

## TP1- Analyse spectrale d'un signal Transformée de Fourier discrète

---

### Objectifs

- Représentation de signaux et applications de la transformée de Fourier discrète (TFD) sous Matlab.
- Evaluation de l'intérêt du passage du domaine temporel au domaine fréquentiel dans l'analyse et l'interprétation des signaux physiques réels.

**Commentaires :** Il est à remarquer que ce TP traite en principe des signaux continus. Or, l'utilisation de Matlab suppose l'échantillonnage du signal. Il faudra donc être vigilant par rapport aux différences de traitement entre le temps continu et le temps discret.

**Tracé des figures :** toutes les figures devront être tracées avec les axes et les légendes des axes appropriés.

**Travail demandé :** un script Matlab commenté contenant le travail réalisé et des commentaires sur ce que vous avez compris et pas compris, ou sur ce qui vous a semblé intéressant ou pas, bref tout commentaire pertinent sur le TP.

### Représentation temporelle et fréquentielle

Considérons un signal périodique  $x(t)$  constitué d'une somme de trois sinusoïdes de fréquences 440Hz, 550Hz, 2500Hz.

$$x(t) = 1.2\cos(2\pi 440t + 1.2) + 3\cos(2\pi 550t) + 0.6\cos(2\pi 2500t)$$

1- Tracer le signal  $x(t)$ . Fréquence d'échantillonnage :  $f_e = 10000\text{Hz}$ , Intervalle : Nombre d'échantillons :  $N = 5000$ .

Pour approximer la TF continue d'un signal  $x(t)$ , représenté suivant un pas  $T_e$ , on utilise les deux commandes : **fft** et **fftshif**.

- On remarquera que la TF est une fonction complexe et que la fonction ainsi obtenue décrit la TF de  $x(t)$  entre  $-1/(2T_e)$  et  $1/(2T_e)$  par pas de  $1/(nT_e)$  où  $n$  est le nombre de points constituant le signal  $x(t)$ .
- La commande **fft** codant les fréquences positives sur les  $n/2$  premières valeurs du signal et les valeurs négatives entre  $n/2+1$  et  $n$ , la commande **fftshift** permet de les inverser.

2- Calculer la TFD du signal  $x(t)$  en utilisant la commande **fft**, puis tracer son spectre en amplitude après avoir créé le vecteur  $f$  qui correspond à l'échantillonnage du signal dans l'espace fréquentiel. Utiliser la commande **abs** pour afficher le spectre d'amplitude.

3. Pour mieux visualiser le contenu fréquentiel du signal, utiliser la fonction **fftshift**, qui effectue un décalage circulaire centré sur zéro du spectre en amplitude obtenu par la commande **fft**.

Un bruit correspond à tout phénomène perturbateur gênant la transmission ou l'interprétation d'un signal. Dans les applications scientifiques, les signaux sont souvent corrompus par du bruit aléatoire, modifiant ainsi leurs composantes fréquentielles. La TFD peut traiter le bruit aléatoire et révéler les fréquences qui y correspondent.

4- Créer un nouveau signal **xnoise**, en introduisant un bruit blanc gaussien dans le signal d'origine **x(t)**, puis visualisez-le. Utiliser la commande **randn** pour générer ce bruit. Il est à noter qu'un bruit blanc est une réalisation d'un processus aléatoire dans lequel la densité spectrale de puissance est la même pour toutes les fréquences de la bande passante. Ce bruit suit une loi normale de moyenne 0 et d'écart type 1.

5 – Utiliser la commande **sound** pour écouter le signal et puis le signal bruité.

La puissance du signal en fonction de la fréquence (densité spectrale de puissance) est une métrique couramment utilisée en traitement du signal. Elle est définie comme étant le carré du module de la TFD, divisée par le nombre d'échantillons de fréquence.

6- Calculez puis tracer le spectre de puissance du signal bruité centré à la fréquence zéro.

7- Augmenter l'intensité de bruit puis afficher le spectre. Interpréter le résultat obtenu.

## Analyse fréquentielle du chant du rorqual bleu

Il existe plusieurs signaux dont l'information est encodée dans des sinusoïdes. Les ondes sonores est un bon exemple. Considérons maintenant des données audios collectées à partir de microphones sous - marins au large de la Californie. On cherche à détecter à travers une analyse de Fourier le contenu fréquentiel d'une onde sonore émise par un rorqual bleu.

1- Chargez, depuis le fichier '**bluewhale.au**', le sous-ensemble de données qui correspond au chant du rorqual bleu du Pacifique. En effet, les appels de rorqual bleu sont des sons à basse fréquence, ils sont à peine audibles pour les humains. Utiliser la commande **audioread** pour lire le fichier. Le son à récupérer correspond aux indices allant de 2.45e4 à 3.10e4.

2- Ecoutez ce signal en utilisant la commande **sound**, puis visualisez-le.

La TFD peut être utilisée pour identifier les composantes fréquentielles de ce signal audio. Dans certaines applications qui traitent de grandes quantités de données avec **fft**, il est courant de redimensionner l'entrée de sorte que le nombre d'échantillons soit une puissance de 2. **fft** remplit automatiquement les données avec des zéros pour

augmenter la taille de l'échantillon. Cela peut accélérer considérablement le calcul de la transformation.

3- Spécifiez une nouvelle longueur de signal qui sera une puissance de 2, puis tracer la densité spectrale de puissance du signal.

4- Déterminer à partir du tracé, la fréquence fondamentale du gémissement de rorqual bleu.

## Commandes susceptibles de vous être utiles

Rappel : Une aide en ligne de toutes les fonctions Matlab sont disponibles grâce à la commande : `help nom_de_fonction`

<b>plot</b>	permet de tracer une fonction
<b>xlabel</b>	rajoute une légende à l'axe des abscisses
<b>ylabel</b>	rajoute une légende à l'axe des ordonnées
<b>title</b>	rajoute un titre à une figure
<b>axis</b>	permet de modifier la valeur des axes
<b>fft</b>	calcule une transformée de Fourier Rapide
<b>fftshift</b>	réarrange la transformée de Fourier d'un signal
<b>ifft</b>	calcule une transformée de Fourier inverse
<b>linspace(a,b,n)</b>	génère un vecteur de n valeurs équidistantes entre a et b
<b>abs</b>	calcule une valeur absolue ou un module dans le cas complexe
<b>real</b>	extraie la partie réelle d'un nombre complexe
<b>imag</b>	extraie la partie imaginaire d'un nombre complexe