

**M1 - Informatique**  
**IAN - Introduction à l'Audio Numérique**

**TP n°3 : Extraction de la fréquence fondamentale (FO)**

**I. 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 :

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

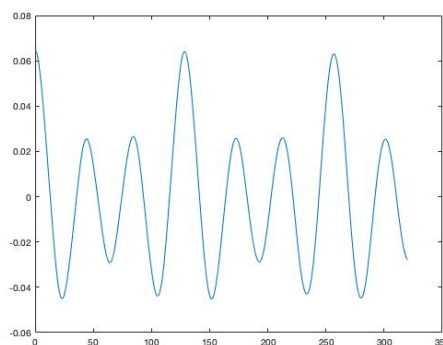
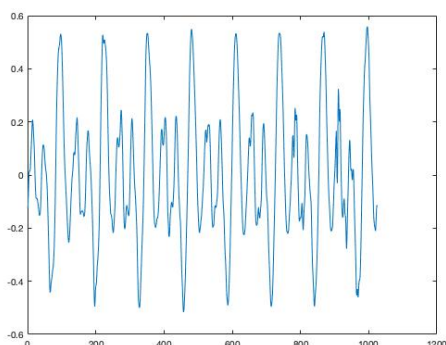
avec :

$N$  : taille de la fenêtre d'analyse du signal

$x(n)$  : valeur du point (échantillon)  $n$  du signal

$\tau$  : délai (lag) pour lequel est calculée l'autocorrélation

Sur les figures ci-dessous, sont dessinés le signal sur la fenêtre considérée (64 ms) et sur lequel apparaît clairement la période de la fréquence fondamentale, ainsi que la fonction d'auto-corrélation calculée pour différentes valeurs de délais sur cette fenêtre.



- 2) La valeur du délai pour lequel l'auto corrélation est maximale (hormis pour un délai=0) correspond à  $T_0$ .

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

- Écrivez une fonction qui calcule *l'auto corrélation sur une fenêtre (de 64ms) d'un signal*, affiche ce signal ainsi que l'auto-corrélation (comme sur la figure précédente). Appliquez cette fonction à l'extrait P2.5S.wav pour les échantillons 2600 à 3623.
- Écrivez une fonction qui calcule la *fréquence fondamentale sur une fenêtre* 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 ?
- Écrivez 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.