

Nous allons dans ce TP étudier différentes méthodes pour mesurer des fréquences et réaliser une analyse spectrale.

Le logiciel LatisPro est accessible par le chemin Menu Démarrer → Physique-Chimie. Conformément au programme de Spé, les capacités exigibles sont les suivantes :

- Mesures directes de fréquences ou de périodes.
- Mesure indirecte de fréquence par comparaison avec une fréquence voisine connue en utilisant une détection "synchrone" (utilisation d'un multiplieur et d'un passe-bas adapté à la mesure).
- Analyse spectrale : mettre en évidence le phénomène de repliement du spectre provoqué par l'échantillonnage, 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.

## I - Mesure d'une fréquence par détection synchrone

L'interface Sysam n'est pas utilisée dans cette partie. On utilisera 2 GBF et un multiplieur.

Il faut régler au préalable les deux GBF. En utilisant l'oscilloscope, régler les deux GBF de sorte qu'ils délivrent deux tensions sinusoïdales  $u_{e1}$  et  $u_{e2}$  d'amplitude 8 V et de fréquences  $f_1 = 10$  kHz pour l'un et pour l'autre  $f_2 = f_1 + \Delta f$  avec  $\Delta f$  de l'ordre de la centaine de Hz. Quel problème rencontre-t-on quant à la synchronisation de l'oscilloscope ?

Avant de relier la plaquette aux GBF, le multiplieur doit impérativement être alimenté ( $\pm 15$  V). Ne pas oublier de brancher la masse de l'alimentation sur la plaquette. En fin de séance, cette alimentation sera éteinte en dernier.

Le composant AD633 est le coeur de cette plaquette. Il est complété par d'autres opérateurs (soustracteurs par exemple). La fonction de sortie est de la forme :

$$S = \frac{(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2)}{10} + Z$$

Des court-circuits ont été placés de sorte que  $X_2 = Y_2 = Z = 0$ . On choisit  $u_{e1}$  pour  $X_1$  et  $u_{e2}$  pour  $Y_1$ . Quel est le spectre théorique de  $u_s = S$  ? Le multiplieur est-il un opérateur linéaire ?

On désire mesurer  $\Delta f$ . Quel harmonique faut-il filtrer dans le spectre de  $u_s$  ? Quel type de filtre faut-il utiliser ?

En utilisant un circuit RC, compléter le montage et réaliser le filtrage souhaité.

Comment choisir le produit  $\tau = RC$  ?

Observer le signal en sortie du filtre et commenter. Comment pourrait-on améliorer le filtrage ?

Ne pas démonter le circuit. Il sera utilisé à la fin de la partie suivante.

## II - Échantillonnage

Nous allons mettre en évidence quelques problèmes liés à l'échantillonnage.

Dans cette partie, seul un GBF (Metrix par exemple) et l'interface *Sysam* (avec *LatisPro*) sont nécessaires. Le calcul du spectre est accessible par le chemin *Traitement* → *Calculs spécifiques* → *Analyse de Fourier*.

Avec l'oscilloscope, régler le GBF de sorte qu'il délivre une tension sinusoïdale  $u$  de fréquence  $f_0 = 100$  Hz et d'amplitude 8 V.

Brancher le GBF directement sur la voie EA0 de *Sysam*. Débrancher l'oscilloscope pour éviter tout phénomène parasite.

### 1) Choix de la durée d'acquisition $T_{acq}$

Choisir le nombre de points  $N = 10000$ .

Choisir la durée d'acquisition totale de sorte qu'elle soit égale à 3 périodes.

Observer le spectre en amplitude du signal.

Observer l'effet du choix automatique ou manuel (*Analyse de Fourier* → *Avancé* → *Sélection de périodes*) de la durée d'acquisition réelle  $T_{acq}$ . Comment doit-on choisir  $T_{acq}$  pour obtenir un spectre correct ?

## 2) Repliement du spectre et critère de Nyquist-Shannon

Choisir le nombre de points  $N = 10000$ . Choisir une période d'échantillonnage  $T_{ech} = 200 \mu s$  ( $f_{ech} = 5$  kHz). Observer le signal obtenu et le spectre. Penser à utiliser les fonctions loupe, calibrage, réticule.

Augmenter la fréquence  $f_0$  en choisissant successivement les valeurs 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz et 3,5 kHz. Commenter les différents signaux enregistrés ainsi que leurs spectres. Que se passe-t-il au voisinage de 2,5 kHz ?

Acquérir un signal sinusoïdal de fréquence  $f_0 = 900$  Hz et l'échantillonner à la fréquence  $f_{ech} = 1$  kHz. Visualiser le signal échantillonné et mesurer sa fréquence. Établir son spectre. Commenter.

Exemple d'application : reprendre le circuit du paragraphe précédent et choisir correctement les paramètres d'acquisition pour observer le spectre du signal à la sortie du multiplieur, puis du signal à la sortie du filtre.