TP 2 : Analyse spectrale (thème électrocinétique)

Nature et méthodes	Capacités exigibles
Mesures de temps et de fréquences	
Analyse spectrale.	Mettre en évidence le phénomène de repliement du spectre provoqué par l'échantillonnage avec un oscilloscope numérique ou une carte d'acquisition. Choisir les paramètres d'une acquisition numérique destinée à une analyse spectrale afin de respecter la condition de Nyquist-Shannon, tout en optimisant la résolution spectrale.
Électricité et électronique	
Filtrage analogique d'un signal périodique.	Mettre en évidence l'action d'un filtre linéaire sur un signal périodique dans les domaines fréquentiel et temporel.
Montages utilisant un amplificateur linéaire intégré (ALI).	Mettre en œuvre divers montages utilisant un ALI, les schémas des montages étant fournis.

Revoir le cours TS1 et TS2.

1 Analyse spectrale d'un signal carré

1.1 Analyse spectrale avec l'oscilloscope numérique

Régler le GBF pour qu'il génère un signal carré de fréquence proche de 4500 Hz.

Pour visualiser à l'oscilloscope numérique TDS2001C le spectre du signal, utiliser « FFT » dans le menu Math de l'oscilloscope.

Réglage de l'échelle et de la résolution du spectre :

Un oscilloscope numérique dispose d'un bouton de réglage de la base de temps qui permet de choisir le temps total d'acquisition et d'observation T_a. Mais il n'a pas de bouton de réglage de la fréquence d'échantillonnage F_e qui permettrait de régler l'échelle d'observation du spectre puisque celui-ci est affiché sur la plage de fréquences de 0 à $F_e/2$. L'explication est que T_a et F_e sont liés par la relation $N = T_a \cdot F_e$ où N, le nombre de points utilisés pour représenter un signal en vue de la FFT (Fast Fourier Transform), est une constante. Pour l'oscilloscope numérique TDS2001C, $N = 2500$. L'échelle du spectre est donc choisie indirectement grâce au bouton de réglage de la base de temps.

Par ailleurs, le spectre est calculé avec $N/2$ points sur une plage de fréquence allant de 0 à $F_e/2$. Le pas de calcul en fréquence Δf (écart de fréquence entre deux points successifs du spectre) est donc $\Delta F = (F_e/2)/(N/2) = 1/T_a$.

Pour observer un spectre convenable, il va donc falloir faire un compromis entre le respect du critère de Shannon et la qualité de la résolution du calcul spectral.

- **Réglage de la résolution du spectre :** Tourner le bouton de la base de temps de manière à choisir une fréquence d'échantillonnage qui donne une bonne résolution spectrale (permettant d'observer le fondamental et suffisamment d'harmoniques du signal carré) mais sans repliement de spectre gênant. Lire en bas de l'écran la fréquence d'échantillonnage (exprimée en « Sample per second » : $\mathrm{S\,s^{-1}}$). Donner la valeur choisie.
- Utiliser les curseurs pour mesurer les fréquences présentes dans le spectre. Noter leurs valeurs et les expliquer à l'aide du cours.
- A partir de quelle fréquence d'échantillonnage le repliement de spectre est-il vraiment gênant ?

1.2 Analyse spectrale avec Latis-Pro

Brancher l'interface SYSAM SP5 à l'ordinateur (câble USB) et au secteur. L'interface SYSAM SP5 ne supporte pas de signaux d'amplitude supérieure à 10 V. Vérifier cette condition à l'aide de l'oscilloscope avant d'utiliser l'interface.
Relier ensuite directement le GBF à l'entrée analogique EA0 de l'interface et la masse du GBF à la masse de l'interface.
Ouvrir le logiciel Latis-Pro (dans le dossier SPC).
Régler les paramètres d'acquisition comme ci-contre et faire le tracer de la courbe $e = f(t)$.
Faire l'analyse de Fourier de la courbe $e(t)$.
Commenter le choix de la période d'échantillonnage.



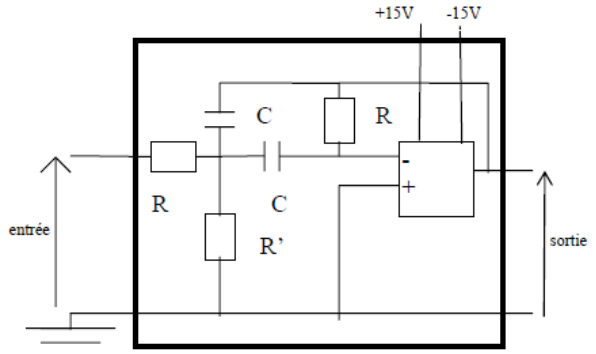
2 Effet d'un filtre passe-bande sur ce signal carré

Le but de cette partie est d'étudier l'effet d'un filtre analogique passe-bande très sélectif sur un signal carré.

2.1 Montage

Le circuit est câblé dans une boite noire.

Il faut relier ses bornes 15 V et −15 V et masse à l'alimentation avant de brancher le GBF en entrée et l'oscilloscope ou l'interface SYSAM SP5 en sortie. Ne pas oublier également de relier la masse du montage à la masse du générateur basses fréquences et à celle de l'oscilloscope.



La boîte fournie contient le montage ci-dessus avec $R' = 47\,\Omega$, $R = 68\,\text{k}\Omega$ et $C = 22\,\text{nF}$. On peut montrer que la fonction de transfert harmonique s'écrit

$$\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = -\frac{1/2}{1 + jQ\left(\dfrac{f}{f_0} - \dfrac{f_0}{f}\right)} \quad \text{avec} \quad Q = \frac{1}{2}\sqrt{1 + \frac{R}{R'}} \quad \text{et} \quad f_0 = \frac{Q}{\pi RC}$$

Calculer les valeurs théoriques de Q et f_0.

2.2 Fonctionnement

Vérifier à l'oscilloscope que ce montage fonctionne en filtre passe bande très sélectif.
Mesurer la fréquence expérimentale f_0 de résonance et évaluer l'incertitude sur cette valeur. Comparer à la valeur théorique (calculer l'écart normalisé).

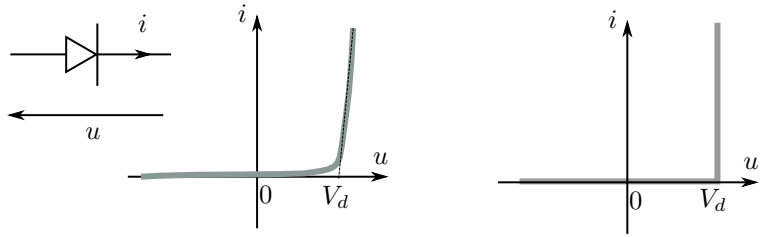
2.3 Signal de sortie

Relier maintenant la sortie de la boite à l'entrée analogique EA1 de l'interface.
Choisir pour signal d'entrée du filtre un signal carré de fréquence $f = f_0$ (et d'amplitude inférieure à 10 V). Tracer alors le spectre du signal de sortie. Interpréter.
Diminuer la fréquence du signal d'entrée. Qu'observe-t-on à l'oscilloscope ? En particulier pour $f = f_0/3$, $f_0/5$, $f_0/7$? Interpréter.

3 Effet d'un composant non linéaire sur le spectre d'un signal sinusoïdal

3.1 Rappels sur la diode

La diode est un composant semi-conducteur polarisé dont la caractéristique est représentée ci-dessous (schéma de gauche) :



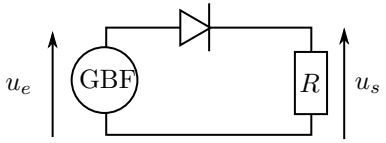
La caractéristique de la diode est souvent linéarisée de la manière représentée ci-dessus (schéma de droite).

V_d est la tension de seuil. Dans ces conditions, il existe deux modes de fonctionnement de la diode (ou deux « états »).

- Mode passant : $i > 0$ et $u = V_d$. La diode est alors électriquement équivalente à un générateur idéal de tension de fem V_d.
- Mode bloqué : $i = 0$ et $u < V_d$. La diode est alors électriquement équivalente à un interrupteur ouvert.

3.2 Non linéarité du montage redresseur simple-alternance avec seuil

Réaliser le montage ci-dessous avec u_e sinusoïdale de fréquence 1 kHz d'amplitude 5 V et $R = 1\,\text{k}\Omega$.



- Visualiser $u_s(t)$ et $u_e(t)$ et expliquer le nom donné à ce montage.
- Observer le spectre de la tension de sortie pour une tension d'entrée sinusoïdale. Conclure sur la linéarité ou non-linéarité du montage redresseur simple-alternance.
- On cherche maintenant à tracer la caractéristique tension-courant de cette diode. Ne pas relier le GBF à la masse de l'oscilloscope, on va l'utiliser en masse flottante. Comment faut-il placer l'oscilloscope et où brancher sa masse pour observer sur la voie 1 la tension aux bornes de la diode et sur la voie 2 la tension aux bornes de la résistance (qui est proportionnelle à l'intensité dans la diode) ? Observer alors la caractéristique de la diode en mode XY, la comparer à celle donnée ci-dessus.