

Filtrage et analyse spectrale

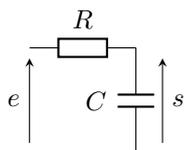
Objectifs

- ▷ Déterminer la résolution (nombre de bits) d'une conversion analogique-numérique ;
- ▷ Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'une carte d'acquisition ;
- ▷ Choisir façon cohérente la fréquence d'échantillonnage et la durée totale d'une acquisition ;
- ▷ Utiliser une échelle logarithmique ;
- ▷ Élaborer un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF ;
- ▷ Visualiser un signal électrique et réaliser des mesures à l'oscilloscope.

Matériel :

- ▷ Une résistance variable (boîte à décade) ;
- ▷ Un condensateur variable (boîte à décade) ;
- ▷ Un générateur basse fréquence ;
- ▷ Un oscilloscope ;
- ▷ Une carte d'acquisition interfacée ;
- ▷ Fils et adaptateurs BNC.

L'objectif de ce TP est double : d'une part étudier expérimentalement un premier filtre simple, à savoir un passe-bas du premier ordre, et d'autre part de comprendre quelques notions d'analyse spectrale numérique, qui seront approfondies en PT.



On étudiera le filtre ci-contre, dont la fonction de transfert a été établie en cours,

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \quad \text{avec} \quad \omega_c = \frac{1}{RC}.$$

Rappelons que ω_c est la pulsation de coupure à -3 dB du filtre. Vous travaillerez avec $R = 1$ k Ω et $C = 160$ nF, ce qui donne $f_c = \omega_c/2\pi = 1$ kHz.

I - Diagramme de Bode

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de construire point par point le diagramme de Bode en gain du filtre sur une plage de fréquence allant de 50 Hz hertz à quelques dizaines de kilohertz.

- ▷ Identifier les grandeurs à mesurer et le montage à réaliser pour y accéder.
- ▷ En s'appuyant sur l'échelle logarithmique figure 1, choisir correctement l'échantillonnage en fréquence.

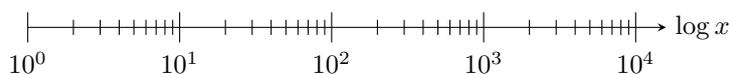


Figure 1 – Axe gradué en échelle logarithmique.

II - Analyse spectrale d'un signal

II.1 - Rappels théoriques sur la conversion analogique-numérique

Une tension $u(t)$ est une grandeur continue, qualifiée d'**analogique**. Pour l'enregistrer sur un ordinateur, il faut la numériser. Cette numérisation conduit à une double discrétisation, schématisée figure 2 :

- ▷ l'**échantillonnage**, qui consiste à recueillir la valeur du signal à des instants donnés, régulièrement espacés d'un intervalle de temps fini appelé **période d'échantillonnage** T_e , conduit à une discrétisation en temps ;
- ▷ la **quantification** liée au fait que la valeur du signal n'est qu'approchée en la représentant sur un nombre fini de valeurs, régulièrement espacées d'un intervalle appelé **pas de quantification**.

La plage de valeurs que le signal enregistré est susceptible de prendre est délimité par une plage $\pm C$, déterminée par le calibre C , qui doit être supérieur à la valeur maximale que l'on cherche à mesurer, sans quoi le signal fait apparaître un phénomène de saturation. Le signal enregistré étant codé avec une **résolution** de n bits, cet intervalle $2C$ est divisé en 2^n intervalles de largeur identique, d'où on déduit le pas de quantification $p = 2C/2^n$.

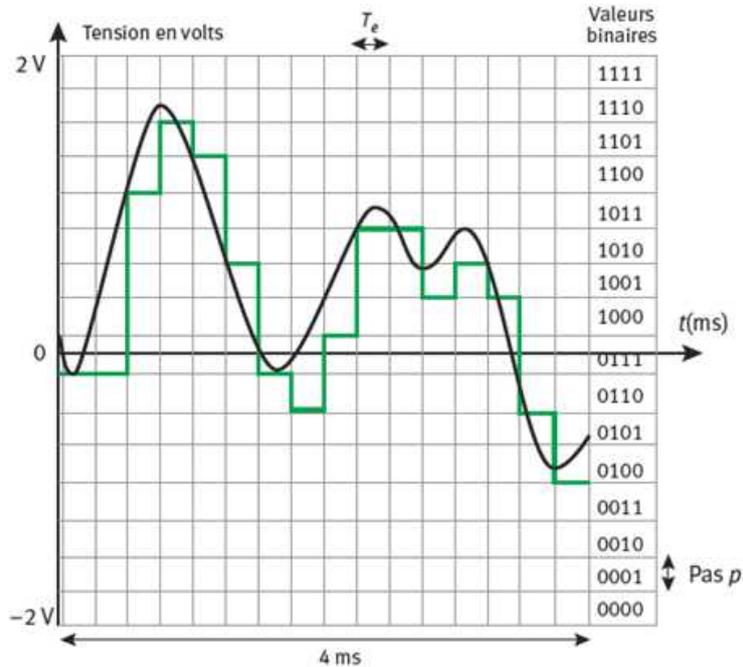


Figure 2 – Schéma de principe de la numérisation d'un signal. Sur cette figure, la période d'échantillonnage $T_e = 25$ ms, le calibre $C = 2$ V, le signal est codé sur 4 bits ce qui donne donc un pas $p = 2C/2^4 = 0,25$ V

II.2 - Mesure de la résolution de la carte d'acquisition

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer le pas de quantification puis la résolution de la carte d'acquisition. Si le temps le permet (ce qui me semble peu probable), comparer les différents calibres.

II.3 - Analyse spectrale et paramètres d'acquisition

Produire avec le GBF une tension créneau de fréquence $f = 333$ Hz, c'est-à-dire de période $T = 3,0$ ms. Acquérir le signal et calculer son spectre (calculs spécifiques → analyse de Fourier ... ou plus simplement touche F6) pour les paramètres récapitulés dans le tableau. Reproduire le tableau ci-dessous dans votre cahier et le compléter en identifiant pour chaque spectre la résolution en fréquence et la fréquence maximale. Les relier à la fréquence d'échantillonnage et à la durée totale d'acquisition.

Période d'échantillonnage T_e	1 ms	1 ms	100 μ s	100 μ s	10 μ s	10 μ s
Fréquence d'échantillonnage						
Nombre de points	256	2048	256	2048	256	2048
Durée totale d'acquisition Δt						
Fréquence $1/\Delta t$						
Résolution du spectre						
Fréquence maximale du spectre						

Identifier les paramètres pour lesquels le spectre mesuré correspond à celui attendu. Conclure sur les paramètres à choisir pour obtenir un spectre de qualité.

Donnée : décomposition de Fourier d'un signal créneau $s(t)$ compris entre $-E$ et E

$$s(t) = \frac{4E}{\pi} \left[\sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \dots \right]$$

III - Effet du filtre sur le spectre d'un signal

Proposer et mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'atténuation par le filtre étudié partie I des composantes haute fréquence d'un signal d'entrée dont le spectre contient plusieurs harmoniques. Vous choisirez les meilleurs paramètres pour la réalisation du spectre. Analyser de manière quantitative la cohérence avec le diagramme de Bode.