



Travaux Pratiques n°2

Représentation fréquentielle des signaux, extraction de l'énergie E et extraction de la fréquence fondamentale F0 dans le domaine temporel

Vous rédigerez un rapport sur ce TP au format PDF : ce rapport comprendra des captures d'écran des figures produites ainsi que des commentaires expliquant ces figures. Le programme et fonctions associées seront également déposés sous forme d'une archive compressée (format zip).

Vous avez une semaine pour déposer le tout sur le Moodle. Les fichiers déposés seront nommés par : nométudiant_rapportTP2.pdf et nométudiant_progTP2.zip.

Vous réaliserez ce TP sous Matlab.

Remarque : L'extrait de signal utilisé correspond à la prononciation de la seconde voyelle 'o' dans le mot 'biologiste'. Cet extrait issu d'une émission radio est non bruité.

1. Transformée de Fourier Discrète

- En utilisant les échantillons 2600 à 3623 de P2.5S.wav (fonction *wavread* pour récupérer le signal, la quantification et la fréquence d'échantillonnage), affichez sur une même figure (utilisation de : *figure*, *plot*, *subplot*, *hamming*, *fft*, *abs*, *.*, ***, *hold on*, *hold off*) :
 - le signal (afficher la légende 'Signal', puis le temps (en secondes) en abscisse, et l'amplitude en ordonnée),
 - un fenêtrage de Hamming,
 - le signal multiplié par le fenêtrage,
 - la transformée de Fourier du signal,
 - la transformée de Fourier du signal fenêtré.
- Affichez sur une figure à part la courbe du fenêtrage des méthodes Hamming, Hanning, Blackman et du fenêtrage rectangulaire (utiliser les fonctions *hamming*, *hanning*, *blackman*, *rectwin*).
- Affichez sur une autre figure les réponses spectrales de ces fenêtrages. Comparez les résultats et concluez.
- Conseil : affichez les figures en plein écran afin de voir les différences entre méthodes.

2. Extraction de l'énergie d'un signal

- Écrivez une fonction *énergie* permettant de calculer l'énergie à court terme d'un signal en fonction de la taille de la fenêtre d'analyse : fonction *res=énergie(signal, taille-fenêtre)*. L'énergie sera exprimée en décibels.
- Écrivez ensuite une fonction qui affiche l'énergie d'un signal en utilisant des fenêtres glissantes (recouvrement d'une demi-fenêtre). Affichez le graphique résultant de l'analyse de P2.5S.wav.

Pour aller plus loin...

3. Extraction de la fréquence fondamentale

Cette estimation peut se faire dans le domaine fréquentiel ou bien dans le domaine temporel.

Quelle que soit l'approche utilisée, cette extraction, est rendue difficile par différents facteurs :

- toutes les parties du signal ne sont pas périodiques,
- celles qui le sont n'ont pas nécessairement une période fondamentale de valeur constante,
- le signal peut être bruité notamment avec des signaux périodiques superposés et ayant d'autres fréquences fondamentales,
- les signaux périodiques avec un intervalle T le sont aussi avec des intervalles $2T$, $3T$... et il s'agit de trouver la plus petite période.

Nous allons utiliser une approche d'extraction dans le domaine temporel sur un extrait de signal périodique correspondant à une zone de voyelle.

Cette extraction consiste à :

- 1) calculer l'auto corrélation du signal sur une fenêtre avec la formule suivante :

$$\text{auto correlation}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-n-\tau} x(n)x(n+\tau)$$

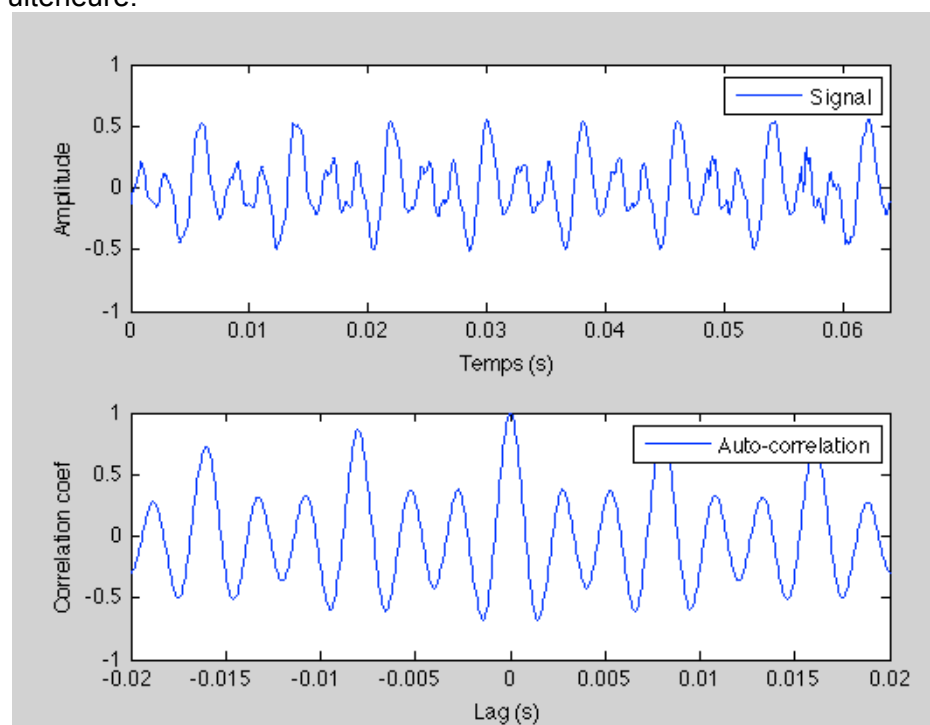
avec :

N la taille de la fenêtre de signal

$x(n)$ la valeur de l'échantillon n de signal

τ le délai (lag) pour lequel est calculée l'auto corrélation

Sur la figure ci-dessous, sont dessinés le signal sur la fenêtre considérée (64ms) et sur lequel apparaît clairement la période de la fréquence fondamentale, ainsi que la fonction d'auto corrélation calculée pour différentes valeurs de délais (lags) sur cette fenêtre. Cette fonction est symétrique et donc seule la partie droite doit être considérée pour la recherche ultérieure.



2) La valeur du délai pour lequel l'auto corrélation est maximale (hormis pour un délai=0) correspond à $1/F_0$

Il s'agit donc ensuite de chercher cette valeur maximale dans un intervalle valide (cad correspondant à une F_0 comprise entre 50Hz et 500Hz maximum), ce qui revient à rechercher cette valeur maximale dans l'intervalle de lags $[f_e/500, f_e/50]$ avec f_e la fréquence d'échantillonnage du signal (16kHz ici).

- Écrivez une fonction qui calcule l'auto corrélation sur une fenêtre d'un signal, affiche ce signal ainsi que l'auto corrélation (comme sur la figure précédente). Vous pouvez utiliser la fonction Matlab **xcorr**.
- Écrivez une fonction qui calcule la fréquence fondamentale à partir du résultat d'auto corrélation de la fonction précédente. Quelle est la fréquence fondamentale de l'extrait P2.5S.wav pour les échantillons 2600 à 3623 ?
- Écrire une fonction qui calcule la fréquence fondamentale toutes les 10 ms en utilisant une fenêtre glissante. Affichez le graphique résultant de l'analyse de P2.5S.wav