

Physique : Thème : Filtre passe bas passif

**Exercice n°1 :** Un générateur basse -fréquence délivrant une tension sinusoïdale de fréquence  $N$  réglable , alimente un filtre RC. On désigne par  $u_E(t)$  la tension d'entrée du filtre et par  $u_S(t)$  sa tension de sortie , avec :  $u_E(t) = U_{Em} \sin(2fNt + \{ )$ .

1°) Donner le schéma d'un filtre RC en précisant l'entrée et la sortie d'un tel filtre.

2°) A l'aide d'un oscilloscope bi courbe , on visualise simultanément les tensions  $u_E(t)$  et  $u_S(t)$  du filtre .Pour une fréquence  $N_1$  de  $N$  et avec les sensibilités , on obtient l'oscillogramme de la figure1.

a°) Identifier les tensions d'entrée et de sortie du filtre.

b°) Justifier qu'il s'agit d'un filtre linéaire passif.

3°) Pour une tension d'entrée  $U_{Em}$  donnée , on fait varier la tension  $N$  du générateur .Pour chaque valeur de  $N$  , on mesure la tension maximale  $U_{Sm}$  .Les résultats de mesures permettent de tracer la courbe de réponse en gain du filtre RC, donnée par la figure2.

a°) Donner la condition pour qu'un filtre électrique soit passant.

b°) Déterminer graphiquement la fréquence de coupure  $N_h$  et la bande passante du filtre RC, en précisant ma méthode utilisée.

c°) On applique à l'entrée du filtre deux signaux ( $S_1$  ) et( $S_2$ ) de fréquences respectives  $N_1=700\text{Hz}$  et  $N_2=7\text{kHz}$ . Lequel des deux signaux est transmis par le filtre ? Justifier la réponse.

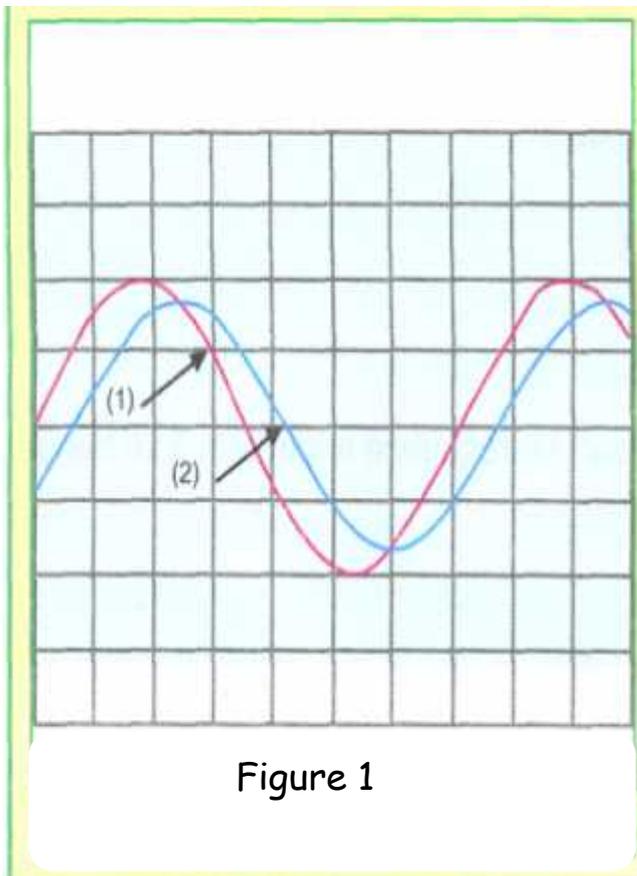


Figure 1

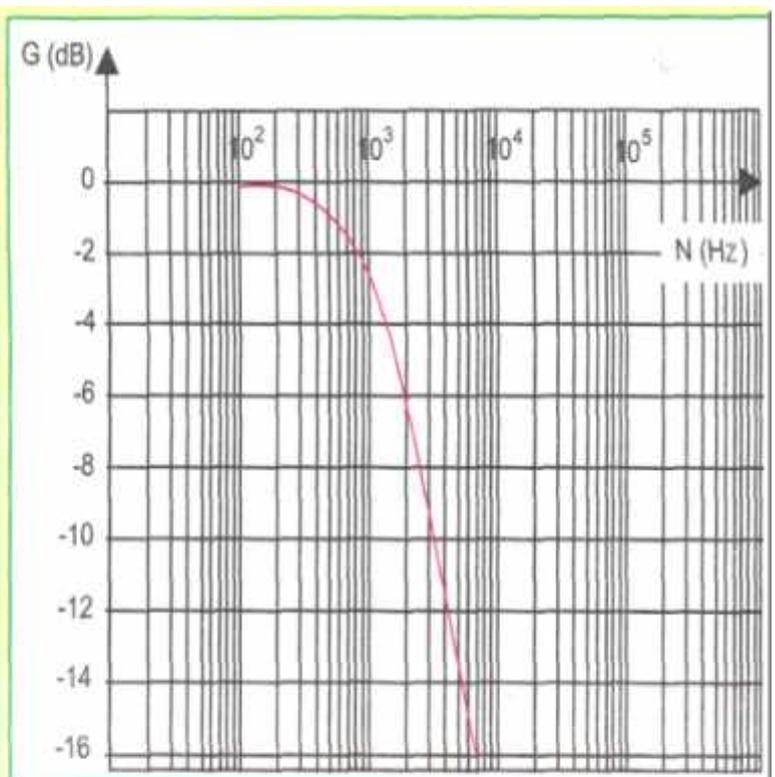
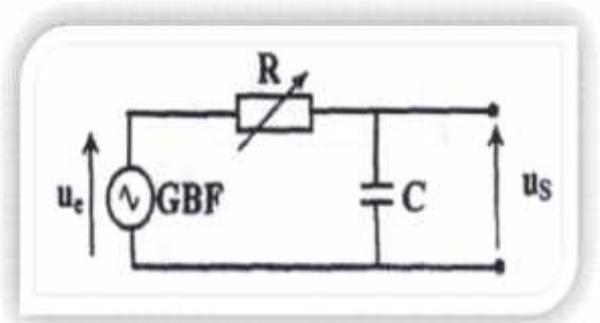


Figure 2

## Exercice n°2:

Partie A : A l'aide d'un conducteur ohmique de résistance  $R=318\Omega$  et d'un condensateur de capacité  $C=0,47\mu F$ , on réalise le filtre RC d'entrée  $u_E(t)$  et de sortie  $u_S(t)$ , comme le montre la figure n°1.



Un générateur basse fréquence, délivrant une tension sinusoïdale de fréquence  $N$  réglable, alimente ce filtre. Pour suivre l'évolution des tensions  $u_E(t)$  et  $u_S(t)$ , on relie respectivement les points E et S du filtre aux voies  $Y_1$  et  $Y_2$  de l'oscilloscope comme le montre la figure 1, et on ferme l'interrupteur K. La tension d'entrée du filtre

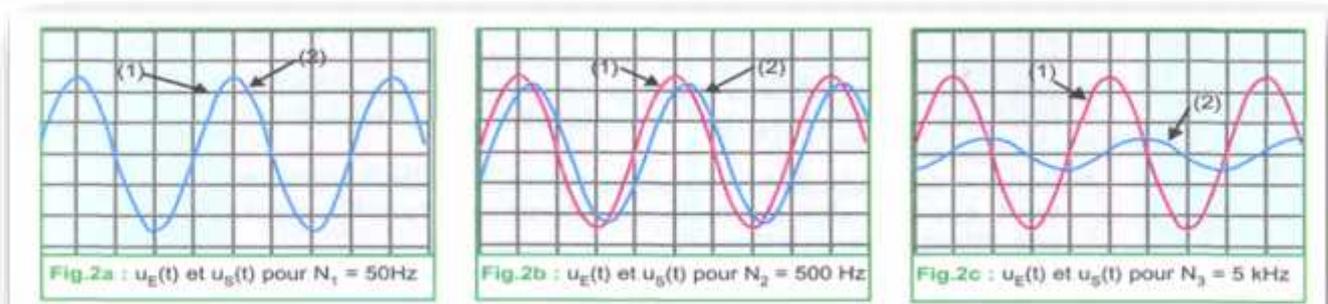
est sinusoïdale et de la forme : 
$$u_E(t) = U_{Em} \sin(2\pi Nt + \phi_E)$$

L'expérience consiste à faire varier la fréquence  $N$  de la tension d'entrée  $u_E(t)$ , avec  $U_{Em}=5V$ .

Pour chaque valeur de  $N$ , on note la valeur maximale  $U_{Sm}$  de la tension de sortie.

Pour trois fréquences différentes  $N_1, N_2$  et  $N_3$  de  $N$  et avec les mêmes sensibilités des deux voies de l'oscilloscope, on obtient les oscillogrammes des figures 2a, 2b et 2c.

Par exploitation des résultats de l'étude expérimentale, décrite précédemment, on trace la courbe de réponse en gain  $G(N)$  du filtre RC, donnée par la figure 3.



1°) Reproduire le schéma du circuit RC et faire les branchements nécessaires.

2°) A l'aide des oscillogrammes des figures 2b et 2c :

a°) Vérifier que  $u_S(t)$  est en retard de phase par rapport à  $u_E(t)$ .

b°) Comparer la valeur de  $U_{Sm}$  à celle de  $U_{Em}$ .

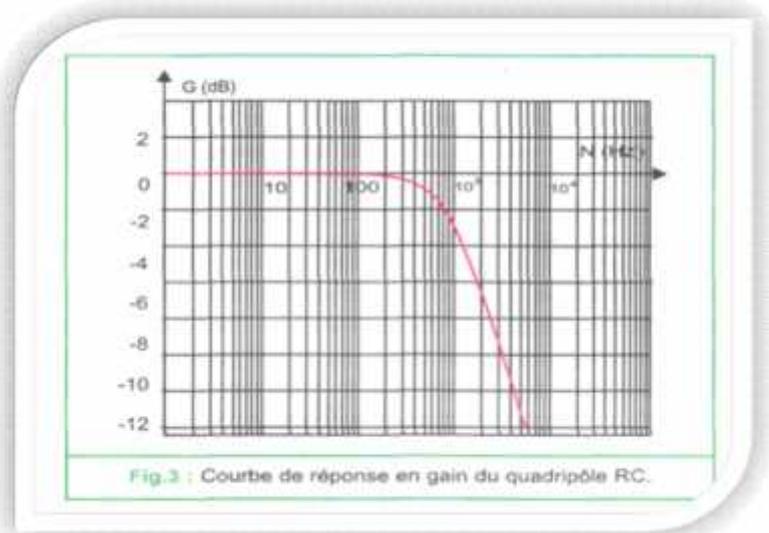
3°) Par exploitation de la courbe de réponse  $G(N)$  de la figure 3 :

a°) Déterminer graphiquement, la fréquence de coupure  $N_c$  du filtre.

b°) En déduire la largeur de sa bande passante.

c°) Justifier le comportement du filtre pour les hautes fréquences.

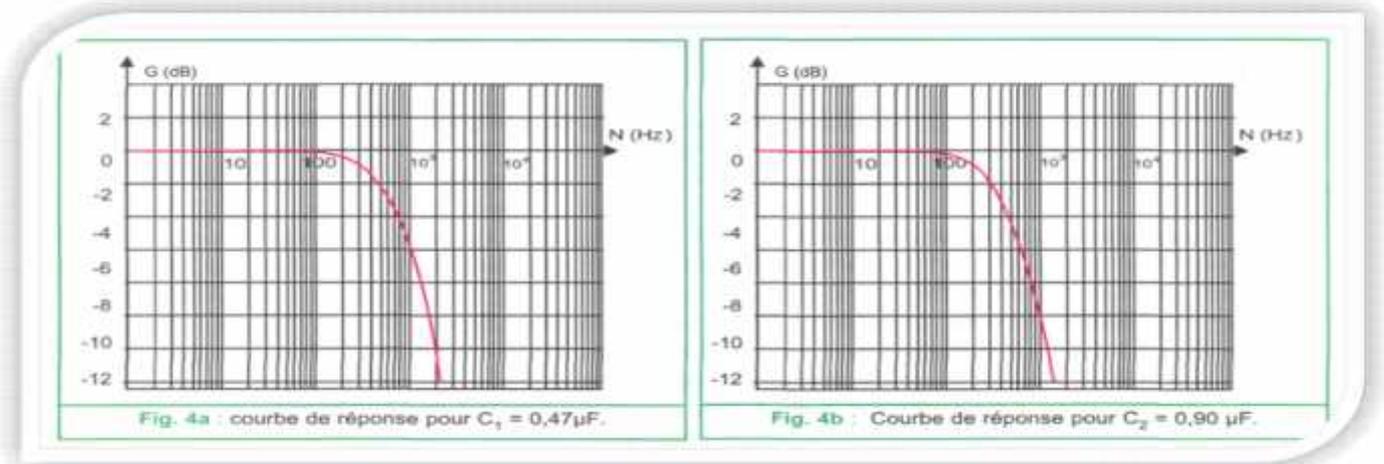
4°) Que peut-on dire de  $u_S(t)$  et  $u_E(t)$  à hautes fréquences.



Partie B : On se propose d'étudier expérimentalement l'effet de la variation de la valeur de l'une des grandeurs d'un filtre passe bas (R ou C) sur la bande passante et la fréquence de coupure .

**Expérience n°1 :** Dans le montage de la figure 1 , avec la même valeur de  $R = 318\Omega$  et deux valeurs  $C_1 = 0,47\mu F$  et  $C_2 = 0,90\mu F$  de la capacité C du condensateur , on réalise deux filtres RC. Pour chaque filtre , on fait varier la fréquence N du signal d'entrée et on trace la courbe de réponse en gain ..Les courbes de réponse sont données par les figures 4a et 4b.

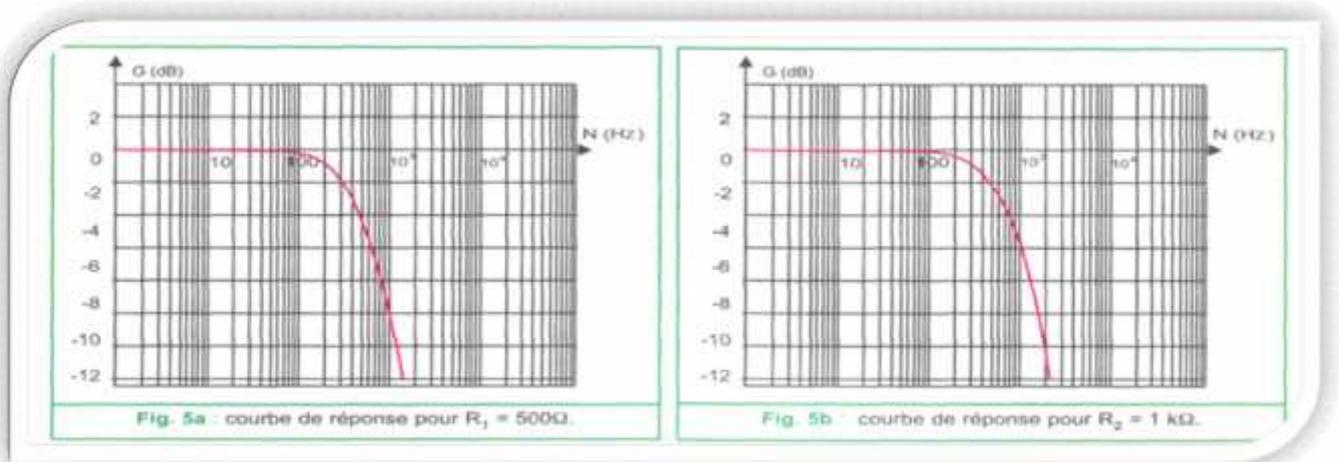
- 1°) Déterminer, graphiquement les fréquences de coupures  $N_{h1}$  et  $N_{h2}$  obtenues respectivement avec  $C_1$  et  $C_2$ .
- 2°) Préciser l'effet de la variation de la capacité C sur la largeur de la bande passante d'un filtre RC. Conclure.



**Expérience 2:** Dans le montage de la figure 1, avec la même valeur de  $C_1 = 0,47\mu F$  et deux valeurs  $R_1 = 500\Omega$  et  $R_2 = 1k\Omega$ , de la résistance R du condensateur ohmique , on réalise deux filtres RC.

Pour chaque filtre , on fait varier la fréquence N du signal d'entrée et on trace la courbe de réponse en gain :  $G=f(N)$ . Les deux courbes de réponse sont données par les figures 5a et 5b.

- 1°) Déterminer, graphiquement, les fréquences de coupures  $N'_{h1}$  et  $N'_{h2}$  du filtre obtenues respectivement avec  $R_1$  et  $R_2$ .
- 2°) Préciser l'effet de variation de la valeur de la résistance R du conducteur ohmique sur la largeur de la bande passante du filtre. Conclure.



Partie C : On se basant sur la figure n°1.

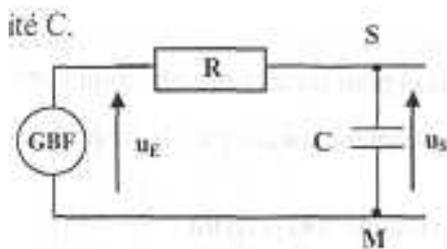
- 1°) Etablir l'équation différentielle traduisant l'évolution de  $u_s(t)$ .

- 2°) associer à chaque terme de l'équation différentielle le vecteur de Fresnel correspondant.
- 3°) Construire le schéma de Fresnel pour  $\{ \theta_E = 0 \text{ rad} \}$
- 4°) En se basant sur la construction de Fresnel déterminer la Transmittance  $T$ .
- 5°) Déduire le gain  $G$  de ce filtre.
- 6°) Déterminer la fréquence de coupure et la bande passante.
- 7°) Déterminer le déphasage de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée :
  - a°) Aux faibles fréquences .
  - b°) Aux fréquences élevées .
  - c°) lorsque la fréquence  $N$  est égale à la fréquence de coupure haute.

**Exercice n°3 :** Un générateur basse fréquence délivrant une tension sinusoïdale

$u_E(t) = U_{E \max} \sin(2\pi Nt)$  de valeur maximale  $U_{E \max}$  constante , alimente un filtre RC constitué d'un conducteur ohmique de résistance réglable  $R$  et d'un condensateur de capacité  $C$  . On désigne par  $u_S(t) = U_{S \max} \sin(2\pi Nt + \{ \theta_S \})$  la tension de sortie du filtre . Pour une valeur de  $U_{E \max} = 4V$  , on fait varier la fréquence  $N$  du générateur et on mesure  $U_{S \max}$  . La courbe de la figure n°2 traduit les variations de  $U_{S \max}$  en fonction de  $N$  .

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



2°) a°) Montrer que le filtre est passant lorsque

$$U_{S \max} \geq \frac{\sqrt{2}}{2} U_{E \max}$$

b°) Déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure du filtre et déduire sa bande passante.

c°) On considère deux signaux ( $S_1$ ) et ( $S_2$ ) de fréquences respectives

$N_1 = 900 \text{ Hz}$  et  $N_2 = 1500 \text{ Hz}$  . Lequel des deux signaux est transmis par le filtre ? Justifier.

3°) a°) Etablir l'équation différentielle régissant les variations de la tension de sortie  $u_S(t)$  .

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

c°) Montrer que le gain  $G$  de ce filtre peut se mettre sous la

$$\text{forme : } G = -10 \log[ 1 + (2\pi f RC)^2 ]$$

4°) a°) Montrer que la fréquence de coupure est

$$\text{donnée par la relation : } N_c = \frac{1}{2\pi RC} .$$

Calculer sa valeur pour  $R = 10^4 \Omega$  et

$$C = 15,915 \cdot 10^{-9} F$$

b°) Calculer la valeur limite  $R_0$  de la résistance  $R$  permettant transmission des deux signaux ( $S_1$ ) et ( $S_2$ ) .

