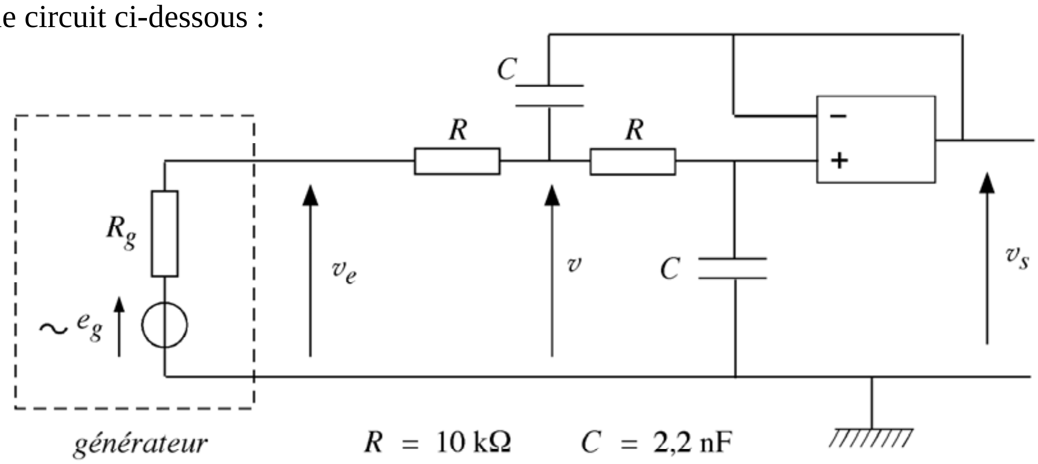
T.P. n° 3 : **FILTRES**

I − MANIPULATIONS

1) FILTRE PASSE - BAS

Soit le circuit ci-dessous :



1 - a) Signal sinusoïdal

- Observer à l'oscilloscope la forme du signal de sortie (absence de saturation, absence de triangularisation due à la vitesse de balayage).
- Tracer le diagramme donnant le gain à vide G_{dB} en fonction de $\log f$ et tracer les asymptotes.
- Déterminer la pente des asymptotes.
- Déterminer la bande passante à – 3 dB
- Tracer le diagramme donnant l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e, en fonction de $\log f$ et tracer les asymptotes..
- Mesurer, à la fréquence de coupure à – 3 dB, l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e.

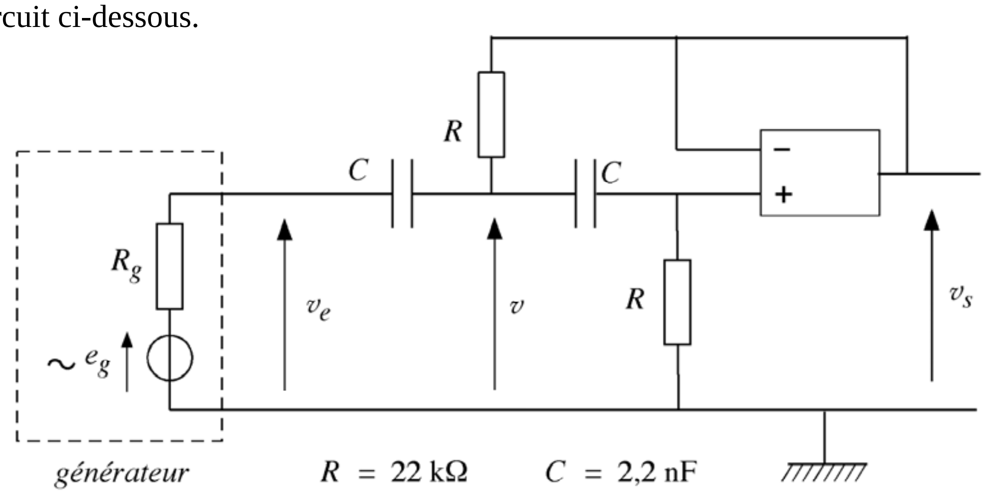
1 - b) Signal triangulaire ou en créneaux

- Comparer à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie (formes et amplitudes), à l'intérieur de la bande passante et en dehors.
- Conclure sur la fonction de ce filtre à très hautes fréquences.

NE PAS DÉFAIRE CE MONTAGE : IL SERVIRA ULTÉRIEUREMENT !

2) FILTRE PASSE - HAUT

Soit le circuit ci-dessous.



1 - a) Signal sinusoïdal

- Faire les mêmes mesures que précédemment et tracer les graphes correspondants.

1 - b) Signal triangulaire ou en créneaux

- Comparer à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie (formes et amplitudes), à l'intérieur de la bande passante et en dehors.
- Conclure sur la fonction de ce filtre à très basses fréquences.

NE PAS DÉFAIRE CE MONTAGE : IL SERVIRA ULTÉRIEUREMENT !

3) FILTRE PASSE – BANDE À DEUX FILTRES SUCCESSIFS

- Placer en cascade le filtre passe-haut précédent suivi du filtre passe-bas précédent.

1 - a) Signal sinusoïdal

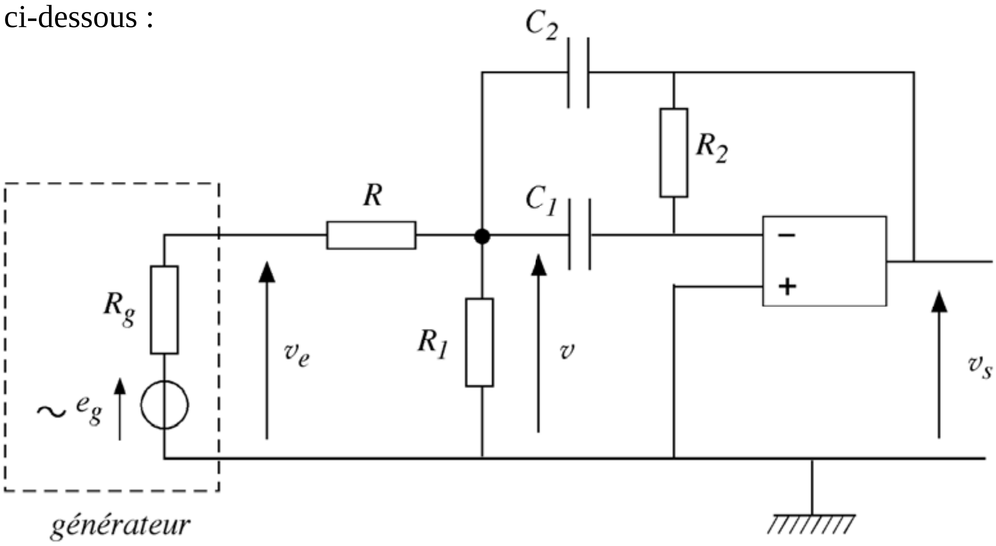
- Faire les mêmes mesures que précédemment et tracer les graphes correspondants.

1 - b) Signal triangulaire ou en créneaux

- Comparer à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie (formes et amplitudes), à l'intérieur de la bande passante et en dehors.
- Conclure sur la fonction de ce filtre à très basses fréquences et à très hautes fréquences.

4) FILTRE PASSE – BANDE À FILTRE UNIQUE

Soit le circuit ci-dessous :



$R = R_1 = R_2 = 100\ \text{k}\Omega \qquad C_1 = C_2 = 2{,}2\ \text{nF}$

1 - a) Signal sinusoïdal

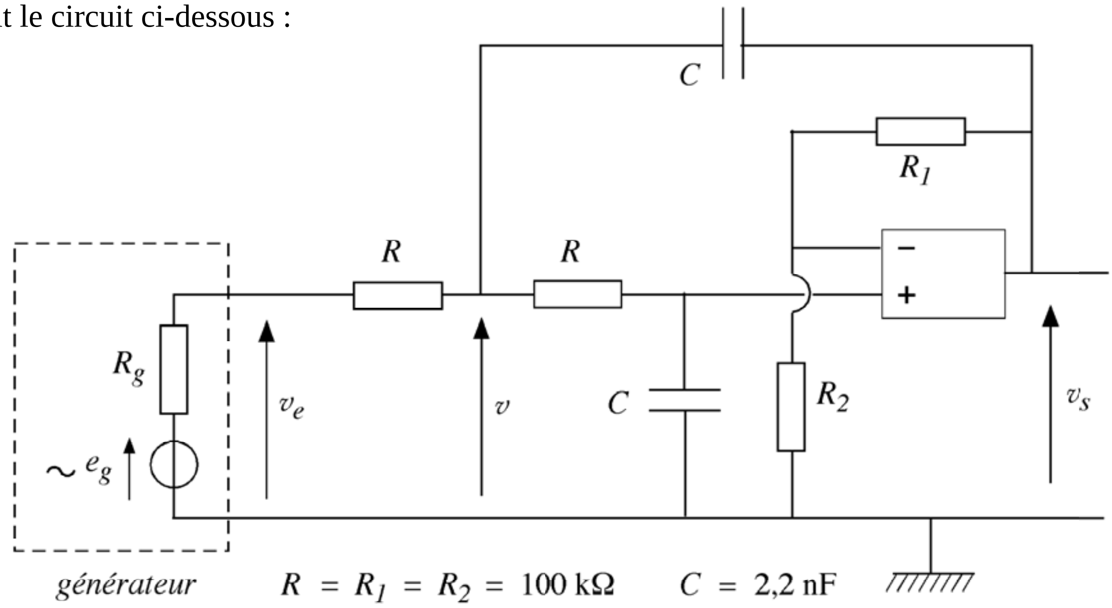
- Faire les mêmes mesures que précédemment et tracer les graphes correspondants.

1 - b) Signal triangulaire ou en créneaux

- Comparer à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie (formes et amplitudes), à l'intérieur de la bande passante et en dehors.
- Conclure sur la fonction de ce filtre à très basses fréquences et à très hautes fréquences.

5) AUTRE EXEMPLE DE FILTRE PASSE-BAS

Soit le circuit ci-dessous :



1 - a) Signal sinusoïdal

- Faire les mêmes mesures que précédemment et tracer les graphes correspondants.

Signal triangulaire ou en créneaux

1 - b) Signal triangulaire ou en créneaux

- Comparer à l'oscilloscope les signaux d'entrée et de sortie (formes et amplitudes), à l'intérieur de la bande passante et en dehors.
- Conclure sur la fonction de ce filtre à très basses fréquences et à très hautes fréquences.

II – ÉTUDE THÉORIQUE DES FILTRES

1) FILTRE PASSE-BAS

1 - a) Fonction de transfert à vide

- Montrer que les tensions complexes $\underline{v_s}$ et $\underline{v}$ sont reliées par la relation :

$$\underline{v_s} = \frac{\underline{v}}{1 + jRC\omega}$$

- Montrer que la fonction de transfert vaut :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{(1 + jRC\omega)^2}$$

On pose : $\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$ et $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}$ *pulsation réduite*

1 - b) Amplification en tension à vide

- Montrer que l'amplification H en tension vaut :

$$H = \frac{1}{1 + x^2}$$

1 - c) Fréquence de coupure à – 3 dB

- Montrer que la fréquence réduite de coupure à – 3 dB est définie par :

$$x_c = \sqrt{\sqrt{2} - 1}$$

- Comparer à la fréquence de coupure mesurée expérimentalement.
- Calculer, à la fréquence de coupure, l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e et comparer avec la valeur expérimentale.

2) FILTRE PASSE-HAUT

2 - a) Fonction de transfert à vide

- Montrer que les tensions complexes $\underline{v_s}$ et $\underline{v}$ sont reliées par la relation :

$$\underline{v_s} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}\,\underline{v}$$

- Montrer que la fonction de transfert vaut :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{-(RC\omega)^2}{(1 + jRC\omega)^2}$$

On pose : $\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$ et $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}$ *pulsation réduite*

2 - b) Amplification en tension à vide

- Montrer que l'amplification H en tension vaut :

$$H = \frac{x^2}{1 + x^2}$$

2 - c) Fréquence de coupure à – 3 dB

- Montrer que la fréquence réduite de coupure à – 3 dB est définie par :

$$x_c = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{2} - 1}}$$

- Comparer à la fréquence de coupure mesurée expérimentalement.
- Calculer, à la fréquence de coupure, l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e et comparer avec la valeur expérimentale.

3) FILTRE PASSE-BANDE À FILTRE UNIQUE

3 - a) Fonction de transfert à vide

- Montrer que la fonction de transfert vaut :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\left(\dfrac{\omega}{\omega_1} - \dfrac{\omega_2}{\omega}\right)}$$

avec : $H_0 = -\dfrac{R_2 C_1}{R(C_1 + C_2)}$ $\omega_1 = \dfrac{C_1 + C_2}{R_2 C_1 C_2}$ et $\omega_2 = \dfrac{R_1 + R}{R R_1 (C_1 + C_2)}$

3 - b) Amplification en tension à vide

- Montrer que l'amplification H en tension vaut :

$$H = \frac{|H_0|}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{\omega}{\omega_1} - \dfrac{\omega_2}{\omega}\right)^2}}$$

- Montrer que l'amplification en tension est maximale pour la fréquence :

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{R_1 + R}{R R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

- Comparer à la fréquence mesurée expérimentalement.

3 - c) Fréquence de coupure à – 3 dB

- Montrer que les fréquences de coupure à – 3 dB sont définies par :

$$f_{c_1} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4\dfrac{\omega_2}{\omega_1}}}{4\pi}\,\omega_1 \qquad \text{et} \qquad f_{c_2} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4\dfrac{\omega_2}{\omega_1}}}{4\pi}\,\omega_1$$

- Comparer aux fréquences de coupure mesurées expérimentalement.

3 - d) Avance de phase φ de v_s par rapport à v_e

- Montrer que l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e est égale à :

$$\varphi = \pi - \arctan\left(\frac{\omega}{\omega_1} - \frac{\omega_2}{\omega}\right)$$

- Calculer, aux fréquences de coupure, l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e et comparer aux valeurs expérimentales.

4) AUTRE EXEMPLE DE FILTRE PASSE-BAS

4 - a) Fonction de transfert à vide

- Montrer que la fonction de transfert vaut :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{R_1 + R_2}{R_2(1 - R^2 C^2 \omega^2) + jRC\omega(2R_2 - R_1)}$$

On supposera que : $R_1 = R_2 = R$ On pose : $\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$ et $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}$

$$\underline{H}(j\omega_0 x) = \frac{2}{1 - x^2 + jx}$$

4 - b) Amplification en tension à vide

- Montrer que l'amplification H en tension vaut :

$$H = \frac{2}{\sqrt{(1 - x^2)^2 + x^2}}$$

- Montrer que l'amplification en tension est maximale pour la fréquence :

$$f = \frac{1}{2\sqrt{2}\,\pi RC}$$

- Comparer à la fréquence mesurée expérimentalement.

4 - c) Fréquence de coupure à – 3 dB

- Montrer que la fréquence de coupure à – 3 dB est définie par :

$$f_c = \sqrt{\frac{1 + \sqrt{3}}{2}}\ \frac{1}{2\pi RC}$$

- Comparer à la fréquence de coupure mesurée expérimentalement.

4 - d) Avance de phase φ de v_s par rapport à v_e

- Montrer que l'avance de phase φ de v_s par rapport à v_e est égale à :

$$\varphi = -\arctan\frac{x}{1 - x^2} \qquad \text{si} \quad x < 1$$

$$\varphi = -\pi - \arctan\frac{x}{1 - x^2} \qquad \text{si} \quad x > 1$$

- Calculer, à la fréquence de coupure, l'avance de phase φ de V_s par rapport à V_e et comparer à la valeur expérimentale.