En étudiant le comportement du condensateur à basses et à hautes fréquences, vérifier qu'il s'agit d'un filtre passe haut.

c- En déduire que la **courbe (1)** correspond à la tension de sortie $\mathbf{u_S(t)}$.

2- a- En exploitant les courbes de la **figure 8**, montrer que N_3 correspond à la fréquence de coupure du filtre. Déterminer sa valeur.

b- Déterminer, à la fréquence N_3, la valeur de l'amplitude U_{Smax} de la tension de sortie $u_S(t)$.

3- En voulant écrire l'expression de la transmittance **T** de ce filtre, un élève hésite entre les relations (A) et (B) suivantes:

$$\textbf{(A)}\quad T = \frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{1}{(2\pi N R_1 C)^2}}} \qquad ; \qquad \textbf{(B)}\quad T = \frac{1}{\sqrt{1+(2\pi N R_1 C)^2}}$$

a- Identifier, parmi ces deux expressions, celle qui correspond au filtre **(F)**. Justifier.

b- Etablir l'expression de la fréquence de coupure du filtre **(F)**.

c- En déduire la valeur de la capacité **C** du condensateur.