



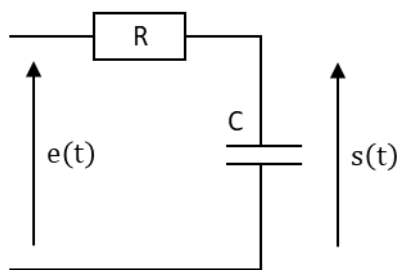
Mise en cascade de filtres

L'objectif de ce TP est de comprendre les précautions à prendre lors de la mise en cascade de plusieurs filtres, où simplement lors de l'étude d'un filtre par un appareil de mesure.

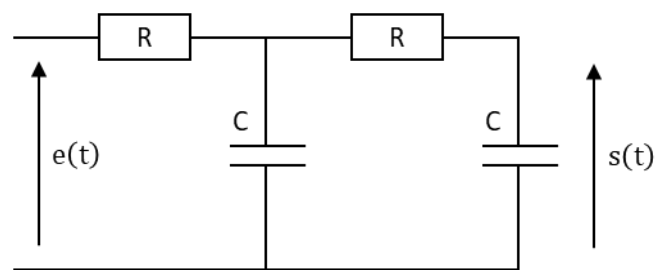
I - Mise en cascade de deux filtres RC passe-bas d'ordre 1

I.1 - Analyse théorique

Dans cette partie, nous allons chercher à répondre à la question suivante : l'association en cascade de deux filtres RC a-t-il le même effet sur un signal d'entrée $e(t)$ que l'application d'un double filtrage par un filtre RC unique ?



Filtre 1



Filtre 2

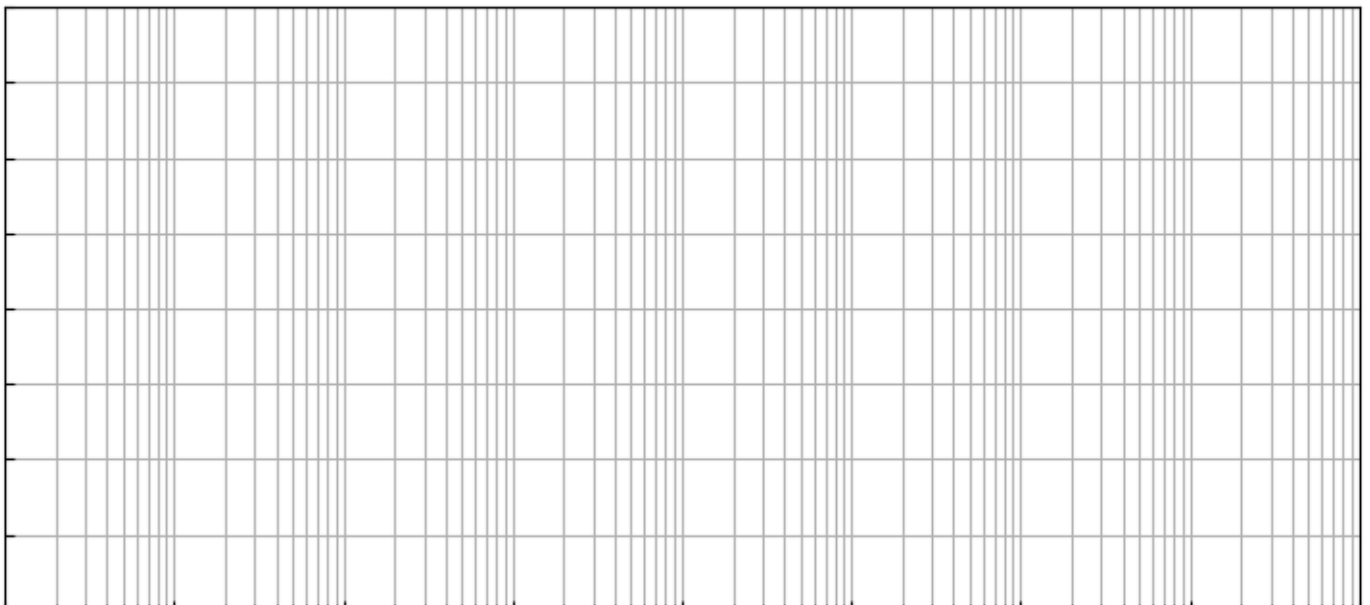
Autrement dit, si l'on note \underline{H}_1 et \underline{H}_2 les fonctions de transfert des filtres 1 et 2 et que l'on note $\underline{H}_{11} = \underline{H}_1^2$, a-t-on l'égalité suivante ?

$$\underline{H}_{11}(\omega) = \underline{H}_2(\omega)$$

🏠 Déterminer les expressions de $\underline{H}_{11}(\omega)$ et $\underline{H}_2(\omega)$. Les mettre sous la forme :

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 - x^2 - j \frac{x}{Q}} \quad \text{avec : } x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

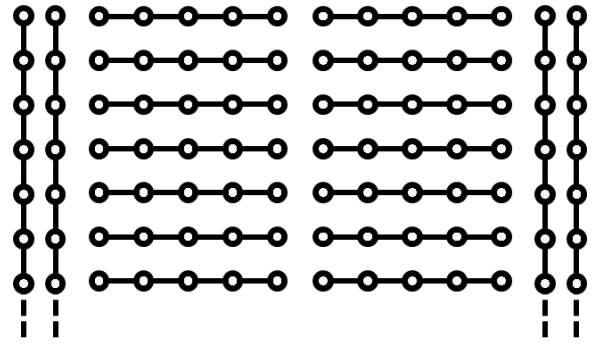
🏠 Tracer sur le même graphique les gains en décibels de ces deux filtres : $G_{dB,11}(x)$ et $G_{dB,2}(x)$ en fonction de x (tracer les diagrammes asymptotique et réel).



I.2 - Matériel

Dans ce TP, nous n'allons pas utiliser les boîtes à décades dont nous avons l'habitude mais les composants tels qu'ils sont directement vendus dans le commerce. Ces composants seront branchés sur une carte dont les connexions sont illustrées ci-contre.

- Tous ports des colonnes sont reliés entre eux et à un branchement extérieur.
- Tous les ports d'une ligne sont reliés entre eux.



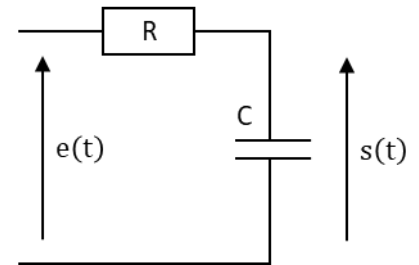
☞ Sur la paillasse professeur, choisir deux condensateurs de même capacité C , comprise entre 40 nF et 200 nF. Assurez-vous des capacités des condensateurs en les mesurant au RLC-mètre.

☞ De même, choisir deux résistances de même valeur R , de sorte que la fréquence de coupure f_c d'un filtre RC soit proche de 1 kHz. On rappelle que la pulsation de coupure vaut : $\omega_c = 1/RC$.

I.3 - Filtre RC

☞ Réaliser le montage ci-contre. Mesurer $e(t)$ et $s(t)$ à l'oscilloscope.

☞ Tracer sur Regressi le diagramme de Bode en amplitude $G_{dB,1}(f)$ du filtre RC ci-contre. Se limiter au tracé du diagramme deux décades au-dessus et en dessous de la fréquence de coupure. Prendre des points assez rapprochés autour de la fréquence de coupure.



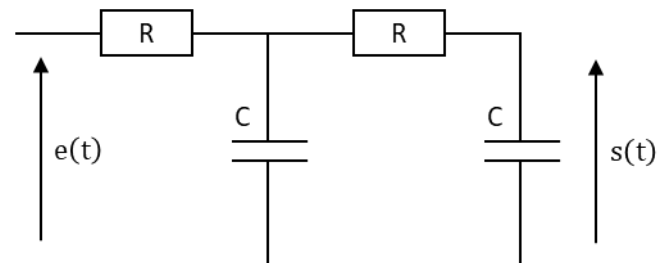
I.4 - Association de deux filtres RC

☞ Réaliser le montage ci-contre. Mesurer $e(t)$ et $s(t)$ à l'oscilloscope.

☞ Tracer sur Regressi le diagramme de Bode en amplitude $G_{dB,2}(f)$ du filtre ci-contre. Prendre les mêmes points que précédemment.

☞ Superposer sur le même graphique $G_{dB,2}(f)$ et $2 \times G_{dB,1}(f)$. Est-ce en accord avec la théorie ?

☞ Afin de mieux quantifier l'écart entre les deux circuits, tracer $G_{dB,2} - 2 \times G_{dB,1}$ en fonction de la fréquence. Conclure : où se situent les différences ? sont-elles conséquentes ?



II - Impédance d'entrée de l'oscilloscope

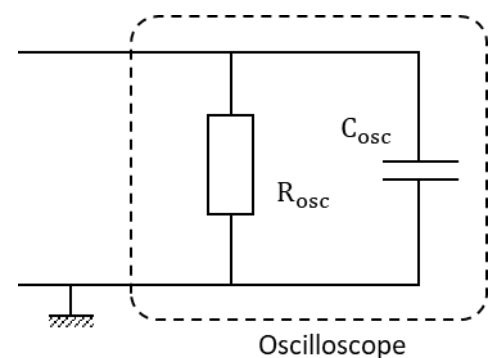
II.1 - Théorie

L'oscilloscope n'est pas un appareil de mesure idéal. Comme tout appareil il possède une impédance d'entrée, donnée ci-contre.

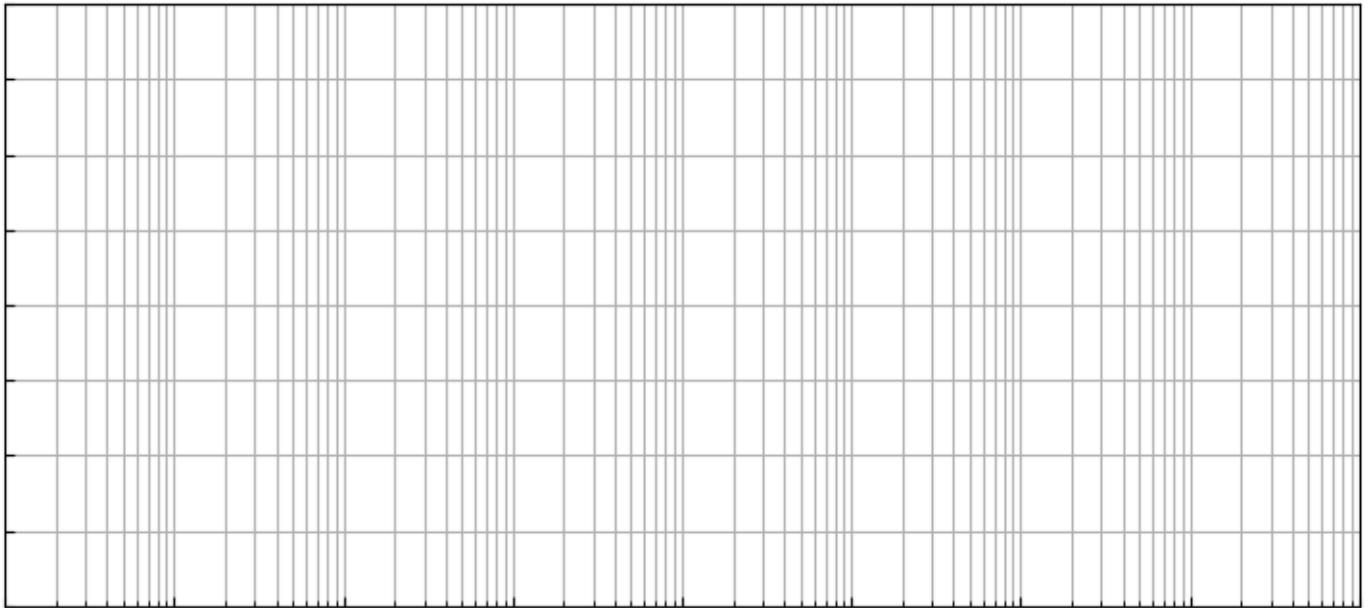
L'objectif de cette partie est de déterminer expérimentalement les valeurs de R_{osc} et C_{osc} , afin d'en déduire si l'oscilloscope s'est bien comporté comme un « appareil de mesure idéal » dans les mesures de la partie I.

Application numérique pour cette partie théorique :

- $R_{osc} = 1 \text{ M}\Omega$ $C_{osc} = 20 \text{ pF}$
- $R = 1,6 \text{ k}\Omega$ $C = 100 \text{ nF}$



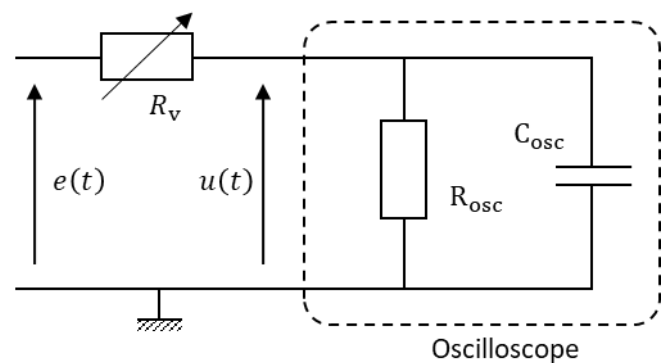
- 🏠 Déterminer les expressions de $Z_{s1}(\omega)$ et $Z_{s2}(\omega)$, les impédances de sortie des filtres 1 et 2.
- 🏠 Déterminer les expressions de $Z_{e,osc}(\omega)$, l'impédance d'entrée de l'oscilloscope.
- 🏠 Tracer sur le même graphique les diagrammes de Bode en amplitude (asymptotique uniquement) des 3 grandeurs précédentes (tracer $20 \log(|Z|)$ en fonction de ω).



- 🏠 Conclure : l'oscilloscope peut-il être considéré comme idéal ?

II.2 - Mesure de R_{osc}

- 🔧 Réaliser le montage ci-contre. Attention, c'est la première (et dernière) fois que l'oscilloscope est branché en série !
- 🔧 Appliquer $e(t) = E_0$ un signal constant.
- 🏠 Exprimer u en fonction de R_v , R_{osc} et E_0 .
- 🔧 Appliquer la méthode de la tension moitié afin de déterminer R_{osc} .



II.3 - Mesure de C_{osc}

- 🔧 Garder le même montage. Prendre $R_v = R_{osc}$. Appliquer une tension $e(t)$ créneau d'amplitude 10 V et de fréquence 1 kHz.
- 🏠 Montrer que, dans le cas où $R_v = R_{osc}$, $u(t)$ est solution d'une équation différentielle linéaire d'ordre 1 et de constante de temps :

$$\tau = \frac{R_{osc} C_{osc}}{2}$$

- 🔧 À l'aide des curseurs, mesurer τ . En déduire la valeur de C_{osc} .