Lycée ghardimaou | **SERIE N°12** | Classe : 4emeTechnique

A.S : 2013/2014 | Les Filtres électriques | Prof :Fkiri .Faouzi

Exercice 1 :

A l'aide d'un amplificateur opérationnel supposé idéal, et polarisé à **± 15 V**, de deux condensateurs de même capacité **C = 0,47 µF** et de trois conducteurs ohmiques de résistances **R**, **R'** et **R''**, on réalise deux filtres électriques **(F_1)** et **(F_2)** schématisés respectivement sur les figures **2** et **3**. L'entrée de chacun de ces filtres est alimentée par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale **$u_e(t)$** d'amplitude constante **U_{Em}** et de fréquence **N** réglable.

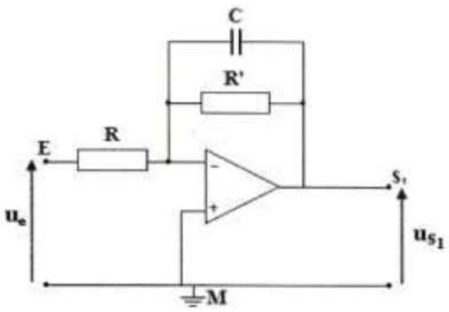


figure 2

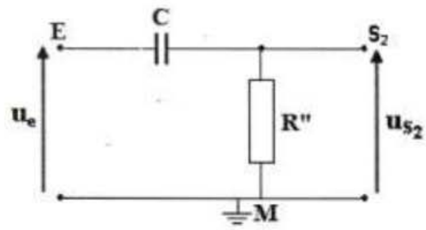


figure 3

Les tensions de sortie $u_{S_1}(t)$ et $u_{S_2}(t)$ de (F_1) et (F_2) sont sinusoïdales de même fréquence **N** que la tension d'entrée $u_e(t)$ et d'amplitudes respectives U_{S_1m} et U_{S_2m}.

Les tensions de sortie $u_{S_1}(t)$ et $u_{S_2}(t)$ de (F_1) et (F_2) sont sinusoïdales de même fréquence **N** que la tension d'entrée $u_e(t)$ et d'amplitudes respectives U_{S_1m} et U_{S_2m}.

On donne les expressions des gains G_1 et G_2 respectivement de (F_1) et (F_2) :

$$G_1 = 20\log\frac{R'}{R} - 10\log\left[1 + (2\pi NR'C)^2\right] \quad \text{et} \quad G_2 = -10\log\left[1 + \frac{1}{(2\pi NR''C)^2}\right]$$

où **log** désigne le logarithme décimal.

Un filtre électrique est supposé passant lorsque son gain **G** satisfait la condition: **$G \geq G_0$ - 3dB** avec **G_0** son gain maximal.

1-Définir un filtre électrique.

2-Préciser, en le justifiant, s'il s'agit d'un filtre passif ou actif pour (F_1) et (F_2).

3-On suit l'évolution du gain **G** de chacun des filtres (F_1) et (F_2) en fonction de la fréquence **N**. On obtient alors les courbes ($\mathscr{C}$) et ($\mathscr{C}'$) représentées sur la figure **4**

En exploitant les courbes (𝒞) et (𝒞') ainsi que les expressions de G_1 et G_2:

a- vérifier que la courbe (𝒞) correspond à l'évolution du gain G_2 du filtre (F_2) en fonction de la fréquence **N;**

b- déterminer les valeurs maximales G_{0_1} et G_{0_2} respectivement de G_1 et G_2;

c- identifier, en le justifiant, lequel des deux filtres (F_1) et (F_2) peut amplifier la tension électrique;

d- déterminer les fréquences de coupure N_{C1} et N_{C2}, respectivement, de (F_1) et (F_2);

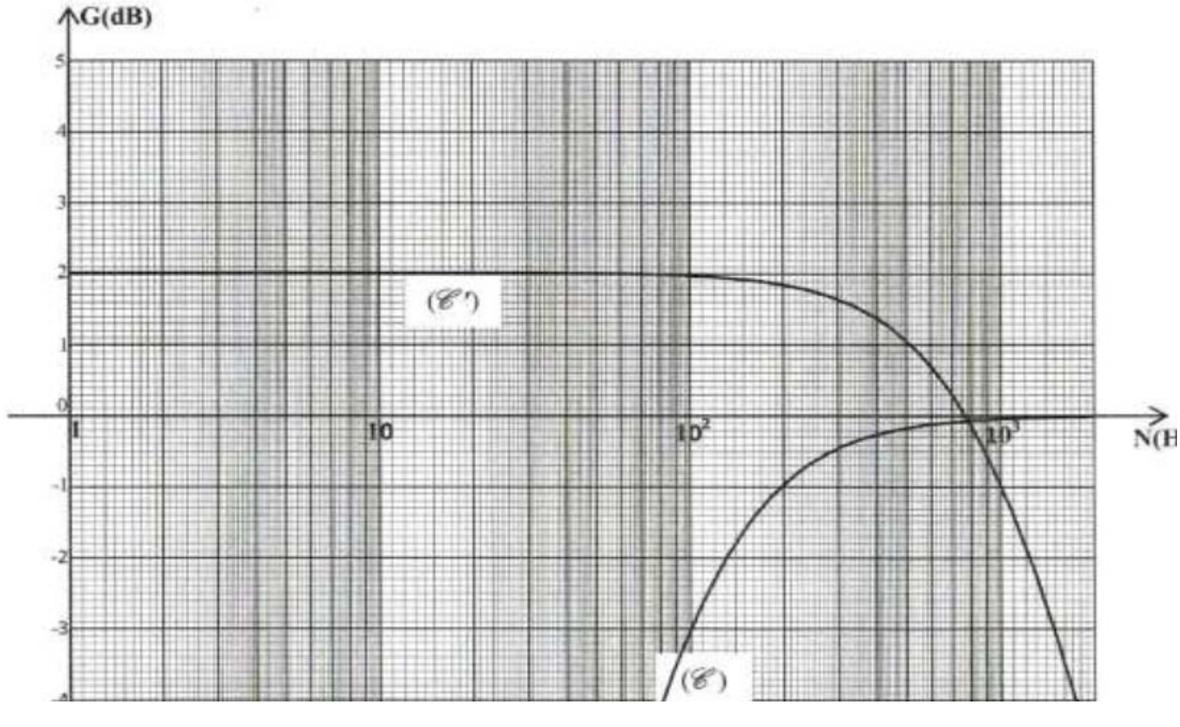
e- préciser la nature (passe bas, passe bande, passe haut) de chacun des filtres;

f- hachurer, sur la figure **4** de la page **5/5** (feuille annexe), le domaine de fréquence pour lequel les deux filtres (F_1) et (F_2) soient passants pour une même fréquence.

4-a- Montrer que les fréquences de coupure N_{C1} et N_{C2}, respectivement, des filtres (F_1) et (F_2), ont pour expressions: $N_{C1} = \dfrac{1}{2\pi R'C}$ et $N_{C2} = \dfrac{1}{2\pi R''C}$.

b- Calculer les valeurs de **R**, **R'** et **R''**.

5- Etablir la condition que doit satisfaire les résistances **R**, **R'** et **R''**, pour avoir à la fois, la même valeur maximale G_0 du gain et la même fréquence de coupure N_C de (F_1) et (F_2).



Exercice n°2

On réalise le montage du filtre électrique schématisé par la figure 5 et constitué de deux conducteurs ohmiques de résistances respectives R_1 et R_2, d'un amplificateur opérationnel supposé idéal et d'un condensateur de capacité **C**. Une tension électrique sinusoïdale: $u_E(t) = U_{Em}\sin(2\pi Nt)$, d'amplitude constante et de fréquence **N** réglable est appliquée à l'entrée du filtre. La tension de sortie est:

$u_S(t) = U_{Sm}\sin(2\pi Nt + \varphi)$.

1- Justifier qu'il s'agit d'un filtre actif.

2- La transmittance **T** de ce filtre a pour expression :

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1+(2\pi NR_1C)^2}}, \quad \text{avec} \quad T_0 = \frac{R_1}{R_2}.$$

a- Préciser le comportement de ce filtre pour les faibles et les hautes fréquences.

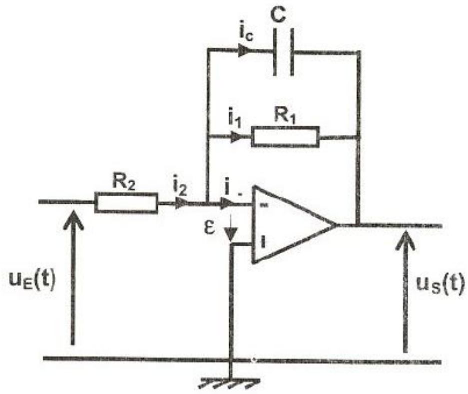


Figure 5

b- En déduire la nature du filtre (passe-bas, passe-haut).

c- Déterminer l'expression de sa fréquence de coupure N_C.

3- Pour une fréquence N_1 de la tension d'entrée et pour $R_2 = R_1$, les variations des tensions $u_E(t)$ et $u_S(t)$ au cours du temps sont données par les courbes **(d)** et **(e)** de la figure 6.

a- Justifier que la courbe **(d)** correspond à $u_S(t)$.

b- Déterminer la valeur de la fréquence N_1 et montrer qu'elle correspond à la fréquence de coupure N_C du filtre (on prendra $\sqrt{2} \simeq 1,4$).

c- Calculer la valeur de la capacité **C** du condensateur. On donne $R_1 = R_2 = 320\ \Omega$.

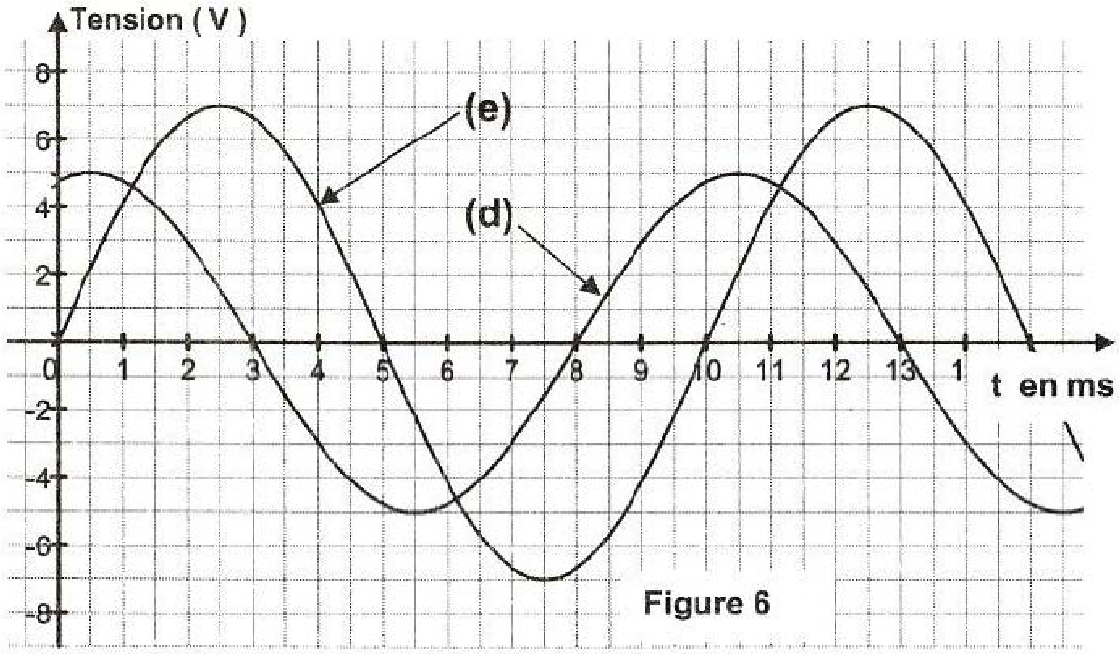


Figure 6

EXERCICE N°3

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 $u_S(t) = U_{Smax}\sin(2\pi Nt + \varphi)$.

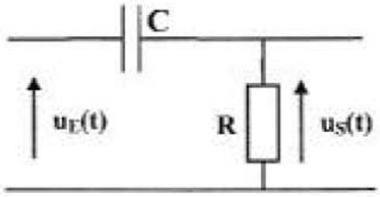


Figure 5

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 : $T = \dfrac{U_{Smax}}{U_{Emax}}$.

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

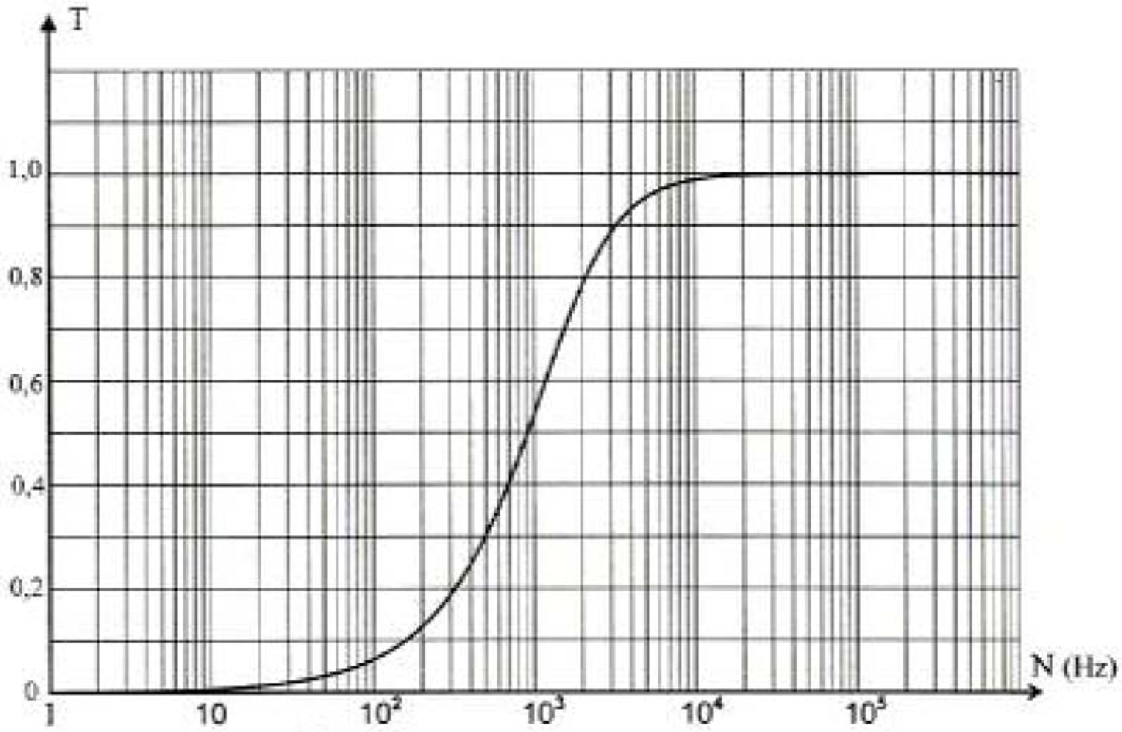


Figure 6

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 : $\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 0,7$.
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.

3) a- Montrer que l'équation différentielle régissant les variations de $u_S(t)$ s'écrit :

$$u_S(t) + \frac{1}{RC}\int u_S(t)\,dt = u_E(t).$$

b- Faire la construction de Fresnel relative à cette équation différentielle.

c- Montrer, en exploitant la construction de Fresnel , que la transmittance T du filtre peut se mettre sous la forme : $T = \dfrac{1}{\sqrt{1+\dfrac{1}{(2\pi RCN)^2}}}$

4) a- Montrer que la fréquence de coupure N_c de ce filtre est donnée par la relation : $N_c = \dfrac{1}{2\pi RC}$.

Calculer sa valeur pour $R = 10\ k\Omega$ et $C = 10\ nF$.

b- Calculer la valeur limite C_0 de la capacité C du condensateur permettant la transmission des deux signaux (S_1) et (S_2), considérés dans la question (2– c).

Exercice N°4

Un générateur basse fréquence (**GBF**), délivrant une tension sinusoïdale de fréquence **N** réglable et d'amplitude constante, alimente un quadripôle constitué d'un condensateur de capacité **C**, d'une bobine d'inductance **L** et de résistance **r**, et d'un conducteur ohmique de résistance **R.**

On donne : **C = 2 µF, L = 0,8 H** et **R = 200 Ω.**

La tension de sortie de ce quadripôle est aux bornes du conducteur ohmique et elle est notée :

$$u_S(t) = U_{Sm}\sin(2\pi Nt + \varphi_S).$$

Cependant, la tension d'entrée de ce quadripôle est notée: $u_E(t) = U_{Em}\sin(2\pi Nt)$.

Un oscilloscope bicourbe, convenablement branché aux bornes de ce quadripôle, permet de visualiser, simultanément, les tensions $u_E(t)$ et $u_S(t)$.

Pour les fréquences N_1 et N_2 de **N**, on obtient, respectivement, les chronogrammes des figures **2** et **3**.

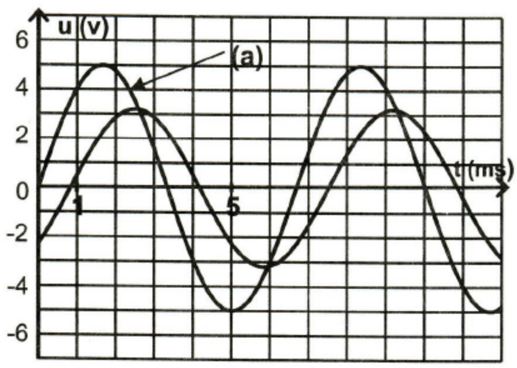


Figure 2

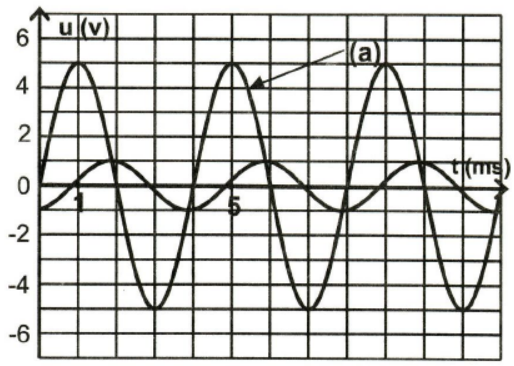


Figure 3

1- Schématiser ce quadripôle en précisant les tensions d'entrée et de sortie.

2- Déterminer, par exploitation des figures **2** et **3**, les fréquences N_1 et N_2 du **GBF.**

3- a- Justifier, pour les figures **2** et **3**, que la courbe **(a)** correspond à la variation de $u_E(t)$.

b- En déduire que le quadripôle, ainsi constitué, est un filtre électrique.

c- Préciser, en le justifiant, la nature de ce filtre (actif ou passif).

4- a- Déterminer, pour la fréquence N_1, la valeur de la transmittance T_1 de ce filtre. On rappelle que l'expression de la transmittance (ou fonction de transfert) d'un filtre est : $T = \frac{U_{Sm}}{U_{Em}}$.

b- Donner la relation entre la transmittance maximale T_0 et la transmittance T_1 pour que N_1 soit une fréquence de coupure.

c- Vérifier que N_1 est, pratiquement, une fréquence de coupure, en sachant que $T_0 = 0,91$.

5- Pour une fréquence N_0 de **N**, les tensions $u_E(t)$ et $u_S(t)$ sont en phase, avec une transmittance **T**

qui atteint sa valeur maximale T_0.

a- Déterminer la valeur de la fréquence N_0.

b- Montrer que l'expression de T_0 peut se mettre sous la forme : $T_0 = \frac{R}{R + r}$.

c- En déduire que la valeur de **r** est pratiquement égale à **20 Ω**.

6- Pour une fréquence N_3 inférieure à N_O, la transmittance T_3 est telle que : $T_3 = T_1$.

a- Montrer que N_3 est aussi une fréquence de coupure.

b- Préciser, en le justifiant, la nature de ce filtre (passe-bas, passe-haut ou passe-bande).

c- En déduire la largeur de la bande passante ΔN de ce filtre. On donne $N_3 = 105$ Hz .

d- Calculer la valeur du facteur de qualité **Q** de ce filtre.