

TP n° 1: Filtrage analogique des signaux

Matériel :

- 1 GBF.
- 1 boîte à décades de résistance.
- 1 boîte à décades de capacité.
- 1 Oscilloscope.

I. Spectres des signaux périodiques

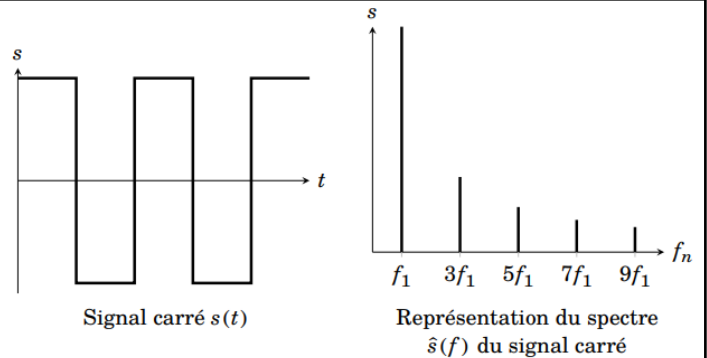
Le mathématicien Joseph Fourier (1758-1830) a montré que tout signal périodique de fréquence $f_1 = \frac{1}{T_1}$ peut s'écrire comme la somme infinie de signaux sinusoïdaux :

$$s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} s_n \cos(2\pi f_n t + \varphi_n) \quad \text{avec} \quad f_n = n f_1$$

Spectre d'un signal périodique :

Le spectre d'un signal $s(t)$ périodique est la donnée des s_n pour toutes les fréquences f_n .

On le représente graphiquement par le tracé en abscisse des fréquences f_n (le fondamental f_1 et les harmoniques f_n) et en ordonnée les amplitudes associées s_n .



L'objectif de cette partie est de visualiser les spectres de différents signaux périodiques en utilisant l'oscilloscope qui calcule numériquement une approximation du spectre d'un signal en utilisant un algorithme appelé **fft** (fast fourier transform).

- ★ Brancher l'oscilloscope sur la sortie « main out » du GBF.
- ★ Délivrer un signal sinusoïdal de fréquence $f = 1 \text{ kHz}$, d'amplitude **4V** et sans Offset.
- ★ Visualiser ce signal en réglant l'oscilloscope.
- ★ Calculer la **fft** du signal sur l'oscilloscope. Bouton : *Math/Utiliser : FFT*.
- ★ Régler les paramètres de la **fft** : « Source : CH1 », « Fenêtre : Rectangle », « Zoom FFT : x5 », « Echelle : Vrms », « Afficher : Ecran div ».

L'échelle horizontale (en fréquence) du spectre est inversement proportionnelle à l'échelle horizontale (en temps) du signal temporel.

- ★ Réduire la base de temps du signal temporel jusqu'à **25 ms** pour observer un spectre exploitable.

1) Commenter l'allure du spectre obtenu (expliquer la différence avec le spectre théorique attendu).

On va utiliser les curseurs de l'oscilloscope pour vérifier que le pic d'intensité spectrale est bien à la fréquence du signal délivré par le GBF.

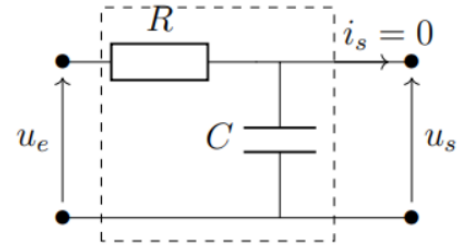
- ★ Dans le menu « Cursors », régler les paramètres « Mode : manuel », « Type : temps », « Source : MATH ».
- ★ Vérifier avec les curseurs que le pic est bien centré sur $f = 1 \text{ kHz}$.

II. Etude du filtre RC

Nous allons étudier la réponse en fréquence d'un filtre RC avant de l'utiliser pour filtrer des signaux complexes.

Le signal d'entrée sera une tension sinusoïdale $u_e(t) = E \cos(2\pi f t)$.

Comme le filtre est un système linéaire, le signal de sortie est sinusoïdal de même fréquence : $u_s(t) = U \cos(2\pi f t + \varphi)$.



Le comportement du filtre RC est complètement déterminé par sa fonction de transfert :

$$\underline{H(\omega)} = \frac{\underline{U}}{\underline{E}} = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \quad \text{avec} \quad \omega_c = \frac{1}{RC}, \text{ la pulsation de coupure du filtre.}$$

• Etude qualitative

4) Indiquer sur le schéma les branchements de l'oscilloscope permettant de visualiser la tension d'entrée $u_e(t)$ et la tension de sortie $u_s(t)$.

★ Réaliser le montage sur votre paillasse avec **R= 10 kΩ** et **C =10 nF**

5) Calculer la valeur de la fréquence de coupure du filtre $f_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$.

★ Balayer une gamme de fréquence de **2000 Hz** autour de la fréquence de coupure.

6) En déduire de quelle type de filtre s'agit t'il (passe-bas, passe-bande, passe-haut, réjecteur de bande...)

• Tracer du diagramme de Bode

Le diagramme de Bode est outil graphique essentiel pour caractériser les filtres, il renseigne sur la valeur de $|\underline{H}| = f(\omega)$ (Rapport de l'amplitude de la tension de sortie et de l'amplitude d'entrée) et de $\arg(\underline{H}) = \varphi(\omega)$ (Avance de phase de la tension de sortie sur la tension d'entrée.)

7) Exprimer $|\underline{H}|$ et $\arg(\underline{H})$ en fonction de ω et ω_c .

- ★ Ajouter une mesure automatique d'amplitude sur l'oscilloscope : *Measure/Tension/CH2 et Amplitude*.
- ★ Ajouter une mesure automatique de déphasage sur l'oscilloscope : *Measure/Retard/Phase*.
- ★ Compléter le tableau ci-dessous en faisant varier la fréquence du signal délivré par le GBF :

f (Hz)	100 Hz	1 kHz	1,6 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz	10 kHz	100 kHz
U (V)									
φ (°)									

- 🌀 Lancer Spyder et ouvrir le programme python TP1Veleve.py (*Accessible sur cahier de prépa*).
- 🌀 Compléter les listes de **U** et **phi** avec vos mesures puis exécuter le programme.
- 🌀 Compléter les lignes pour calculer $|\underline{H}|$ et $\arg(\underline{H})$ avec les expressions déterminées à Q7.
- 🌀 Exécuter le programme.

8) Esquisser l'allure du diagramme de Bode en gain et en phase afficher par le programme. Indiquer les informations importantes : fréquence de coupure, limites hautes et basses fréquences.

• Filtrage d'un signal créneau

- ★ Délivrer en entrée du filtre un signal créneau de fréquence $f = 1\text{kHz}$, d'amplitude **4V**, **sans offset**, avec un rapport cyclique de **50%**.
- ★ Visualiser à l'oscilloscope le spectre du signal en entrée du filtre puis en sortie.

9) Quelles sont les différences entre ces deux spectres, comment peut-on les expliquer ?