

Analyse spectrale

Objectifs de la séance

Un convertisseur analogique-numérique (CAN), la centrale Eurosmart SYSAM-SP5, permet de numériser un signal et d'en effectuer l'analyse spectrale avec le logiciel Latis-Pro. Ce dernier utilise un algorithme de transformée de Fourier rapide (FFT).

La première partie de la séance permettra de se familiariser avec l'analyse spectrale et avec quelques précautions à prendre lors de l'acquisition d'un signal pour obtenir un spectre satisfaisant.

La seconde partie de la séance permettra d'étudier le comportement d'un circuit linéaire (appauvrissement possible du spectre) et, éventuellement d'un circuit non linéaire (enrichissement possible du spectre).

I. Acquisition d'un signal

1. Réglages et acquisition

Régler un générateur B.F. pour qu'il délivre un signal sinusoïdal d'amplitude légèrement inférieure à 10 V et de fréquence légèrement inférieure à 200 Hz (contrôler le signal à l'oscilloscope). Brancher la sortie du B.F. sur l'entrée analogique 0 du boîtier (SYSAM-SP5) connecté à l'ordinateur et démarrer sur ce dernier le logiciel Latis-Pro.

Les options d'acquisition du logiciel sont à ajuster dans la boîte de paramétrage (cliquer sur l'icône rouge dans le volet *Paramètres* en partie gauche de la fenêtre). Utiliser les réglages suivants :

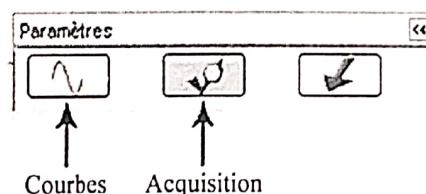
Entrée Analogiques : valider EA0 en cliquant sur le bouton correspondant.

Acquisition : sélectionner l'onglet *Temporelle* et imposer les valeurs *Points* : 1000 ; *Te* : 20 μ s ; *Total* : xxx ms.

Te est la période d'échantillonnage. Les trois valeurs ne sont pas indépendantes. Le logiciel ajuste $Total = Points \times Te$.

Déclenchement : *Source* : Choisir Aucune.

Lancer l'acquisition par *Exécuter/Acquisition des entrées* ou par le raccourci clavier F10. Le signal doit s'afficher dans la fenêtre n°1. Sinon, vérifier le réglage des paramètres.



2. Utilisation du logiciel

Les courbes disponibles sont visibles dans la boîte de paramétrage (cliquer sur l'icône verte). Il est possible de « glisser » avec la souris une courbe vers la fenêtre où on désire l'afficher.

Si on veut au contraire supprimer une courbe d'une fenêtre graphique, faire un clic droit sur son nom dans la fenêtre.

Il est en général possible de modifier les propriétés d'un objet en double-cliquant dessus (modifier les échelles sur les axes : double-clic sur l'axe ; couleur d'affichage d'une courbe : double-clic sur son nom ...).

Un clic droit dans une fenêtre graphique donne accès aux outils utiles (loupe, réticule, pointeur ...). Un clic gauche maintenu permet de dilater les axes ou de déplacer le graphique.

II. Analyse spectrale de quelques signaux

1. Signal de forme simple (signal sinusoïdal acquis au I.)

a. Analyse directe du signal

Effectuer l'analyse par le menu principal *Traitements/Calculs spécifiques/Analyse de Fourier* ou par le raccourci clavier F6. Dans la fenêtre qui apparaît, glisser le courbe EA0(t) depuis le volet *Paramètres/Courbes* de la gauche de la fenêtre puis dérouler le volet *Avancé* et valider l'option *Manuelle* dans *Sélection de périodes*. Lancer le calcul en cliquant sur le bouton *Calcul*. Noter la fréquence de chaque composante du spectre. Pour cela, on peut utiliser un réticule dans la fenêtre du spectre mais il est plus confortable d'utiliser le tableur que l'on ouvre par le menu *Traitement/Tableur* ou par le raccourci clavier F11. Y glisser les variables *Fréquence* et *S_Amplitude*. Le spectre est-il celui attendu ? Expliquer.

b. Remarques

- Pour observer la partie utile du spectre, il peut être utile de changer les échelles (voir I.2).
- Si *T* est la durée totale d'observation, la résolution spectrale est donnée par $\delta F = 1/T$. La calculer dans ce cas précis et vérifier avec les valeurs des fréquences en mode tableur. Augmenter cette résolution en effectuant une nouvelle acquisition avec plus de points (par ex. 2000) sans modifier *Te*.
- L'algorithme de transformée de Fourier rapide exige un nombre de points égal à une puissance de 2. Si cette condition n'est pas réalisée, le logiciel applique, avant analyse, un algorithme d'interpolation pour amener le nombre de points à la puissance de 2 immédiatement supérieure.

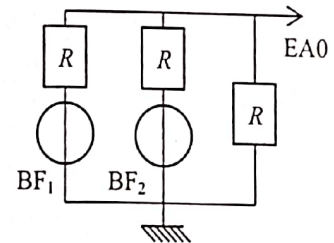
c. Amélioration du spectre

Pour obtenir le spectre attendu, il faut ajuster la durée d'analyse à un nombre entier de périodes en utilisant dans la fenêtre appelée par *Traitements/Analyse de Fourier* la liste *Sélection de périodes*.

- 1^{re} méthode (*Manuelle*) : 2 traits verticaux mobiles permettent de sélectionner la partie du signal qui convient. Il faut être minutieux car l'algorithme est sensible au moindre écart par rapport au cas idéal.
 - 2^{de} méthode (*Automatique*) : permet de choisir automatiquement une durée de une ou plusieurs périodes.
- Effectuer ces opérations et constater l'amélioration du spectre. Comparer la fréquence ainsi mesurée et la valeur affichée par le fréquencemètre du B.F.

2. Signal facilement décomposable

Effectuer le montage ci-contre avec $R = 1000 \Omega$. BF₁ délivre un signal de fréquence f_1 (environ 200 Hz). BF₂ délivre un signal de fréquence f_2 (environ 550 Hz). Faire l'acquisition puis le spectre du signal somme en EA0. Noter la fréquence et l'amplitude des composantes du spectre. Les comparer aux valeurs attendues. Faire différents essais en modifiant la durée d'acquisition. Quelles conclusions peut-on en tirer sur le choix de la durée d'acquisition ?



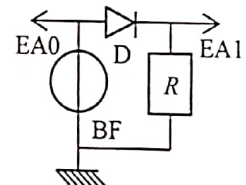
3. Signaux carrés

On revient à l'utilisation d'un seul générateur B.F. délivrant un signal en créneaux de fréquence f_0 voisine de 200 Hz et d'amplitude comprise entre 5 V et 10 V. Faire une acquisition et un spectre de Fourier. Vérifier que ce spectre ne comporte que des harmoniques de rangs impairs f_{2p+1} d'amplitude a_{2p+1} à noter. Effectuer les produits $(2p+1)a_{2p+1}$. (Calcul possible directement dans la feuille de calcul, la variable NumPoint désignant le numéro de la ligne – le numéro de la première ligne étant nul). Commenter.

III. Utilisation d'un opérateur non linéaire (ici une diode : composant non linéaire)

Si il reste peu de temps (moins de 40 minutes, passer directement au IV)

Effectuer le montage ci-contre avec $R = 1000 \Omega$. Le générateur délivre un signal sinusoïdal de fréquence $f \approx 200$ Hz. Régler l'amplitude à 5 V maximum. Faire une acquisition de EA0 puis le spectre de Fourier de EA0. Faire une acquisition de EA1 puis le spectre de EA1. Noter la fréquence et l'amplitude des premières composantes de EA1. Interpréter les valeurs obtenues. Expliquer l'enrichissement du spectre de EA1 par rapport à celui de EA0.



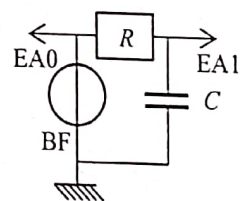
IV. Utilisation d'un filtre linéaire (passe-bas du premier ordre)

Réaliser le montage ci-contre avec $C = 100$ nF et $R = 10$ k Ω . Montrer que la fonction de transfert du filtre est de la forme $\underline{H}(f) = \frac{1}{1 + jf/f_c}$. Donner l'allure du

diagramme de Bode. Calculer f_c (attention à ne pas confondre pulsation et fréquence) et régler le générateur pour qu'il délivre un signal en créneaux de fréquence f_c , d'amplitude légèrement inférieure à 10 V. Faire une acquisition de EA0 puis le spectre de Fourier de EA0. Vérifier que ce spectre ne comporte que des harmoniques impairs de fréquences f_{2p+1} et noter leurs amplitudes a_{2p+1} . Faire une acquisition de EA1 puis le spectre de Fourier de EA1. Noter les amplitudes b_{2p+1} .

Remarque : il y a une option dans l'analyseur de Fourier qui remplace par 0 les amplitudes faibles des composantes spectrales. Ceci risque de cacher certains harmoniques. Il faut invalider cette option : dans le volet *Avancé*, placer le niveau de validité à 0%.

Remplir un tableau analogue à celui ci-dessous (mais avec plus de lignes !). Comparer les valeurs attendues aux valeurs théoriques et commenter.



p	a_{2p+1}	$ \underline{H}(f_{2p+1}) $	$a_{2p+1} \cdot \underline{H}(f_{2p+1}) $	b_{2p+1}