

Analyse Spectro-Temporelle du Signal Electrocardiographique Dans le cas de deux Cardiopathies

S. RERBAL¹, M. BENABDELLAH², N. HABIBES³,
A. MEZIANE TANI⁴, A. NEMMICHE⁵.
^{1,2,3,5}Laboratoire de Génie Biologique et Médical
BP119 Université Abou Bekr Belkaid -13000 Tlemcen
⁴CHU de Tlemcen.

Résumé: Nous avons mis en œuvre une chaîne d'acquisition pour recueillir sur le corps humains jusqu'à 16 signaux physiologiques numérisés.

Notre choix s'est orienté en premier vers l'électrocardiogramme.

Ce signal bénéficie d'une analyse sepectro-temporel.

L'analyse temporelle permet le tracé du signal, le découpage temporel, le calcul et le tracé de la fonction d'auto corrélation.

L'analyse spectrale permet le calcul et le tracé du spectre.

Nous nous intéressons dans le cadre de ce travail à la comparaison des représentations spectro-temporelles du signal électrocardiographique dans le cas de deux cardiopathies, en l'occurrence: une sténose mitrale et une valvulopathie aortique.

Le but étant entre autre la mise en évidence de raies spécifiques représentatives de ces cardiopathies.

Mots clés: Fonction d'Autocorrélation – FFT – Densité spectrale- Cardiopathies.

I - Introduction:

L'électrocardiogramme est un signal physiologique présent qui peut être recueilli sur le corps humain au moyen d'électrodes appropriées. Ce signal présente une variabilité aléatoire en fonction de plusieurs paramètres: l'age, le sexe et l'état physiopathologique du sujet.

Le traitement numérique dont bénéficie ce signal permet de mettre à la disposition du médecin des informations qui aident ce dernier à établir un diagnostic rapide.

Nous nous sommes intéressé dans le cadre de ce travail au calcul et au tracé de la fonction d'autocorrélation, de la densité spectrale de puissance moyenne et de la FFT.

Nous comparons les tracés relatifs aux deux cardiopathies sus-citées en vue de l'isolation de raies spectrales représentatives de ces pathologies.

Le logiciel qui réalise ces différents calculs et tracés a été implémenté sous Visual Basic.

II - Tracé des différents ECG:

Le protocole expérimental adopté est le suivant :

A/ Enregistrement de l'ECG de 10 sujets considérés saints.

B/ Enregistrement de l'ECG de 15 sujets atteints de soit de Sténose Mitrale ou de Valvulopathie Aorique.

C/ Comparaison des représentations spectro-temporelles relatives aux différents enregistrements.

1/ Le tracé de l'ECG consiste en l'affichage de chaque point acquis en temps réel. En un premiers temps, nous avons fait l'enregistrement de 10 sujets saints de sexes

différents agés entre 30 et 50ans. Nous représentons (fig1-2) deux ECG normaux.

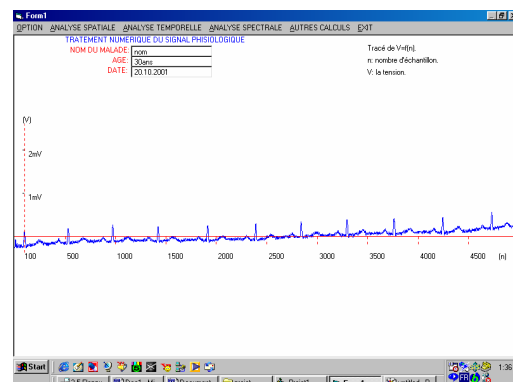


Fig. 1 : Tracé d'ECG normal.

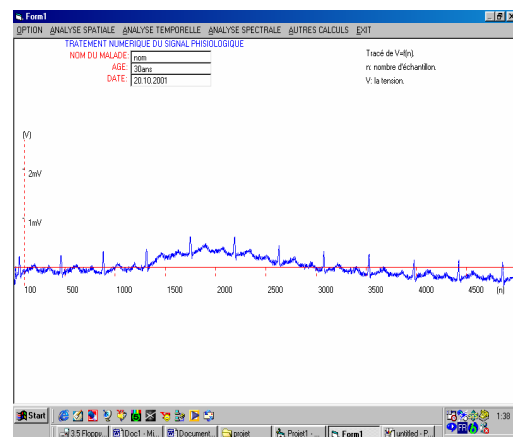


Fig. 2 : Tracé d'ECG normal.

Nous avons ensuite procédé à l'enregistrement des ECG de 15 patients présentant deux cardiopathies : un rétrécissement mitral et une valvuloplastie aortique respectivement.

Les figures 3 – 4 montrent un cas de rétrécissement mitral et un cas de valvuloplastie aortique respectivement.

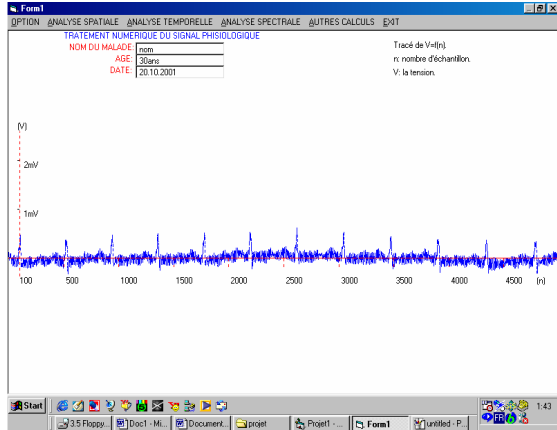


Fig. 3 : Cas de rétrécissement mitral

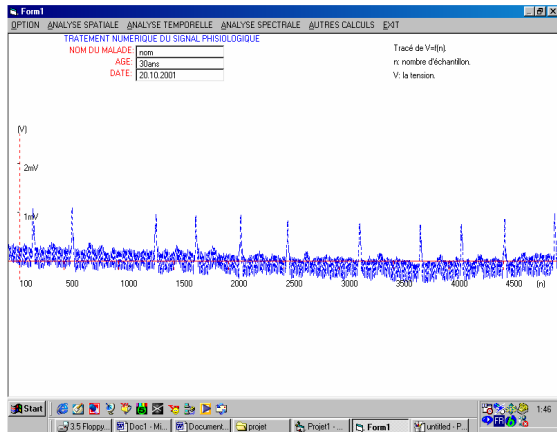


Fig. 4 : Cas de valvuloplastie aortique

III – Calcul et tracé de la fonction d'autocorrélation temporelle dans le cas de deux valvuloplasties aortiques :

Cette fonction est définie par la relation suivante:

$$K_x(\tau) = \frac{1}{T} \int_T x(t)x(t-\tau)dt. \quad (1)$$

Nous avons représenté sur un même schéma (Figure5), le tracé des deux fonctions d'autocorrélation[1]. Nous constatons la similitude évidente des deux tracés.

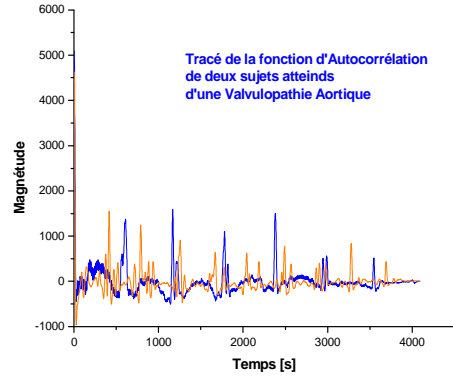


Fig. 5 : Superposition du tracé des deux fonctions d'autocorrélation dans le cas de deux valvuloplasties aortiques.

IV – Calcul et tracé de la Transformée de Fourier Rapide:

L'analyse spectrale constitue un élément clef du traitement du signal. Elle a pour objet d'améliorer la connaissance d'un signal en s'intéressant à sa variation dans le domaine fréquentiel.

La transformée de Fourier Discrète d'ordre N est donnée par la formule suivante:

$$X_N[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\frac{2\pi}{N}kn} \quad (2)$$

où: N est la longueur de la séquence d'entrée,

$$0 \leq n \leq N-1, \text{ et } 0 \leq k \leq N-1.$$

Nous avons utilisé un l'algorithme dit Radix 2 qui consiste à décomposer une DFT de N points en successifs de 2 points[2] ; V étapes de traitement sont nécessaires, où: $V=\log_2 N$.

Les données d'entrée sont entrelacées de façon à ce que leurs indices subissent une inversion binaire. Les équations obtenues à la (m+1)ème étape sont:

$$\begin{aligned} X_{m+1}(p) &= X_m(p) + T_F^G X_m(q) \\ X_{m+1}(q) &= X_m(p) - T_F^G X_m(q) \end{aligned} \quad (3)$$

où: T_F^G : est un facteur égal à $(e^{-j\frac{2\pi}{N}kn})_F^G$, où $F=N$, et G correspond aux différentes étapes.

- Tracé et comparaison de la FFT dans le cas de deux sujets saints:

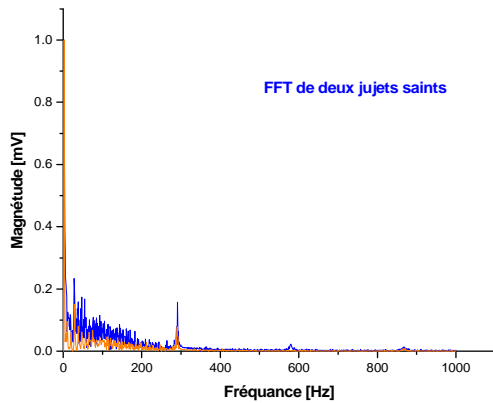


Fig.6 : Tracé du spectre dans le cas de deux sujets saints.

Nous pouvons remarquer que le contenu spectral est important entre la 1^{ère} et la 288 raie, qui correspond à 140Hz, que la raie principale est la première raie pour les deux cas saints.

- Tracé et comparaison de la FFT de trois malades atteints de rétrécissement mitral:

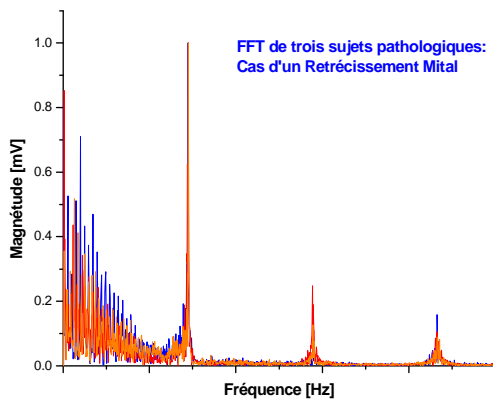


Fig.7 : Tracé du spectre dans le cas de rétrécissement mitral.

Ces trois tracés présentent un contenu spectral pour une fréquence allant jusqu'à 140HZ, avec apparition de certaines raies pathologiques dont la plus importante est la 289 raie.

- Tracé et comparaison de la FFT de trois malades atteints de Valvuloplastie Aortique:

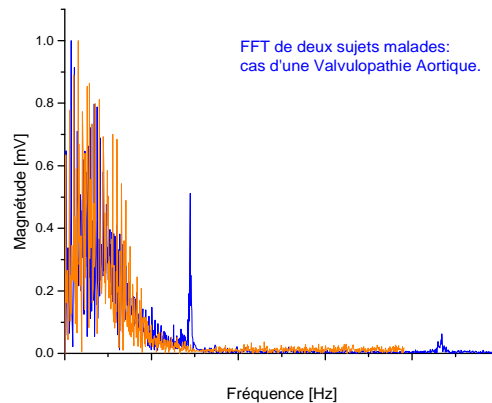


Fig.8 : Tracé du spectre dans le cas de valvuloplastie aortique.

Pour ces deux cas nous constatons également un contenu spectral significatif s'étendant de 0 à 140 Hz. Par contre la raie principale pour le premier sujet est la 15^{ème} raie, tandis que la raie principale du second sujet est la 30^{ème} raie.

Il semble donc que les raies principales dans le cas des sujets saints sont les premières raies, elles sont projetées vers les hautes fréquences (289^{ème} raie – 140Hz) dans le cas du rétrécissement mitral et se situant au niveau des basses fréquences (15 et 30^{ème} raie – autour de 20Hz) pour les valvuloplasties aortiques.

III -Conclusion :

L'analyse temporelle par le biais du calcul et du tracé de la fonction d'autocorrélation temporelle a montré la similitude presque parfaite des fonctions d'autocorrélations dans le cas de deux valvuloplasties aortiques.

L'analyse spectrale par FFT a montrée que les raies principales sont portées vers les hautes fréquences (140Hz) dans le cas du rétrécissement mitral et vers les basses fréquences (20Hz) dans le cas des valvuloplasties aortiques.

Le nombre de sujets explorés reste très insuffisant pour pouvoir tirer une quelconque conclusion. Un très grand travail de validation clinique de la méthode reste à faire sur une population significative de sujets atteints des cardiopathies qui intéressent ce travail.

IV – Références :

[1] J. Stern, J. de Barbeyrac, R. Poggi.
Méthode pratiques d'étude des Fonctions aléatoires.
Edition Dunod 1967.

[2] Paul A. Lynn. Wolfgang Fuerst.
Introductory – Digital Signal Processing with computer Applicatio