

## Travaux pratiques Echantillonnage et spectre de Fourier compte rendu à rendre à la fin de la séance

### 1) Echantillonnage - théorème de Shannon

#### Plage d'observation du spectre

Pour une valeur de fréquence d'échantillonnage fixée combien vaut la fréquence maximale affichée à l'écran de l'oscilloscope ? Justifier cette observation à partir du théorème de Shannon.

#### Repliement d'un signal sinusoïdal:

Régler le générateur sur la forme d'onde sinus, puis augmenter progressivement la valeur de la fréquence de la tension issue du générateur de fonctions. Que se passe-t-il lorsque l'on augmente la fréquence au delà de  $F_e/2$  (où  $F_e$  est la fréquence d'échantillonnage)?

Reproduire un graphe observé pour lequel la valeur de la fréquence mesurée à l'oscilloscope n'est plus en accord avec celle du fréquencemètre du générateur de fonctions. Indiquer sur votre graphe, la valeur de la fréquence d'échantillonnage, la Valeur de la fréquence du générateur.

Effectuer la mesure de la fréquence au moyen d'un curseur. Expliquer la différence avec la valeur de la fréquence délivrée par le GBF. Régler la fréquence du générateur de fonctions à la valeur de  $F_e$ . Reproduire l'observation du graphe. Commenter cette observation.

#### Repliement d'un signal complexe:

Régler le générateur sur la forme d'onde créneau à la fréquence fondamentale de 1kHz. Observer et reproduire le spectre en vous réglant à une fréquence d'échantillonnage  $F_e=2.5\text{kHz}$ . Expliquer ce qui se passe et la valeur de fréquence des raies mesurées avec le curseur.

Régler la fréquence d'échantillonnage pour ne pas avoir de repliement de spectre.

Reprendre  $F_e=2.5\text{kHz}$  et mettre en oeuvre un filtre antirepliement. Observer et reproduire le spectre obtenu et le signal obtenu. Expliquer.

### 2) Conversion analogique-numérique

Brancher une tension nulle à l'entrée du CAN Sysam. Enregistrer la tension au cours du temps. Les fluctuations enregistrées correspondent à des erreurs de plus ou moins un digit. Mesurer la valeur de ce quantum en volt. Etant donné le calibre utilisé en déduire le nombre de bits sur lequel code le CAN. Comparer avec la valeur donnée par le constructeur (à trouver sur le net).

Générer un sinus de 1000 HZ à partir du CNA Sysam. Observer le quantum sur l'oscilloscope. Connaissant le calibre du CNA en déduire le nombre de bits sur lequel code le CNA. Comparer avec la valeur donnée par le constructeur (à trouver sur le net).

Générer un second sinus de 1001 HZ sur l'autre voie du CNA Sysam. Additionner les deux tensions au moyen d'un circuit additionneur que vous réaliserez.

Analyser le spectre du signal en sortie de l'additionneur avec l'oscilloscope et avec le CAN en réglant la résolution fréquentielle du CAN de façon à pouvoir observer les deux pics.

Régler un des sinus à 50 Hz et l'autre à 10Hz. La situation simule ce qui se passe lorsque l'on a un signal basse fréquence bruité par le signal du secteur. Proposer une stratégie pour échantillonner ce signal de 10Hz tout en éliminant complètement le bruit 50Hz. Cette situation correspond à un exercice vu en TD.

### 3) Visualisation en série de Fourier

On utilise une application Java créée par Paul Falstad en libre accès sur Internet: <http://www.falstad.com/fourier/>. Pour sélectionner une fonction, vous pouvez appuyer sur un des boutons suivants: sinus, triangle, dent de scie, carré, et le bruit. La fonction est affichée en **blanc**, et le développement en série de Fourier en **rouge**. Vous pouvez modifier la fonction (en blanc) directement en cliquant sur le graphique, on visualise alors la nouvelle série de Fourier. Déplacez la souris sur les cercles blancs de la décomposition pour voir la contribution numérique (amplitude) de chaque terme en jaune au centre de la fenêtre ainsi que le tracé de la forme de l'harmonique correspondant. Vous pouvez modifier chacun des coefficients de la série de Fourier directement en cliquant sur le graphique (blanc puis jaune), on visualise alors la nouvelle somme de la série de Fourier (rouge). Cette application émet un son si vous utilisez Java 2. Utilisez cette application pour répondre aux questions ci-dessous.

**Help** : en cliquant sur "Full Directions" de la page index, on a accès à la page "aide" de l'application.

#### Questions

**Fonction pair/impair** : l'origine des temps étant au centre de la fenêtre, expliquer le changement observé sur la décomposition en SF (sine/cosine ou  $a_n/b_n$ ) selon que l'on décompose une fonction paire ou impaire. Que devient ce changement quand on coche "Magnitude/Phase View" pour voir les coefficients  $c_n$  et  $\phi_n$ .

**Sine/cosine** : que peut-on obtenir en combinant un sinus et un cosinus ? Que se passe-t-il quand on déphase un sinus ou un cosinus. Notre oreille est-elle sensible au déphasage ?

**Onde triangulaire** : en ajustant le curseur **Number of Terms** on choisit combien de termes sont utilisés dans le développement de Fourier (en rouge). Quelle est l'influence du nombre de terme sur la reconstruction ? Est-ce que la hauteur du son synthétisé est affectée par le nombre de termes utilisés ?

**Square Wave** : onde carrée. La synthèse du signal carré est-elle parfaite quand le nombre de terme devient grand ?

**Noise** : bruit périodique aléatoire. Décrire le spectre du bruit.

**Clip (saturation)** : la fonction est amplifiée et écrêtée, ce qui signifie qu'après amplification la fonction va au-delà du maximum et minimum autorisé, le haut et le bas sont coupés. Quel est l'effet de cette saturation sur le spectre ? Cet effet est-il utilisé dans le domaine de l'audio ?

**Help** Pour sélectionner une fonction, vous pouvez appuyer sur un des boutons suivants: sinus, triangle, dent de scie, carré, et le bruit. La fonction est affichée en **blanc**, et le développement en série de Fourier en **rouge**.