

TP2 - Réponse d'un filtre à un signal périodique

Objectifs :

- analyser le contenu spectral d'un signal ;
- étudier l'influence d'un filtre sur le spectre d'un signal.

Avertissement ! La carte d'acquisition Sysam-SP5 n'accepte que des tensions comprises entre -10 V et 10V sous peine de destruction de la carte (1000 €) !

Avant de lancer le signal sur la carte d'acquisition vous devez toujours vérifier à l'oscilloscope l'amplitude des signaux.

Les points **Cx.** correspondent aux consignes à suivre pour réaliser les manipulations. Les questions sont repérées sous la forme **Qx.** Les questions repérées par **(**)** sont des questions théoriques, à répondre avant la séance de TP.

I Analyse spectrale d'un signal

La représentation du spectre d'un signal peut se faire expérimentalement à l'aide :

- d'un analyseur de spectre (ex : spectromètre) ;
- du module Fourier d'un oscilloscope numérique ;
- d'un logiciel d'acquisition et d'un traitement numérique par un algorithme de calcul (*Fast Fourier Transform (FFT)* la plupart du temps).

Le logiciel d'acquisition utilisé dans ce TP est Latis Pro. Son traitement fréquentiel des signaux d'un signal créneau (partie I.2) sera comparé à celui effectué par un oscilloscope (partie I.3). L'influence d'un filtre d'ordre supérieur à 1 sur un signal riche en harmoniques est étudié dans la partie II. Finalement, nous étudierons le comportement d'un filtre d'ordre 1 dans sa bande d'atténuation (partie III.)

I.1 Acquisition d'un signal

- C1.** Générer à l'aide du GBF un signal carré de valeur moyenne 1 V et d'amplitude crête à crête 2 V, de fréquence 1.0 kHz. Contrôler à l'oscilloscope le signal. Envoyer celui-ci sur la voie EA0 de la carte d'acquisition.
- C2.** À l'aide de la fiche méthode « Latis Pro », réaliser l'acquisition du signal. Choisir un temps d'acquisition suffisant pour observer 3 périodes, avec un nombre suffisant de points (au moins 1000).

I.2 Analyse de Fourier

- C3.** S'aider de la partie « Analyse spectrale d'un signal » de la fiche méthode « Latis Pro » pour obtenir le spectre du signal.

Remarque : dans le cas d'un signal périodique, la sélection manuelle est délicate : il est très difficile de sélectionner proprement un nombre entier de périodes, c'est pourquoi le logiciel gère automatiquement le nombre de périodes nécessaires pour effectuer le calcul du spectre du signal.

Par ailleurs, si vous souhaitez avoir un tableau avec les valeurs des harmoniques du signal, valider le **mode TABLEUR**.

- Q1.** Remplir le tableau ci-dessous (on note A_i l'amplitude de l'harmonique i , A_0 la valeur moyenne).
- Q2.** Faire de même pour un signal triangle de valeur moyenne nulle et un signal sinusoïdal de valeur moyenne nulle.

	A_0	A_1	$\frac{A_3}{A_1}$	$\frac{A_5}{A_1}$
Signal carré avec valeur moyenne				
Signal triangle sans valeur moyenne				
Signal sinusoïdal				

Appeler l'enseignant afin de présenter le spectre d'un des deux signaux et vérifier les résultats.

On rappelle les décompositions en série de Fourier des signaux carré et triangle, de valeur moyenne A_0 , d'amplitude E et de pulsation ω :

- signal carré : $A_0 + \sum_{k=0}^{+\infty} C_{2k+1} \sin((2k+1)\omega t)$ avec $C_{2k+1} = \frac{2E}{(2k+1)\pi}$
- signal triangle : $A_0 + \sum_{k=0}^{+\infty} T_{2k+1} \sin((2k+1)\omega t)$ avec $T_{2k+1} = \frac{8E}{(2k+1)^2\pi}$

- Q3.** Comparer les rapports des amplitudes obtenues expérimentalement et les rapports des amplitudes attendues selon la décomposition en série de Fourier.
- Q4.** Que dire du contenu en fréquence d'un signal possédant des variations brutales, par rapport à celui d'un signal variant plus doucement au cours du temps ?

I.3 Utilisation du module FFT de l'oscilloscope

On reprend ici l'analyse du signal carré précédent.

- C4.** Observer le signal carré à l'oscilloscope.
- C5.** Activer le module « **Math** » en utilisant le bouton correspondant à droite de l'oscilloscope.
- C6.** Sélectionner la fonction **FFT** et la voie sur laquelle on souhaite l'appliquer. Choisir une échelle **verticale linéaire** à l'aide des options de la fonction FFT.
- C7.** Jouer sur la base de temps pour obtenir un affichage satisfaisant en fréquence. On pourra remarquer que la résolution temporelle et la résolution fréquentielle varient de façon opposée.
- C8.** Au besoin, modifier la plage du spectre affichée en utilisant les réglages de la fréquence centrale et de la plage affichée.
- C9.** Vérifier les observations faites dans la partie précédente en utilisant les curseurs (paramétrés sur la voie « Math »).

II Réponse d'un filtre passe-bas d'ordre 2

Vous disposez d'une maquette d'un filtre passe-bas d'ordre 2 de type RLC série, de fréquence de coupure d'environ 5.0 kHz.

II.1 Réponse en fréquence

- Q5. (**)** Représenter les allures des diagrammes de BODE en gain et en phase de ce filtre. On indiquera les valeurs remarquables de ces diagrammes (pentes, valeurs asymptotiques...).
- Q6. (**)** Proposer une forme pour la fonction de transfert \underline{H} et identifier ses paramètres. Déterminer l'expression de son gain linéaire $G = |\underline{H}|$ en fonction de la fréquence f du signal d'entrée et de la fréquence propre f_0 . Écrire la relation entre les amplitudes des harmoniques de rang k des signaux d'entrée et de sortie, E_k et S_k .
- Q7.** Vérifier par un balayage en fréquence rapide que le comportement du filtre est celui d'un passe-bas.

II.2 Réponse à un signal carré

- C10.** Alimenter le montage par un signal crête à crête d'amplitude variant entre 0 et 2 V de fréquence 400 Hz ; visualiser le signal en sortie du filtre.
- C11.** Déterminer, à l'aide de Latis Pro, les spectres des signaux d'entrée et de sortie. Commenter.
- C12.** Compléter le tableau avec les amplitudes des composantes des signaux d'entrée et de sortie demandées, à l'aide de vos mesures et de l'étude théorique menée question **Q6.** (**)

	Composante continue	Fondamental	Harmonique 3	Harmonique 5
Entrée (en V)				
Sortie expérimentale (en V)				
Sortie théorique (en V)				

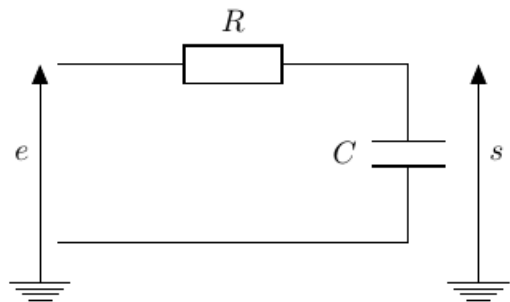
Appeler l'enseignant afin de présenter le spectre d'un des deux signaux et vérifier les résultats.

III Réponse d'un filtre d'ordre 1

On considère le filtre passif ci-contre, avec $R = 15 \text{ k}\Omega$ et $C = 22 \text{ nF}$.

III.1 Réponse à un signal sinusoïdal

- C12.** Câbler le montage et vérifier le bon fonctionnement de celui-ci.
- C13.** Mesurer en expliquant la méthode utilisée la fréquence de coupure à -3 dB .
- C14. pour les plus rapides :** effectuer un relevé du diagramme de BODE (utiliser un tableur).



III.2 Comportement dans la bande atténuée

- C15.** Alimenter le montage par un signal crête à crête de fréquence environ 20 kHz de valeur moyenne nulle. Visualiser le signal de sortie.
- Q8.** Quel est le comportement de ce filtre ? Justifier théoriquement ce comportement.

III.3 Filtre passe haut

- C16.** Intervenir dans le montage précédent la résistance et le condensateur.
- C17.** Vérifier que le filtre obtenu est de type passe-haut.
- C18.** Alimenter le montage par un signal triangle de valeur moyenne nulle de fréquence 50 Hz.
- Q9.** Justifier la forme du signal obtenu en sortie.

Liste du matériel

- plaquette Eurosmert Sysam-SP5 ;
- GBF ;
- multimètre de table ;
- oscilloscope numérique ;
- partie II. : circuit RLC non-résonant à 5.0 kHz ($L = 12 \text{ mH}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$ (boîte à décade) et $C = 80 \text{ nF}$ (AOIP))
- partie III : circuit RC avec $C = 22 \text{ nF}$ et $R = 15 \text{ k}\Omega$