

Electronique

TP n°4 : analyse spectrale et filtrage actif

Nom :	Auteur(s) :	MD
Prénom :	Date :	2024
Groupe :	Version :	V1

Ce que vous allez apprendre dans ce TP

1. Régler un analyseur de spectre FFT.
2. Caractériser le contenu spectral d'un signal complexe.
3. Mettre en place un filtre actif anti-bruit.

Pour chaque Jalon, vous devrez faire valider votre réponse en démontrant le bon fonctionnement de la manipulation, mais aussi en expliquant clairement votre réponse par écrit.

PARTIE A – PREPARATION (3 PTS)

A-1. Représentez le spectre en amplitude d'un signal $e(t) = 1 + 2 \cdot \sin(314 \cdot t)$.

On rappelle la décomposition en série de Fourier du signal carré d'amplitude A et de fréquence 250 Hz.

$$v(t) = \frac{4 \cdot A}{\pi} \cdot \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\sin((2 \cdot n + 1) \cdot \omega \cdot t)}{2 \cdot n + 1}$$

A-2. Considérant un signal carré d'amplitude 2 V, déterminez la valeur des 5 premiers harmoniques de ce signal.

A-3. Rappelez l'égalité de Parseval. En déduire lequel du signal carré ou du signal sinusoïdale (même amplitude et fréquence pour les deux) sera le plus puissant.

A-4. Rappelez le schéma de câblage d'un filtre RC et l'expression de sa fréquence à -3 dB (f_c). Représentez le diagramme de Bode (approximatif) de ce montage sur +/- 2 décades autour de f_c . Précisez la raideur de ce filtre et représentez-la sur votre diagramme.

A-5. On souhaite filtrer la composante fondamentale du signal carré de la question A-2. Le cahier des charges est le suivant

- la composante utile ne doit pas être atténuée de plus de 1 dB
- toutes les autres composantes doivent avoir une amplitude 50 fois plus petites en sortie qu'en entrée.

Dessinez le gabarit d'un tel filtre. Quelle serait la valeur de sa raideur minimale ? Un filtre RC pourra-t'il répondre au cahier des charges ?

--

PARTIE B – ANALYSE SPECTRALE (8 PTS)

B-1. Etude sonore de la fréquence

J1	Générez et visualisez sur l'oscilloscope un signal sinusoïdal d'amplitude 200 mV et de fréquence variable. En utilisant le haut-parleur, écoutez le signal sinusoïdal précédent. Comparez les changements sonores (aigue, grave, puissance) entre un signal sinusoïdal et un signal carré de fréquence 1 kHz.
-----------	--

--

B-2. Outil d'analyse spectrale

Un signal peut être représenté de deux façons :

- représentation temporelle : $v(t)$, qui représente l'amplitude du signal en fonction du temps. C'est ce que vous observez à l'oscilloscope.
- représentation spectrale (fréquentielle) : $V(f)$ qui représente l'amplitude du signal en fonction de la fréquence.

Mathématiquement, on obtient la représentation spectrale d'un signal par application d'une Transformée de Fourier du signal temporel.

Dans ce TP, nous utiliserons le calcul de Transformée de Fourier Rapide (Fast Fourier Transform), disponible sur l'oscilloscope, pour tracer le spectre du signal temporel.

Pour accéder à la visualisation de la « FFT » d'un signal sur l'oscilloscope, vous devez suivre la procédure suivante

- réglez la voix d'entrée en mode CC ;
- sélectionnez « FFT » dans le menu « Maths » ;

- sélectionnez la voie à analyser ;
- sélectionnez l'échelle verticale, qui peut être linéaire (toujours en valeur efficace) ou en DBVeff (échelle logarithmique).

La résolution verticale est automatiquement déterminée en fonction du choix initial sur la courbe temporelle (cette dernière doit être proche de la pleine échelle de l'oscilloscope).

La résolution horizontale est obtenue en modifiant le nombre de périodes du signal (temporel) observées à l'écran.

Pour plus de clarté, vous pouvez retirer la courbe temporelle en double-cliquant sur cette voie.

J2	<p>Générez un signal sinusoïdal de fréquence 250 Hz de 2 V d'amplitude et d'offset 2 V.</p> <p>Visualisez la FFT du signal en mode linéaire (malheureusement, certains oscilloscopes n'affichent pas la composante continue). L'échelle horizontale sera de 250 Hz/carreau.</p> <p>Mesurez la fréquence et l'amplitude des raies en linéaire. Discutez ces valeurs.</p>

J3	<p>Générez un signal carré de fréquence 250 Hz d’amplitude 2 V (sans offset).</p> <p>Mesurez l’amplitude des raies en linéaire (remplir le tableau ci-dessous). L’échelle horizontale sera de 250 Hz/carreau</p> <p>Comparez vos résultats aux valeurs théoriques.</p>						
Harmoniques du signal carré (Hz)	250	500	750	1000	1250	1500	1750
Amplitudes mesurées (V)							
Amplitudes théoriques (Veff)							

J4	Visualisez l'amplitude des raies du signal carré en dBV. Quel est l'intérêt de l'affichage en dBV ?

J5	Générez un signal sinusoïdal de fréquence 250 Hz d'amplitude 1 V. Diminuez le calibre d'entrée pour « faire saturer » l'entrée (le signal dépasse de la fenêtre de l'oscilloscope). Visualisez le spectre de ce signal. Expliquez.

B-3. Mesure de la composante fondamentale d'un signal harmonique en utilisant un filtre du premier ordre.

J6	Proposez et mettez en place un filtre simple du premier ordre permettant d'extraire la composante fondamentale d'un signal carré de fréquence 250 Hz de 2 V d'amplitude. Mettez ce montage en place sur la platine verte (en choisissant vous-même les composants). Visualisez le signal temporel et la FFT du signal de sortie du filtre. Discutez ce résultat.

PARTIE C – FILTRAGE ACTIF D'UN SIGNAL BRUITÉ (9 PTS)

Nous allons comparer l'écoute d'un La 440 Hz (sinus de fréquence 440 Hz) et de la même note bruitée par un signal haute fréquence. Pour étudier le signal bruité, vous appuierez sur « arb → Menu Signal Arb », sélectionnez User 1 et cliquez sur « Ok ».

J7	<p>En utilisant le haut-parleur, comparez l'écoute du La 440 Hz pur et de sa version bruitée (contenue dans user 1 du menu arb).</p> <p>Débranchez le haut-parleur et caractérisez le contenu spectral de ces deux signaux (en utilisant la FFT) dans la gamme de fréquence audible.</p> <p>A quelle fréquence se situe la composante de bruit ?</p>

De manière à filtrer cette composante de bruit, nous allons mettre en place un filtre actif (figure 2) du premier ordre.

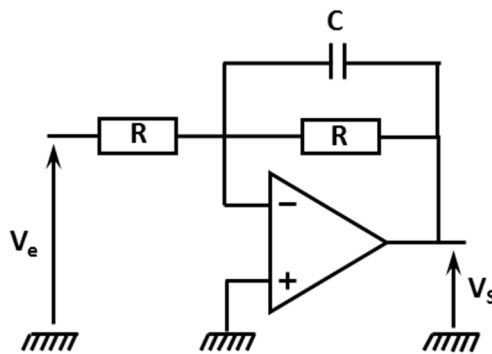


Figure 2 : filtre actif d'ordre 1.

Pensez à vérifier le type d'AOP que vous choisirez (les brochages des TL081 et TL082 sont différents). Les datasheet de chacun de ces AOP se trouvent sur le serveur commun\domenjoud.

On prendra $R = 1.5 \text{ k}\Omega$ et $C = 100 \text{ nF}$.

J8	<p>Mettez ce filtre en place sur votre plaque Labdec (commencez par câbler le suiveur, puis rajoutez les autres composants).</p> <p>Visualisez simultanément l'entrée et la sortie du filtre sur l'oscilloscope.</p> <p>Caractérisez le type de filtre, la valeur de l'amplification en bande passante et indiquez sa fréquence de coupure.</p> <p>Ce filtre est-il adapté à notre cahier des charges ?</p>

J9	Visualisez et comparez les spectres du La 440 bruité, filtré et non filtré. Conclure.

J10	Dans un tableur, relevez l'amplitude et la phase du signal de sortie pour 10 valeurs de fréquences pertinentes. Tracez l'évolution du gain et de la phase de ce filtre sur une échelle de fréquence logarithmique.

J11	En utilisant le filtre et le haut-parleur, écoutez l'effet sonore du filtre en comparant le son du signal filtré et non filtré. Conclure