

# TP18 – Filtrage linéaire (1)

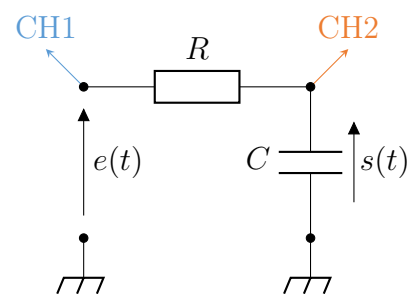
## Objectifs

- Mesurer une tension : mesure directe au voltmètre numérique ou à l'oscilloscope numérique.
- Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses.
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental exploitant les propriétés des fonctions de transfert d'un système linéaire.**

## Filtre passe-bas

On considère au filtre RC représenté ci-contre, alimenté par un signal sinusoïdal de fréquence  $f$  variable  $e(t) = E_0 \cos(2\pi ft)$ . On souhaite étudier la fonction de transfert  $\underline{H}_1$ , définie comme le rapport  $\underline{s}/\underline{e}$ . Pour ce circuit :

$$\underline{H}_1(j\omega) = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}} \text{ où } \omega = 2\pi f.$$



1. Retrouver l'expression de la fonction de transfert  $\underline{H}_1$  associée à ce filtre. Donner l'expression de  $H_0$  et de la fréquence caractéristique  $f_0$  du filtre en fonction des valeurs des composants. Faire l'application numérique pour  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 60 \text{ nF}$ .
2. Réaliser le circuit et mesurer les valeurs du module et de l'argument de  $\underline{H}_1(j\omega)$  en BF et en HF. Commenter le nom « passe-bas » donné à ce filtre. Retrouver ce comportement à l'aide de circuits équivalents.
3. Mesurer la fréquence de coupure  $f_c$  pour laquelle le module de  $\underline{H}_1$  vaut  $H_0/\sqrt{2}$ . Estimer l'incertitude-type associée et comparer quantitativement à la valeur attendue.
4. En HF, ce filtre peut-être utilisé comme intégrateur : la sortie  $s$  est alors une primitive de l'entrée  $e$  (à un facteur d'échelle près). Justifier cette affirmation à partir de l'étude asymptotique de la fonction de transfert. Expérimentalement, mettre en évidence cette propriété avec un signal autre que sinusoïdal et représenter graphiquement  $e$  et  $s$ .

### APPEL PROF 1

5. Avec Python ou sur papier semilog, tracer le diagramme de Bode (Doc 2) le plus précisément possible. On fera apparaître  $H_0$ ,  $f_c$ , la bande-passante et la gamme de fréquence sur laquelle le filtre se comporte comme un intégrateur.

## Filtre RL

6. Remplacer le condensateur par une bobine. Quel type de filtre est ainsi obtenu ?
7. Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer les caractéristiques du filtre obtenu. On comparera les valeurs mesurées aux valeurs attendues après étude de la fonction de transfert  $\underline{H}_2$  du filtre réalisé.

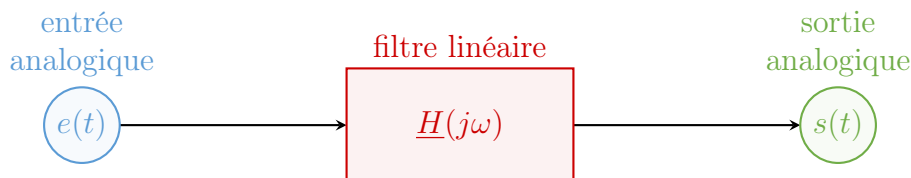
## Documents

### Document 1 – Matériel

- GBF ;
- oscilloscope ;
- bobine  $L \approx 45 \text{ mH}$  ou  $11 \text{ mH}$  ;
- boîte à décade de résistance ;
- boîte à décade de capacité ;
- câbles ;
- papier semilog.

### Document 2 – Diagramme de Bode

Pour un signal  $e(t)$  de la forme  $e(t) = E_0 \cos(\omega t + \varphi_e)$ , un filtre linéaire renvoie un signal  $s(t)$  de même pulsation, de la forme  $s(t) = S_0 \cos(\omega t + \varphi_s)$ . La réponse  $s(t)$  de ce filtre à une entrée  $e(t)$  est caractérisée par sa fonction de transfert  $\underline{H}(j\omega) = \underline{s}/\underline{e}$ .



Pour représenter la fonction de transfert complexe, on utilise le **diagramme de Bode** où sont tracés :

- le gain du filtre, en décibel :  $G_{\text{dB}}(\omega) = 20 \log(|\underline{H}(j\omega)|) = 20 \log\left(\frac{S_0}{E_0}\right)$  ;
- le déphasage  $\varphi(\omega) = \arg(\underline{H}(j\omega)) = \varphi_s(\omega) - \varphi_e$  introduit par le filtre, en degré,

tous deux en fonction de la pulsation  $\omega$  ( $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ), représentée en échelle logarithmique. Pour plus de lisibilité, on indique souvent la fréquence en abscisse, plutôt que la pulsation.