STIC **ENSTA-Bretagne**	**Module Traitement du signal** **FIPA** **Novembre**	Prof. : **J.C. Cexus**
	La Transformée de Fourier … **Le pouvoir de Shazam …**	

A la recherche des fréquences

Le fichier **"*Data.mat*"** contient : un signal contenu dans le vecteur **x1** et la fréquence d'échantillonnage du signal est notée **fe**. L'objectif est de déterminer les caractéristiques du signal sachant que celui-ci est bruité.

Dans un fichier script, charger le signal (commande : load('Data.mat') ;). On suppose que l'échelle des temps **t** commence à 0 seconde : **t(1)=0 (en Matlab).**

1) Analyse rapide en temps et en fréquence

a) Donnez la représentation temporelle du signal **x1**. Pour afficher correctement le signal temporel, il est nécessaire de déterminer préalablement le nombre d'échantillons **N**, la durée totale du signal **T** et le vecteur temporel **t**.
   - i) Calculer les valeurs de **N** et **T** et **t**. On pourra utiliser la commande *length()* pour trouver **N.**
   - ii) Que pouvez-vous dire sur les caractéristiques temporelles du signal ? Ne pas oublier de légender vos figures (commandes : *xlabel();* et *ylabel();*).
   - iii) Estimer la moyenne du signal. Représenter cette valeur moyenne sur votre graphique.

   <u>N.B :</u> on pourra créer un vecteur moyenne : vect_mean = *moyenne*.*ones(1, N) avec *moyenne* la valeur trouvée via la commande *mean()*.
   - iv) On peut réaliser un zoom entre [0 0.1] secondes sur le graphe à l'aide de la commande *xlim([0 .01])*.

b) Donnez la représentation fréquentielle (spectre d'amplitude) du signal **x1** successivement sur les intervalles fréquentiels suivant :
   - i) [0, fe]
   - ii) [-fe/2, fe/2]
   - iii) [-1/2, 1/2] qui correspond à l'intervalle [-fe/2, fe/2] normalisé ; c'est-à-dire que l'on divise l'échelle des fréquences [-fe/2, fe/2] par la quantité fe.

   <u>N.B :</u> Au regard du nombre de points en temps, on prendra **Nfft** le nombre d'échantillons fréquentiels égale à **N**. Ne pas oublier de définir le vecteur des fréquences associées au spectre d'amplitude. Ne pas oublier de légender vos figures.
   - iv) Que pouvez-vous dire sur les caractéristiques fréquentielles du signal ? En quoi les trois représentations sont différentes ? Retrouve-t-on la moyenne de votre signal ? Ne pas hésiter à zoomer sur les zones pertinentes avec votre souris.

2) Analyse de la moyenne du signal

a) À la suite de votre première étude, nous allons réaliser la même étude mais sur le signal suivant :

x2 = x1-mean(x1) ;

b) Que réalise cette ligne de commande ? Calculer la moyenne de **x2**. Afficher le signal temporel.

c) Donner la représentation fréquentielle (spectre d'amplitude) du signal **x2** sur l'intervalle [-fe/2, fe/2]. Conclure à propos de la moyenne d'un signal lors d'une analyse spectrale ?

Question bonus : Dans la représentation fréquentielle, que représente les fréquences de basses amplitudes et notamment dans les hautes fréquences ? Peut-on faire une hypothèse sur le type de bruit utilisé ? si oui laquelle ?

Par la suite, on utilisera toujours le signal x2.

3) Analyse fine du signal

On sait que le signal provient d'une petite partition de musique dont les notes jouées sont les suivantes :

Note	sol	la	si	do	ré
Fréquence (Hz)	391.99	440	493.88	523.25	587.32

En première approximation, il est assez facile de coder un son (une note) par une fonction cosinus de fréquence f0, propre à la note que l'on souhaite écouter :

$$\textbf{note} = \cos(2\pi f0 * t\_note) \qquad (1)$$

avec **t_note** le vecteur de temps sur lequel est joué la note de fréquence f0.

a) En reprenant la question précédente (2.c) et en réalisant un zoom avec votre souris (ou avec la commande *xlim*()), identifier l'ensemble des notes jouées dans cette superbe composition musicale.

b) Pourquoi ne retrouve-t-on pas exactement les fréquences du tableau ci-dessus ? Donner la résolution spectrale et la précision spectrale.

Lors de cette étude, il est encore assez difficile de réécrire la partition de musique même si l'on possède les différentes fréquences (On dit qu'il y a perte de la localisation en temps des différents évènements temporels). La suite de l'étude propose d'identifier la séquence de notes par un découpage intelligent du signal en plusieurs blocs sur lesquelles nous allons réaliser une analyse fréquentielle.

Pour cela, on suppose que :

- ✓ Une unique note est jouée à la fois (une seule fréquence durant un laps de temps **t_note**).
- ✓ Toute les notes ont la même durée (cette durée est noté **T_note**). Cela signifie, qu'il y a toujours le même nombre d'échantillons pour générer une unique note (noté **N_note**).

D'autre part, on sait que l'on a joué uniquement 8 notes, on notera Nbre_note = 8.

c) Pour rappel, la partition dure **T=4** secondes et possède **N** échantillons, à la lecture des informations ci-dessus, en déduire :

   i) Le nombre d'échantillons, **N_note**, constituant une unique note ainsi que la durée de celle-ci **T_note**.

   ii) Construire le vecteur temps **t_note** permettant de générer une unique note. La fréquence d'échantillonnage étant toujours la même.

d) Nous proposons maintenant de découper le signal **x2** en petit bloc, noté **x_bloc**, comprenant **N_note** échantillons. En faisant cela, on espère ainsi par analyse fréquentielle, identifier la note présente dans le bloc **x_note**. Cette opération est à réaliser pour tous les blocs que l'on peut extraire de **x2** (voir figure 1).

Le pseudocode du traitement pourrait être celui-là :

- Calculer le vecteur **x_bloc** à partir de **x2**.

- Afficher le signal **x_bloc** en fonction de **t_note.**
- Calculer et afficher le spectre d'amplitude de **x_bloc** (la fréquence d'échantillonnage étant inchangé et on prendra **Nfft = N_note**).
- Identifier la note jouée dans **x_bloc**.
- Réitérer les étapes précédentes sur un nouveau bloc **x_bloc**.

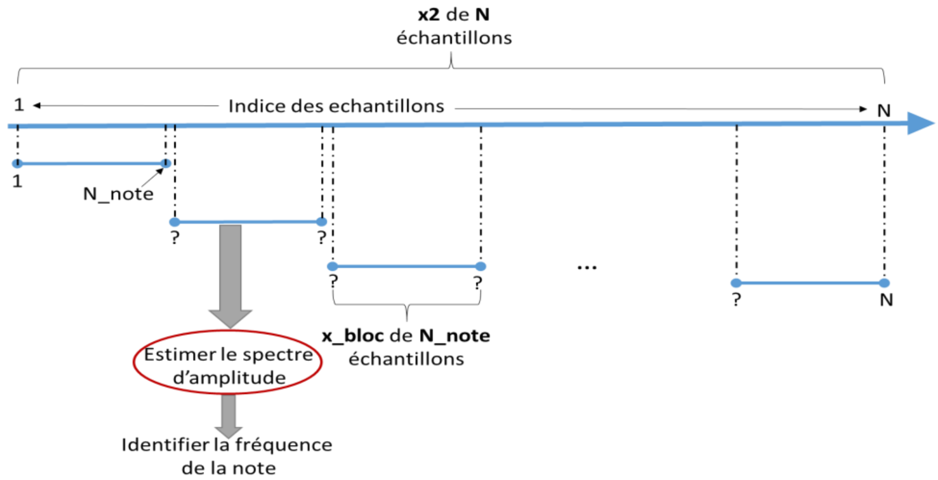

Figure 1 : Principe de traitement par bloc du signal **x2**.

i. Donner finalement la séquence des notes de cette partition.
ii. Essayer de reconstruire la partition de musique mais sans le bruit en utilisant la séquence précédemment trouvée et l'équation (1).
iii. Une idée du titre ? c'est une comptine d'enfant !!! Il est possible de l'écouter avec la commande Matlab sound(signal, fe) avec signal votre reconstruction du signal. Cela peut ne pas fonctionner si la carte d'acquisition n'est pas installée sur votre PC. A comparer avec la version bruitée.
iv. Pour finir, écrire le code suivant et tenter d'en comprendre la représentation graphique :

```
spectrogram(x2,400,300,[],fe,'yaxis');
```

Cela sera abordé rapidement au prochain semestre. En gros l'étude que vous venez de réaliser permet d'analyser simultanément un signal en temps et en fréquence ! Vous venez d'implémenter quasiment la Transformée de Fourier à Court Terme (TFTC) ou Transformée de Fourier à Fenêtre Glissante mais sans écrire l'algorithme de manière explicite. C'est t'y pas beau !