République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Faculté de Technologie
Département d'électronique

Module de traitement de signaux physiologiques
S2-Licence génie biomédical

TP N°2

# Analyse fréquentielle du signal électrocardiogramme

Préparé par :

Mohamed BAHAZ & Redha BENZID

**But**:

L'analyse fréquentielle des signaux physiologiques par l'usage de la série de Fourier et de la transformée de Fourier rapide FFT$_{(1)}$. Il s'agit de savoir lire le signal ECG et de porter des constatations concernant ces constituants fréquentiels. L'estimation de la densité spectrale, par les méthodes dites périodégramme et corrélogramme, est aussi effectuée. Ce TP est une introduction à la classification automatique.

**Théorie:**

L'électrocardiogramme, communément abrévié par ECG, est la manifestation de l'activité électrique du myocarde (muscle cardiaque).

Il est à rappeler que les signaux ECG, qui vont faire l'objet de cette analyse fréquentielle, sont extraits à partir de physionet sous l'appellation : **MIT-BIH Arrhythmia Database** et dont l'adresse est :

https://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/

Les données proprement dites sont contenues dans des fichiers d'extension (.dat). Elles sont prélevées par une fréquence d'échantillonnage de $360\,[\mathrm{Hz}]$ et de 11 bits de résolution.

Dans ce TP, deux techniques d'analyse sont envisageables :

La première technique concerne la projection des signaux $x(n)$ de l'ECG sur la base de Fourier. Un signal discret $x(n)$ est une séquence de valeurs, prises à des instants réguliers $T_e$, d'un signal analogique. La série de Fourier correspondante s'écrit alors :

$$x(n) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{N} a_k \cos\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) + \sum_{n=1}^{N} b_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N}\right) \qquad (2.1)$$

où :

$$a_0 = \frac{2}{N}\sum_{n=1}^{N} x(n) \qquad (2.2)$$

$$a_k = \frac{2}{N}\sum_{n=1}^{N} x(n)\, cos\left(2\pi\frac{nk}{N}\right) \qquad (2.3)$$

$$b_k = \frac{2}{N}\sum_{n=1}^{N} x(n)\, sin\left(2\pi\frac{nk}{N}\right) \qquad (2.4)$$

$N$ : est la longueur en nombre d'échantillons du signal périodique $x(n)$ :

$$x(n) = [x(0), \quad x(1), \quad x(2), \dots . x(N-1)]$$

$K$ : le nombre de termes dans la série de Fourier.

$T_e = \frac{T_0}{N}$ : le pas de prélèvement des échantillons de $x(t)$ dans une période $T_0$.

**2-** La deuxième technique concerne l'utilisation de la transformée de Fourier discrète DFT(2), du signal $x(n)$ de l'ECG.

Soit la transformée de Fourier continue $X(f)$ du signal $x(t)$ de l'expression :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}dt \qquad (2.5)$$

Dans le cas discret, la variable fréquentielle continue $f$ devient une variable discrète $k$ et la variable temporelle continue $t$ devient une variable discrète $n$ telles que :

$$f = k.\Delta f \quad et \quad \Delta f = \frac{f_e}{N} \qquad (2.6)$$

$\Delta f$ : la résolution fréquentielle et N la longueur du signal $x(n)$.

$T_e$ : la période de prélèvement des échantillons de $x(t)$, ou période de l'échantillonnage.

$f_e$ : la fréquence de l'échantillonnage.

encore,

$$t = n.T_e \qquad (2.7)$$

on peut montrer que la relation (2.5) devient par conséquent :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-\frac{j2\pi nk}{N}} \qquad (2.8)$$

Dans ces conditions, la transformée de Fourier ne peut être calculée sur tout l'étendu temporel comme dans le cas continu. Elle est calculée sur une intervalle limitée de la longueur N du signal $x(t)$.

Soit le signal discret $x(n)$ :

$$x(n) = [x(0), x(1), x(2) \ldots . x(N-1)]$$

Sa transformée de Fourier $X(k)$ aura, de même, une longueur N comme étant :

$$X(k) = [X(0), X(1), X(2) \ldots . X(N-1)]$$

**Rem** : la Transformée de Fourier Discrète (DFT) n'est pas une bonne approximation, il existe des algorithmes efficaces appelés **T**ransformées de **F**ourier **R**apides (**FFT** pour **F**ast **F**ourier **T**ransform) dont le plus connu est celui de Cooly Tukey (1965). La FFT n'est que la DFT calculée avec un algorithme dans le but de réduire le nombre d'opérations.

**Travail demandé:**

**Activité 1**

1- Créer une fonction fsf qui calcul les coefficients $a_0$, $a_k$ et $b_k$ de la série de Fourier.
2- S'assurer de la fonctionalité de cette fonction sur le signal :Calculer les coefficients de sa série de Fourier jusqu'à un niveau suffisant d'approximation.
3- Reprendre les étapes 1 à 5 pour le signal 119.dat$_{(3)}$.
4- Conclure.

**Activité 1**

5- Lire les 10 premières secondes du canal1 de chacun des signaux 100.dat (utiliser *fopen* et *fread* de Matlab avec le paramètre ubit12).
6- Afficher ce signal sur une figure(1).
7- Identifier visuellement les intervalles entre les ondes R-R consécutives.
8- Stocker ces intervalles dans une matrice MECG100 d'un nombre de lignes égale au nombre des intervalles.
9- Faire l'extraction de chaque battement (segment).
10- Visualiser, sur une figure(2), les différents segments.
11- Créer une fonction fsf qui calcul les coefficients $a_0$, $a_k$ et $b_k$ de la série de Fourier.
12- Calculer les coefficients de sa série de Fourier jusqu'à un niveau suffisant d'approximation.
13- Quelle est la finalité de ce calcul ?
14- Reprendre les étapes 1 à 5 pour le signal 119.dat$_{(3)}$.
15- Conclure.

**Activité 2**

Même chose que pour l'activité 1 mais en utilisant cette fois-ci la FFT.

**Activité 3**

1- Utiliser toutes les 10 $[s]$ du signal 100.dat pour estimer la densité spectrale par l'utilisation du périodégramme.
2- Procéder de même pour le signal 119.dat.
3- Utiliser toutes les 10 $[s]$ du signal 100.dat pour estimer la densité spectrale par l'utilisation du corrélogramme.
4- Procéder de même pour le signal 119.dat.
5- Conclure.

**Compte rendu:**

Un compte rendu individuel doit être remis la séance après et doit comporter :

**1-** Une compréhension théorique.

**2-** Simulation, résultats de simulation et interprétations.

**3-** Conclusion générale.

**Rem:**

Toutes les figures doivent être labelées et titrées. Suivez les notations du TP.

(2) DFT: Discrete Fourier Transform ou transformée de Fourier discrète.

(1) FFT: Fast Fourier Transform ou version rapide de la DFT.

(3) Le signal ECG119 présente deux battements anormaux, c’est le symptôme d’un PVC (Premature Ventricule Contraction).