

---

## TD3 : Analyse Spectrale

---

Les fichiers de ce TD se trouvent à l'adresse suivante :

<http://dept-info.labri.fr/~hanna/ImageSon/TD3>

Les claviers de téléphone à numérotation fréquentielle génèrent un signal composé d'une somme de **deux** sinusôides d'amplitude constante, dont les fréquences varient en fonction de la touche enfoncée. C'est la norme **DTMF** (Dual Tone Multi-Frequency).

Le but de ce TP est d'écrire des fonctions permettant de détecter les numéros de téléphone à partir d'un signal enregistré.

Lorsqu'un numéro est composé, la durée de pression d'une touche et la durée entre deux touches successives sont variables selon l'utilisateur. Dans le cas général, nous supposons que :

- la durée minimale d'un silence est de 80 ms ;
- la durée minimale de pression d'une touche est de 65 ms.

### Exemple de signal de clavier téléphonique

Pour commencer, vous allez étudier le signal de clavier téléphonique à partir de l'exemple `tel.wav`, qui représente le numéro 12 34 56 78 90 \*#. Les touches sont pressées durant 200 ms, et les silences entre chaque touche dure aussi 100 ms.

#### Exercice 1 : Analyse de fréquences

Vous allez étudier le signal référence `telbase.wav`.

1. A partir de la durée minimale d'un signal de clavier, quelle est la résolution fréquentielle d'une analyse ? Y a-t-il des précautions particulières à prendre pour votre analyse spectrale ?
2. Visualiser le spectre de tout le signal. Combien de pics observez-vous ? Que peut-on déduire de cette analyse ?
3. Visualiser le spectre de portions de ce signal. Dans les portions utiles, combien de pics voyez-vous au minimum ? Au maximum ? En déduire une taille de fenêtre pour l'analyse des fréquences.
4. Écrire une fonction qui extrait de ces spectres les maxima locaux (pics) qui doivent donc correspondre aux fréquences générées par les touches du clavier téléphonique. Nous considérerons comme maximum local toute valeur  $S[k]$  du spectre d'amplitude  $S$  telle que :

$$S[k] \geq S[k-1] \quad \text{et} \quad S[k] > S[k+1]$$

5. En essayant la fonction précédente, que remarquez-vous sur le nombre de pics ? Expliquer. Proposer éventuellement une amélioration.
6. Déterminer les fréquences associées à chaque numéro du clavier. Quelle est la précision de votre mesure ? Proposer éventuellement une ou plusieurs améliorations.
7. Établir le tableau de correspondance entre les fréquences et les touches du clavier.
8. Déterminer le numéro de téléphone relatif au fichier son `tel_A.wav`.

### Détection de touches

**Exercice 2 :** poser une fonction qui définit les débuts et fins de portions du signal analysée contenant un signal de touche pressée. Pour cela, vous pourrez calculer l'énergie RMS du signal sur des petites portions de signal, et la comparer à un seuil fixé. Si l'énergie devient supérieure à un seuil, la portion contient un signal *utile*.

## Analyse de numéros

### Exercice 3 :

- Écrire une fonction qui, à partir d'un signal de clavier téléphonique, renvoie le numéro de téléphone.
- Essayer votre fonction sur les exemples fournis (`tel_B.wav`, `tel_C.wav`, `tel_D.wav`). Donner les numéros de téléphone associés.