

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : EN GENIE BIOMEDICALE

OPTION : Télémédecine

Sujet

Réalisation d'une plateforme dédiée au traitement du signal électromyogramme en télémédecine

Djaber Zohra

Présenté par :
&

Lahbarech Nachoua

Soutenu le 20 septembre 2017 devant le jury:

Président:	Mr BENABDELLAH.M	Prof	UABB Tlemcen
Examineur:	Mme ZIANI CHERIF Souhila	Maitre conférence	UABB Tlemcen
Encadreur :	Mme MEZIANI FADIA	Maitre-assistant	UABB Tlemcen

Remerciements

Nous remercions notre créateur Allah, Grand et Miséricordieux, le tout puissant pour le courage qu'il nous a donné pour mener ce travail à terme.

Nous commençons par exprimer notre profonde reconnaissance et nôtres vifs remerciements à MEZIANI.F maître assistance à l'université de Tlemcen, Qui nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils, merci de nous avoir guidés avec patience; nous vous sincèrement exprimer notre respect et notre gratitude.

Nous tenons à remercier Mr M.BENABDELLAH professeur à la faculté de technologie, université de Tlemcen, qui a bien voulu nous faire honneur de présider le jury de notre soutenance.

Nous adressons également nos respectueux remerciements madame ZIANI CHERIF.S maitre conférence à l'université de Tlemcen; pour son aide et sa disponibilité ainsi que son soutien durant la réalisation de ce travail en acceptant d'être examinateur.

Notre sentiment de reconnaissance et nos remerciements aux enseignements de faculté de GBM.

Notre Vif remerciement s'adresse également à nos enseignants et nos amis, pour leur présence chaleureuse et leur encouragement.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de Ce travail, et à toute la promotion de master Télémedecine.

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parentes, ma mère et mon père
Qu'ils Trouvent ici toute ma gratitude pour leur
Soutien tout au long de mes études.*

*A mes sœurs : Rahma, Naïma,halïma,marwa,fatïma,Samyã et
Chaïma ,nïsrïne*

*A mes frères : Mahdië, Abd arahman,Abd al Hamid,Mohamed
Tous mes oncles et mes cousins*

mes chères t antes : Fatna,Khadïdja,Nacira,Kaltoum

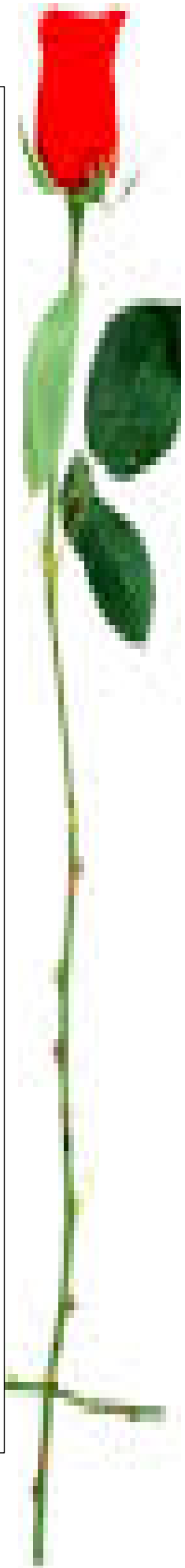
*A mes amis mes camarades : LAKDRI SALSABIL, FALLAH
djouairia, Fatïma Zahra Malki, kachkach Hanane, Ben ramdan
Amïna,Ouezzani Ibtïssam,Sabrine,Mokhtar n.Hoda,Boualaoui
fatïma, ben malik fatïma zohra ,Lansari zyneb,Ben abd alkrem
fatïma ,Maamri,Kawter,Charï zyneb,Chettï imen ,Ben zyan zohra,
sihem ,amïna bousague*

*A amïes: Kadouri abd salam,RaGgani abd asalam ,Tabal
hanin , Touki Abd arahman*

Souhaïte le bonheur. A mon binôme Nachoua

A toute la promo TELEMEDECINE 2017.

A tous ce que j'aime



Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parentes, qu'ils
Trouvent ici toute ma gratitude pour leur
Soutien tout au long de mes études.*

A mes sœurs : Nabila, Rokaia

*A mes frères : Mohammed, Boubaker, Ali, Djafal,
Noureddin, Yassine, Azize*

*A mes amis : LAKDRI SALSABIL ,latrech
imen, Fallah djouairia, Fatima Zahra Malki, kachkach Hanane,
Ben ramdan Amina, Ouezzani Ibtissam, Sabrine bouamer, Mokhtar
n. Hoda, Boualaoui fatima, ben malik fatima zohra , Lansari
zyneb, Ben abd alkrem fatima , Maamri, Kawter, Charri zyneb, Chetti
imen , Ben zyan zohra , guennane yamina, regani fatima, aarab
meriem*

Tous mes oncles et mes cousins, mes tantes, mes cousins

Souhaite le bonheur a ouali ali , fatima, madjda et sarah .

Souhaite le bonheur. A mon binôme Zohra

A toute la promo TELEMEDECINE 2017.

A tous ce que j'aime

I. Résumé

La télémédecine regroupe l'ensemble des pratiques médicales permises et facilitées par de nouvelles modalités de communication

Cette thèse est consacrée d'une part à d'élaborer les méthodes de traitement des signaux EMGs a base de l'analyse spectro-temporelle pour déterminer les différents paramètres pertinent afin de classifier le signal selon sa nature (normale ou pathologique), et d'autre part de développer une interface d'information et de communication télé-médicale.

Cette interface soft développée sous environnement MATLAB pour le traitement du signal, le transfert des données médicales à travers réseau wifi sous le protocole TCP/IP sous Visual Basic 6.

Mots clés = télémédecine – électromyographie - signal – visual basic et matlab

II. Summary

Telemedicine brings together all the medical practices permitted and facilitated by new modalities of communication

This thesis is devoted on partly to developing the methods of processing EMG signals based on the spectro-temporal analysis to determine different parameters in order to classify the signal according to its nature (normal or pathological), and in second part, to develop an interface of information and communication tele-medical.

This soft interface developed under MATLAB environment for signal processing, transfer of medical data via wifi network under the TCP / IP protocol in Visual Basic 6.

Keywords = telemedicine – electromyography – signal – visual basic and matlab

III. ملخص

يجمع الطب عن بعد جميع الممارسات الطبية المسموح بها ويسهلها طرائق جديدة للاتصال تخصص هذه الأطروحة من جهة لتطوير أساليب معالجة إشارات مُخطط كهربية العضلات استنادا إلى التحليل الطيفي والزمني لتحديد المعلمات ذات الصلة من أجل تصنيف إشارة وفقا للطبيعة (طبيعية أو مرضية)، و من ناحية أخرى، لتطوير واجهة معلومات عن بعد واتصالات طبية.

هذه الواجهة تعالج الاشارات بمساعدة برمجة الماتلاب ، ونقل البيانات الطبية من خلال شبكة الاتصال اللاسلكية المحلية تحت بروتوكول TCP/IP تحت فيسوال باسيك 6

الكلمات المفتاحية: التطبيق عن بعد-التخطيط الكهربائي للعضلة-الإشارة-فيجوال بازيك و الماطلاب

Table des matières

Remerciement	I
Dédicace I	II
Dédicace II	III
Résumé	IV
Table de matières	V
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	IX
Glossaire	X

Introduction générale 1

Chapitre. I

1	Introduction	2
2	Anatomie et structure	4
2.1	Définition	5
2.2	Types de muscle	5
2.3	Anatomie de muscle squelettique	5
2.4	Les Caractéristiques fonctionnelles	6
2.5	L'unité motrice (UM)	7
2.6	La contraction musculaire:	7
3	Phénomène électrique de la contraction musculaire	8
3.1	Potentiel d'Action(PA) :	8
3.2	Potentiel d'Action une unité motrice (PAUM)	9
4	L'électromyographie et l'électromyogramme	
4.1	L'électromyogramme	10
4.2	Electromyographie (Appareillage).....	10
5	Les pathologies musculaires	11
5.1	Neuropathies	12
5.2	Myopathies	12
6	La télémédecine	13
6.1	Définition	13

6.2	Les domaines d'applications de la télémédecine	13
7	Conclusion	14

Chapitre. II

1	Introduction	15
2	Classification des signaux	16
3	Traitement du signal EMG	17
4	Conclusion	21

Chapitre. III

1	Introduction	24
2	Base de données utilisé	24
3	Paramètres d'analyse temporelle des signaux EMGs	25
4	Résultats et discussions	26
5	Paramètres d'analyse fréquentielle des signaux EMGs	30
6	Paramètres fréquentielles d'analyse des signaux EMGs	32
7	Conclusion	34

Chapitre. IV

1	Introduction	35
2	Description de l'application	36
2.1	Dans les champs de MATLAB	36
2.2	Dans le champ Visual basic.6 et Base de donné	40
3	Conclusion	46

Conclusion générale	47
Bibliographie	XII

List des figures :

Chapitre 01 :

Figure 1 : la structure du muscle	2
Figure 2 : la Structure du muscle squelettique.....	3
Figure 3: l'Anatomie de muscle squelette et de fibre musculaire	5
Figure 4 : L'unité motrice.....	7
Figure 5 : Filament d'actine et de myosine lors d'une contraction et d'une relaxation	8
Figure 6 : Tracés du signal EMG normal le signal obtenu d'un patient sain	9

Chapitre 03

Figure 1 : Représentation temporelle des signaux Electromyogrammes	24
Figure 2 : Figure2 : Histogrammes d'analyse temporelle des signaux EMGs	29
Figure 3 : Figure 3: Spectres de fréquences des différents cas étudiés	31
Figure 4 : Histogrammes de l'analyse fréquentielle des signaux EMGs	33

Chapitre 04

Figure 1 : description de cycle de notre projet	36
Figure2: Interface d'identification.....	37
Figure 3 : Interface d'accueil.....	37
Figure 4 : Interface principale.....	38
Figure 5 : Interface d'Analyse temporelle de signal EMG.....	38
Figure6 : Interface d'Analyse fréquentielle de signal EMG.....	39
Figure 7 :Interface de documentation sur signal EMG.....	40
Figure 8 : table « patients ».....	40
Figure 9 : Interface d'identification	41
Figure 10 : Menu principale d'interface de médecin généraliste	41
Figure 1 1: espace d'information du patient	42
Figure 1 2: Interface de communication.....	42
Figure 13 : Interface d'envoi de fichier.....	43
Figure 14 :requête d'envoi.....	43

Figure 15 : espace de téléchargement	44
Figure 16 : Interface d'authentification de médecin a distant.....	44
Figure 17 : Interface de menu principale	45
Figure 18 : Interface de communication 2	45
Figure 19 : Interface de réception	46

Chapitre 03

Table1 : Base de données.....	24
Table2 : Paramètres temporels d'analyse des signaux EMGs.....	28
Table 3 : Paramètres fréquentiels.....	29

Glossaire :

A

ATP Adénosine Tri Phosphate

D

DSP Densité spectrale de puissance

E

EMG Electro Myo Graphie

F

FDM fréquence médiane

FFT La transformée de Fourier rapide
FM fréquence moyenne

P

PA Potentiel Action

PAFS Potentiels d'Action des Fibres Singulières

PAUM Potentiel d'Action une Unité Motrice

R

RMS Moyenne quadratique

S

Std l'écart type

T

TFCT La Transformée de Fourier à Court Terme
TMD Télémedecine
TPAUM Action Potentiel d'Unité Motrice

U

UM Unité Motrice

Introduction générale :

Au sens large la télémédecine est le transfert des données médicales (image à haute résolution, des vidéos en direct et dossiers de patients) d'un endroit à l'autre. C'est une discipline qui permet de favoriser la collaboration internationale et la facilité de diagnostic dans le système de santé.

Le progrès des techniques de communication permet la prestation de soins de santé à distance et l'échange de données médicales.

Notre idée de base est d'exploiter les résultats obtenus du traitement numérique du signal EMG par le médecin généraliste et les envoyer au médecin spécialiste afin de prendre une décision pour un diagnostic fiable.

Dans ce sens une plateforme médicale a été réalisée. Cette dernière est considérée comme un centre de traitement numérique des données médicales qui seront envoyées par suite à travers un réseau sans fil.

Nous organisons notre mémoire en 4 chapitres :

- Le premier chapitre est intitulé Aspect médical et la télémédecine, présente les différents types de muscles et leur fonctionnalité ainsi que les pathologies musculaires en détaillant l'électromyogramme et en fin nous avons terminé par une description générale sur la télémédecine.
- Le deuxième chapitre sera consacré sur les outils théoriques de l'analyse spectro-temporelle, tel que la FFT qui est un outil qui peut être utilisé sur le traitement de signal EMG.
- Le troisième chapitre est l'analyse des signaux électromyogrammes par l'emploi des outils de traitement numérique du signal qui ont été traités en troisième chapitre.
- Enfin, le dernier chapitre intitulé la réalisation d'une plateforme dédiée au traitement du signal EMG, là nous avons exposé notre application qui consiste le transfert des données médicales (EMG) par un médecin généraliste dans la base de données liée avec une plateforme par un deuxième médecin spécialiste, les deux médecins ont accès à la plateforme par le même mot de passe pour assurer la sécurisation des données de patient.

1 Introduction :

Notre corps est composé d'environ 640 muscles. Sans eux, nous ne pourrions pas vivre. Ils maintiennent notre squelette en position verticale et lui permettent de bouger ; ils jouent un rôle crucial dans la circulation de notre énergie, en produisant de la chaleur et en faisant fonctionner de nombreux processus vitaux.

Les études de phénomène d'activité électrique de contraction musculaire appelé l'**électromyographie** et les signaux correspondant sont les signaux électromyographie.

Dans ce chapitre, nous parlons de structure de muscle leur différents types, la contraction musculaire et l'unité motrice.....) donc généralement nous parlons de l'aspect médical et pour comprendre tout ça il faut définir l'et expliquer les phénomènes électriques de muscles et l'appareillage qui nous permet l'acquisition de signal produit

2 Anatomie et structure :

2.1 Définition :

Le muscle (provient du mot latin musculus) ou tissu musculaire [**Figure 1**], est un tissu biologique animal composé de cellules contractiles, appelées les myocytes (ou fibres musculaires). Ces cellules contiennent un type de filament intermédiaire spécifique, la desmine. Elles sont riches en microfilaments d'actine et de myosine, acteurs principaux de la contraction musculaire, propriété essentielle du tissu. Le muscle constitue l'un des quatre types principaux de tissus biologiques animaux avec les tissus épithélial, conjonctif et nerveux. [1]

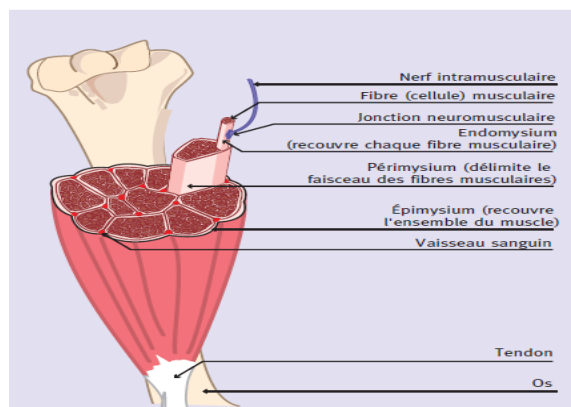


Figure 1 : la structure du muscle [4]

Selon leurs fonctions, les muscles peuvent avoir différentes formes, couleurs et caractéristiques et peuvent donc être classés.

2.2 Types de muscle :

Il existe trois types de muscle : le muscle lisse, le muscle cardiaque et le muscle squelettique [2]

- ✓ Le tissu musculaire lisse constitue le tissu musculaire viscéral et est principalement contrôlé par le système nerveux autonome. Ils sont responsables de la régulation de votre système circulatoire, respiration, de vos fonctions sexuelles, métabolisme et votre digestion. Les plus connus des tissus musculaires lisses sont l'intestin, l'œsophage et la paroi interne des vaisseaux sanguins.
- ✓ Le muscle cardiaque est un cas particulier sur le plan histologique, il est assez similaire au muscle strié mais il ne peut ni être contrôlé activement. Cependant, il ne peut ni être considéré comme un tissu musculaire lisse car en dehors d'une structure différente de sa fibre il possède son propre système de conduction électrique et est donc en grande partie indépendant du système nerveux autonome. Cela garantit que votre cœur continue de se contracter en permanence.
- ✓ Le troisième type **[Figure 2]** est un tissu musculaire strié peut-être activement et volontairement contrôlé, contrairement au tissu musculaire lisse. En dehors de la langue, du larynx et du diaphragme, il comprend l'ensemble de cellules musculaires responsables de la circulation et du maintien de votre squelette, il représente la majorité de notre système musculaire. Il peut être stimulé directement et entraîné.

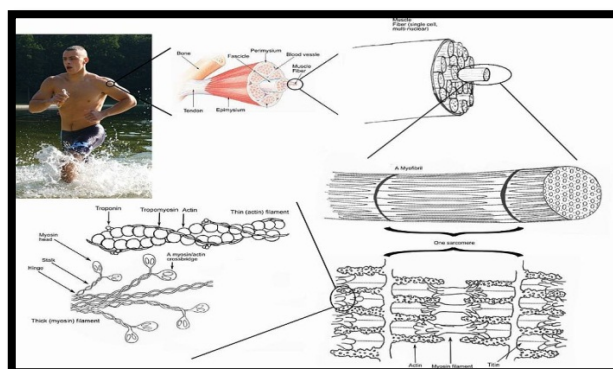


Figure 2: Structure du muscle squelettique [2]

2.3 Anatomie de muscle squelettique :

Les myocytes sont limitées par le sarcolemme, constitué d'une membrane plasmique et d'une lame basale. Chaque fibre musculaire apparaît par fusion de plusieurs cellules musculaires [2].

Une fibre musculaire a donc plusieurs noyaux, dont le nombre dépend de l'activité musculaire. Ces noyaux, ovoïdes, sont situés en périphérie de la cellule, sous le sarcolemme. À proximité des noyaux, on trouve des vacuoles lipidiques et des vacuoles de myoglobine (qui donnent leur couleur rouge aux muscles). Le cytoplasme (appelé sarcoplasme dans les cellules musculaires) est abondant : les myofibrilles (unités contractiles du muscle) y sont assemblées en colonnettes dites de Leydig (stries latérales lorsqu'on observe au microscope). Elles occupent 80 % du volume des myocytes [2].

Comme l'unité de base du tissu musculaire squelettique est la fibre musculaire. Ces fibres s'apparentent à de longues formes cylindriques contenant noyaux, mitochondries, réticulum endoplasmique et myofibrilles, ces filaments sont de deux types : les uns, fins, sont faits d'actine ; les autres, épais, sont composés de myosine. C'est grâce à leur interaction que la contraction musculaire s'effectue. [3]

Les myofibrilles présentent une striation transversale due à la présence de zones claires et de zones sombres:[Figure 3]

- ❖ La zone sombre est la bande A qui résulte de la condensation de molécules de myosine (environ 300 molécules de myosine par filament)
- ❖ Une zone médiane plus claire : la zone H (*hell* qui signifie clair en allemand), qui résulte d'un aménagement particulier de la myosine, en forme de crosse de hockey (avec une tête et une tige). Les tiges se recouvrent les unes les autres, les têtes se regroupent en hélice pour former la strie M (*Mittelscheibe* signifie littéralement « tranche/coupe du milieu » en allemand)
- ❖ La bande I (pour isotrope), divisée en 2 par la strie Z (*Zusammen* signifie « ensemble » en allemand, elle correspond en effet à la jonction entre deux sarcomères), est constituée par 3 autres protéines contractiles disposées en filaments fins.
- ❖ La strie Z sépare deux sarcomères (qui sont les unités fonctionnelles contractiles). [4]

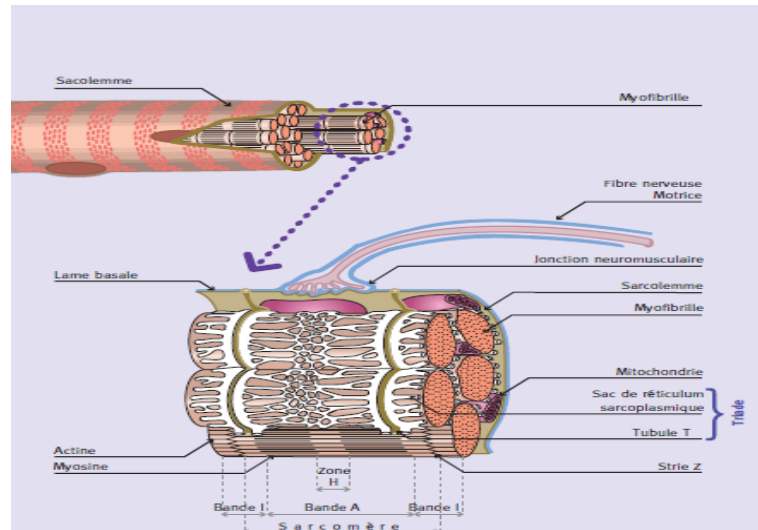


Figure 3 : Anatomie de muscle squelette et de fibre musculaire [4]

L'hétérogénéité typologique de la plupart des muscles squelettiques des vertébrés supérieurs a amené les chercheurs, et particulièrement les cliniciens, à proposer différentes classifications des fibres musculaires. Toutes les classifications utilisent soit les niveaux d'activité des enzymes du métabolisme intermédiaire, soit les propriétés de l'ATPase myofibrillaire, soit une combinaison des deux fibres [4].

Il existe de manière générale deux types de fibres musculaires :

- Les fibres **type I** ou fibre a contraction lents : très faibles au niveau force (faible nombre de myofibrilles donc pauvre en ATP), ils contiennent des nombreuse mitochondries, peut fatigable donc ils sont utilisable lors d'un exercice peu puissant. [3]
- Les fibres **type II** a **contraction rapide** il subdiviser a deux sous types :
 - ✓ les fibres **type IIb** sont extrêmement rapides et fortes (gros diamètre, grand nombre de myofibrilles) et très fatigables. . [3]
 - ✓ les fibres **type IIa** sont des fibres intermédiaires entre les types I et les types IIb, donc moyennement fatigables, moyennement fortes et moyennement endurante. [3]

2.4 Les Caractéristiques fonctionnelles :

Il existe des propriétés de muscles qui lui permettent de remplir ses fonctions, ils sont :

- **L'Excitabilité** : Facteur de percevoir une stimulation et y répondre, lors d'une stimulation (par produit chimique (acétylcholine par exemple) la réponse de fibre musculaire est la production de propagation de courant électrique (potentiel action) ou long de sa membrane [3].
- **La contractilité** : C'est la capacité de se contracter avec force à la présence de la stimulation appropriée, il est spécifique au tissu musculaire [3].
- **L'Elasticité** : C'est une propriété physique de muscle, c'est la capacité qu'on les fibres de répondre leur longueur de repos après l'étirement, l'élasticité joue un rôle d'amortisseur lors de variation brutale de la contraction [3].
- **L'Extensibilité** : facteur d'étirement, lorsque les fibres musculaires se contractent, elles sont relâchées [3].
- **La plasticité** : Le muscle a la propriété de modifier sa structure selon le travail qu'il effectue donc le muscle s'adapte au type d'effort [3].

2.5 L'unité motrice (UM):

L'UM [Figure 4] est l'élément anatomique de base d'ont l'activité est enregistrée par l'EMG (Electromyogramme). Elle consiste en un motoneurone localisé dans la corne ventrale de la moelle épinière, son axone moteur, et l'ensemble des fibres musculaires motrices qu'il innerve : l'excitation du motoneurone entraîne la contraction de toutes les fibres de l'UM (loi du "tout ou rien") ; sur un plan global, la régulation de l'amplitude de la contraction musculaire s'effectue par le nombre de motoneurones recrutés [4].

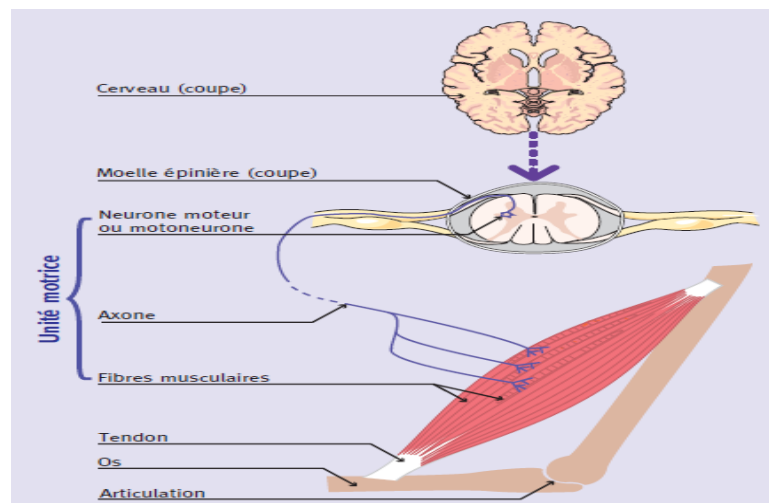


Figure 4 :L'unité motrice [4]

Les UM ont été aussi classées en fonction de leurs propriétés physiologiques telles que la vitesse de contraction et fatigabilité (sensibilité à la fatigue), et selon les fibres qu'elles commandent (fibre de type I : à contraction lente et plus résistantes à la fatigue, Iia : à contraction rapide, moyennement résistantes à la fatigue.

Ou Iib : à contraction rapide et très fatigables.)

2.6 La contraction musculaire:

La **contraction musculaire** résulte de la contraction coordonnée de chacune des cellules du muscle. Il existe quatre phases au cours de la contraction d'une cellule musculaire « type » : [Figure 5]

- ❖ l'excitation ou la stimulation qui correspond à l'arrivée du message nerveux sur la fibre musculaire.

- ❖ le couplage excitation-contraction qui regroupe l'ensemble des processus permettant de transformer le signal nerveux reçu par la cellule en un signal intracellulaire vers les fibres contractiles.
- ❖ la contraction proprement dite.
- ❖ la relaxation qui est le retour de la cellule musculaire à l'état de *repos physiologique*. [1]

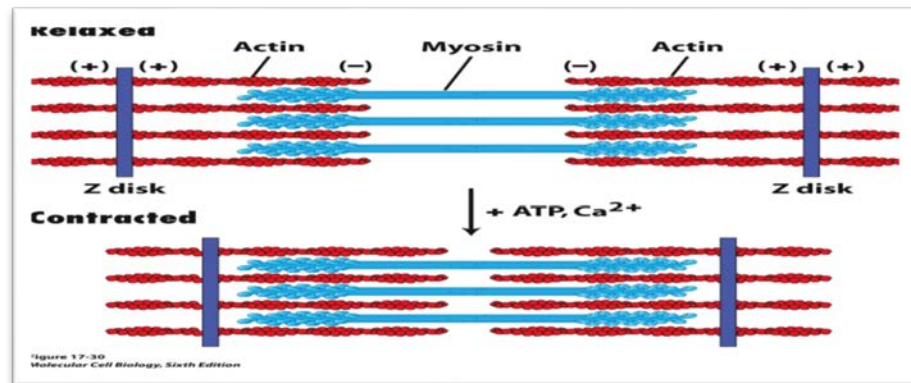


Figure 5 : Filament d'actine et de myosine lors d'une contraction et d'une relaxation [1]

3 Phénomène électrique de la contraction musculaire :

3.1 Potentiel d'Action(PA) :

Le potentiel d'action, autrefois et encore parfois appelé influx nerveux, est un évènement court durant lequel le potentiel électrique d'une cellule (notamment les neurones, mais aussi d'autres cellules excitables telles que les cellules musculaires par exemple) augmente puis chute rapidement [1].

En raison de la nature du tissu musculaire qui est considéré comme un volume conducteur, le potentiel d'action résultant, se propageant dans les deux directions de la fibre et atteignant les tendons, crée un courant dans le voisinage de la fibre. Ce dernier crée un champ électrique dans tout le volume conducteur, qui est à l'origine des signaux Electromyogramme (EMG) détectés par aiguilles ou par des électrodes de surface [5].

3.2 Potentiel d'Action une unité motrice (PAUM) :

Quand une unité motrice est activée via le α -motoneurone à partir de la moelle épinière vers la jonction neuromusculaire, les fibres appartenant à cette UM sont toutes excitées ensemble et contractées. Les potentiels d'action se propageant le long des fibres créent une activité électrique qui peut être détectée aussi bien par les techniques invasive ou non invasive. Le potentiel détecté reflétant les activités de toutes les fibres est une combinaison de tous les potentiels d'action des fibres singulières (PAFS) appartenant à une même unité motrice et fournissant ainsi le potentiel d'action de l'unité motrice (PAUM) [6]

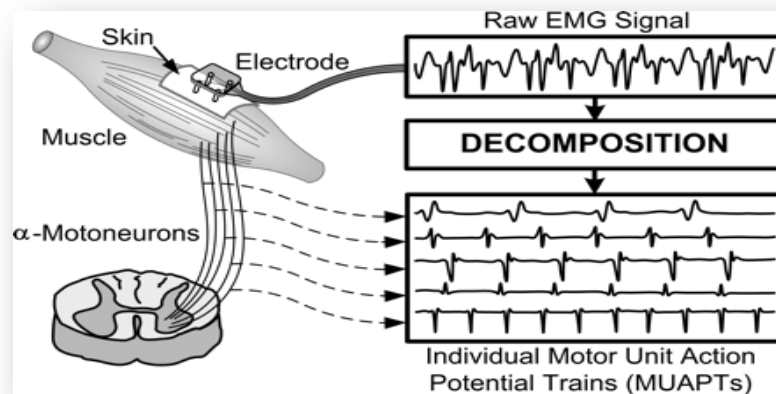


Figure 5 :La décomposition d'un signal EMG brute résulte des TPAUMs individuelles[1]

4 L'électromyographie et l'électromyogramme :

L'électromyographie (EMG) se définit comme l'art de décrire les signaux, manifestations électriques du processus d'excitation résultant de la propagation des potentiels d'action le long de la membrane des fibres musculaires. Le signal EMG est détecté au moyen d'électrodes puis est amplifié, filtré, et enfin affiché sur un écran, ou digitalisé afin de faciliter l'analyse ultérieure du signal. L'électromyographie permet de détecter et à diagnostiquer d'éventuelles anomalies neuromusculaires [6].

L'**EMG** signifie aussi bien : électromyographie (l'examen), l'électromyographe (l'appareil) et l'électromyogramme (le tracé obtenu par électromyographie).

Cet examen consiste à enregistrer l'activité d'un muscle ou d'un nerf pour déceler une éventuelle pathologie.

4.1 L'électromyogramme :

Les potentiels d'action (PAs) d'un muscle normal enregistré lors de la contraction volontaire présentent les caractéristiques suivantes :

1. la morphologie normale (forme de PAUM) : elle est mono-bi ou tri-phasique et peut être poly-phasique. La forme des potentiel varie également en fonction du muscle et de l'âge (les potentiels sont plus fréquemment poly-phasiques chez le nourrisson et chez le sujet âgé).
2. Durée normale : elle est de l'ordre de 3 à 5ms, varie en fonction du muscle exploité (plus brève dans les muscles qui sont constitués de petits et nombreuses UM)
3. Amplitude normale de PAUM : est également conditionnée par la taille des unités motrice. Elle varie entre 200 microvolts à 1mV, peut atteindre 2 mV.
4. Richesse des tracés:
 - ❖ Au repos : Il n'existe aucune activité électrique. C'est ce qu'on appelle le « silence électrique ». Le tracé normal de repos se limite à la ligne de base.
 - ❖ Contraction volontaire : Au cours d'une contraction volontaire de force croissante, on voit le tracé électromyographique se « compliquer » de plus en plus. On peut distinguer trois stades :
 1. **Contraction faible** : On obtient ce qu'on appelle un « tracé simple ». Il est formé d'un seul potentiel bien individualisé correspondant à une seule UM en activité. Ce potentiel se répète identique à lui-même. Son enregistrement permet l'étude précise de sa forme, de son amplitude, de sa durée, de sa fréquence.
 2. **Contraction modérée** : On obtient ce qu'on appelle un « tracé intermédiaire ». Il devient de plus en plus difficile de reconnaître chaque PAUM. En effet, l'activité électromyographique, à ce stade, correspond à deux phénomènes : le recrutement de nouvelles unités motrices (sommation spatiale) ; et l'accélération de la fréquence de décharge des unités motrices (sommation temporelle).
 3. **Contraction maximale** : L'amplitude augmente et peut atteindre 10 mV. On obtient ainsi un tracé de type « interférentiel » comparable à un tracé

d'électromyographie globale ; et la décomposition des PAUMs à partir du signal EMG obtenue devienne plus difficile.

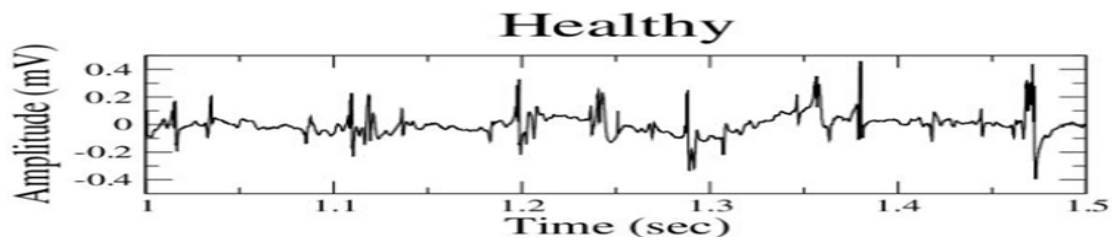


Figure 6 : Tracés du signal EMG normal le signal obtenu d'un patient sain [1]

4.2 Electromyographie (Appareillage) :

L'électromyographe est un appareil qui lit les signaux électriques qui proviennent des muscles et des nerfs. Cet appareil permet de faire une analyse de la contraction musculaire et aussi de la conduction nerveuse du corps humain. L'électromyogramme est utilisé en médecine afin de prévenir ou encore d'indiquer la présence d'une maladie dans un muscle ou dans le système nerveux de la personne. Le fonctionnement général de l'électromyogramme est que lors d'une contraction forte d'un muscle, le signal envoyé sera plus fort que lorsque la contraction est plus faible. Les mesures obtenues par l'électromyogramme sont importantes pour des applications telles que les prothèses, les diagnostics biomécaniques ainsi que procéder à des analyses de mouvements dans différents sports [7]. L'appareillage doit donc permettre de recueillir ces signaux, de les amplifier, de stimuler les troncs nerveux, de mesurer les paramètres caractérisant les potentiels (latence, durée, amplitude), enfin, d'enregistrer les données afin de conserver des documents.

5 Les pathologies musculaires :

Le fonctionnement normal d'un muscle peut être perturbé à la suite d'atteintes physiologiques. Ainsi, lorsque le corps cellulaire ou l'axone d'un motoneurone est endommagé, le muscle innervé ne peut plus être mis en activité et cette situation est appelée neuropathie. Si d'autre part le motoneurone est intact mais que les fibres musculaires ne sont pas en état de se contracter, on parle alors de myopathie. Il existe aussi des maladies neuromusculaires qui peuvent affecter la plaque motrice (jonction neuromusculaire).

5.1 Neuropathies :

En neurosciences, une neuropathie ou *neuropathie périphérique* est un terme médical caractérisant, au sens large, l'ensemble des affections du système nerveux périphérique, c'est-à-dire des nerfs moteurs et sensitifs et des membres, ainsi que des nerfs du système nerveux autonome qui commandent les organes[1].

Ils sont généralement causés par une pression exercée sur un nerf situé immédiatement sous la peau, près du genou, du coude, de l'épaule ou du poignet, où bien coincement d'un nerf ou par une blessure subie par un nerf.

5.2 Myopathies:

Les **myopathies** sont un sous-groupe de la famille des maladies neuromusculaires se traduisant par une dégénérescence du tissu musculaire.

- Une myopathie est une atteinte **directe** d'un des constituants du muscle.
- La plus commune des myopathies est la Dystrophie musculaire facio-scapulo- humérale [1].

La myopathie par composante auto-immune, qui survient lorsque le système immunitaire, qui protège normalement l'organisme contre les infections, se dérègle et s'attaque aux cellules de l'organisme, puis les détruit.

Dans le cadre d'optimiser la qualité des soins par une rapidité collégiale des échanges médicaux au profit de patient dont l'état de santé nécessite une réponse adaptée, rapide quelle que soit leur situation géographique le professionnelle de sante à établir un nouvelle outils qui appelle la Télémédecine .

6 La télémédecine

6.1 Définition :

Le terme « Télé » est un préfixe d'origine Grec signifiant loin ou distance. Ainsi il signifie le transfert des dossiers électroniques médicaux d'un endroit à un autre [8]. La Télémédecine (TMD) basée à l'utilisation des télécommunications pour fournir des services des informations médicaux [8].

En général, la *télémédecine* a pour rôle l'accès aux soins à distance, et l'échange de l'information médicale afin d'évaluer l'état du patient. Elle représente un enjeu considérable pour l'amélioration des conditions de soin et de vie de beaucoup de personnes [10]

Elle permet donc de mieux gérer les pénuries de personnels médicaux et d'apporter à la population un accès à un service public de qualité indépendamment de la localisation géographique [11].

6.2 Les domaines d'applications de la télémédecine :

La télémédecine permet d'apporter des services de soins, là où la distance est un facteur critique par des professionnels utilisant Les technologies de l'information et de la communication. Ses domaines d'activité sont multiples : La consultation, le diagnostic, la prescription des soins, la surveillance thérapeutique, le transfert des données médicales, la recherche médicale, la formation continue.

Les principaux actes de la télémédecine sont [11].

- 1. Téléconsultation** : Est un acte médical réalisé en présence du patient, celui-ci dialoguant avec le médecin télé consultant sans interaction physique directe, via un système de télécommunication. C'est le procédé d'une consultation médicale à distance [11].
- 2. La télé expertise** : elle consiste, pour un professionnel de santé, à faire appel à l'expertise d'une ou plusieurs autres équipes médicales .Celles-ci donneront leur avis, en vue d'établir un diagnostic, une thérapeutique sur la base de données clinique, biologiques ou radiologiques en dehors de la présence du patient.

3. **La téléassistance** : est un soutien à domicile, qui permet de sauver des vies, et contribue à préserver l'autonomie des personnes en évitant les complications dues à de nombreux accidents (chutes, malaises, etc.). Elle permet d'améliorer le sentiment de sécurité, de rompre l'isolement [11].
4. **La télésurveillance** : elle consiste à établir un système de surveillance à distance d'un patient par un professionnel de santé. Cette surveillance repose essentiellement sur la modernisation du monitoring (c'est-à-dire de l'analyse en continu des paramètres médicaux du patient de toute nature : respiratoires, cardiaques, etc...) en recourant à une technologie de télécommunication.

Cette technique s'inscrit tout particulièrement dans le développement des hospitalisations à distance, c'est-à-dire dans le cas où le patient est suivi médicalement dans un établissement de santé géographiquement éloigné de l'hôpital de référence, en particulier dans les cas de personnes souffrant de maladies chroniques[11].

7 Conclusion

Dans ce chapitre l'anatomie du muscle a été présenté ainsi que son fonctionnement, les différents pathologies, sans oublier le signal électromyogramme et ses différents paramètres. Aussi nous avons parlé sur la télémédecine et ces différentes actes afin d'assurer le transfert des données médicaux. Ces différentes données nécessitent un outil puissant du traitement numérique qui sera détaillé dans le chapitre suivant.

1 Introduction

Un signal est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire. Il sert de vecteur à une information. Il constitue la manifestation physique d'une grandeur mesurable (courant, tension, force, température, pression, etc).

Le traitement du signal est une discipline indispensable de nos jours. Il a pour objet l'élaboration ou l'interprétation des signaux porteurs d'informations. Son but est donc de réussir à extraire un maximum d'information utile sur un signal perturbé par du bruit en s'appuyant sur les ressources de l'électronique et de l'informatique.

L'analyse de Fourier est un moyen de décomposer un signal en une somme de signaux élémentaires particuliers, qui ont la propriété d'être faciles à mettre en œuvre et à observer.

Un électromyogramme (ou EMG) est le résultat d'un examen médical consistant à mesurer l'activité électrique d'un nerf du système nerveux périphérique, c'est-à-dire la partie des nerfs allant de la moelle épinière jusqu'au muscle et à la peau.

L'électromyogramme comprend deux parties :

- 1.** La première partie étudie la vitesse de conduction des nerfs (nerfs de la motricité et de la sensibilité). A l'aide d'électrodes de stimulation qui délivrent un courant électrique de faible intensité (non douloureux), le neurologue stimule les nerfs et enregistre en aval un potentiel musculaire ou sensitif. En mesurant la distance séparant le point de stimulation et l'électrode de recueil, il peut calculer une vitesse de conduction. Cette première étape de l'examen permet de déterminer si c'est le

nerf lui-même (axone) ou la gaine qui l'entoure (myéline) qui est altéré. Cette partie est appelée la stimulodétection.

2. La deuxième partie étudie le fonctionnement des muscles. Cette partie est réalisée à l'aide d'une électrode-aiguille que le neurologue introduit en piquant différents muscles. Il ne délivre aucun courant électrique. Au contraire, c'est l'aiguille qui enregistre l'activité électrique des muscles. On enregistre les muscles au repos puis lors d'un effort de contraction. On peut ainsi déterminer si le muscle fonctionne normalement ou s'il existe une altération du fait d'une souffrance du nerf dont il dépend (atteinte neurogène), ou encore si c'est le muscle lui-même qui est malade (atteinte myogène). Cette partie est appelée l'électromyogramme lui-même (car elle étudie les muscles) ou la détection.

Ce chapitre traite dans un premier temps les différentes techniques rencontrées dans la littérature, et qui peuvent être utilisées dans l'extraction des caractéristiques d'un signal, et de façon plus détaillée celles que nous avons choisies dans notre recherche.

2 Classification des signaux

Les techniques utilisées pour traiter des signaux ou analyser la réponse d'un système à un signal dépendent énormément des attributs et des caractéristiques de ces signaux. Ainsi, tout traitement du signal doit nécessairement commencer par une classification de ces signaux [12].

- a. **Classification phénoménologique** : On considère la nature de l'évolution du signal en fonction du temps. Il apparaît deux types de signaux :

1. Les signaux déterministes : ou signaux certains, leur évolution en fonction du temps peut être parfaitement modélisé par une fonction mathématique. On retrouve dans cette classe les signaux périodiques, les signaux transitoires, les signaux pseudo-aléatoires, etc...
2. Les signaux aléatoires : leur comportement temporel est imprévisible. Il faut faire appel à leurs propriétés statistiques pour les décrire. Si leurs propriétés statistiques sont invariantes dans le temps, on dit qu'ils sont stationnaires [12].

b. Classification énergétique : elle concerne :

1. Les signaux à énergie finie : il possède une puissance moyenne nulle et une énergie finie.
2. Les signaux à puissance moyenne finie : il possède une énergie infinie et sont donc physiquement irréalisable.

c. Classification morphologique : elle distingue les signaux à variable continue des signaux à variable discrète ainsi que ceux dont l'amplitude est discrète ou continue [12].

3 Traitement du signal EMG

L'électromyogramme (EMG) est un signal physiologique de nature électrique qui peut être recueilli sur le corps humain (muscles) au moyen d'électrodes appropriées : capteurs de surface (simplement posés sur le muscle observé) ou de profondeur (aiguilles disposant de deux capteurs ou plus à son extrémité). Ce fameux signal présente une variabilité aléatoire en fonction de plusieurs paramètres:

l'âge, le sexe, la taille du muscle 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. Parmi les techniques de traitement des signaux électromyogrammes (EMGs) les plus anciennes et qui ont été largement utilisées pour faciliter son analyse et extraire les paramètres pertinentes, dans le domaine temporel on trouve :

1. **Un électromyogramme rectifié** : Les valeurs du signal EMG sont soit positives, soit négatives, et il est difficile de juger si le potentiel d'action s'approche ou s'éloigne de l'électrode. Pour bien quantifier toutes les phases positives et négatives, le signal EMG est rectifié en prenant sa valeur absolue [13]
2. **Un électromyogramme normalisé en amplitude** : L'amplitude du signal EMG varie en fonction du placement de l'électrode et de la conductivité de la peau, variable d'un sujet à l'autre. Pour pouvoir comparer l'activité de l'EMG de différents sujets dans différentes conditions de recueil, on normalise généralement l'EMG, par exemple en le divisant par l'amplitude maximale obtenue lors de contraction maximale volontaire. On obtient ainsi un EMG normalisé en amplitude [13]
3. **Un électromyogramme lissé** : Pour diminuer la variance et le bruit haute fréquence du signal EMG rectifié (bruit de digitalisation, d'échantillonnage, intrinsèque), ce signal est lissé par un filtre passe bas ou une moyenne glissante. Cet outil peut permettre d'obtenir par exemple une meilleure détection du début et de la fin d'une bouffée [13].
4. **Un électromyogramme moyen** (ou intégré) sur un intervalle de temps : Pour quantifier le niveau moyen d'excitation sur un intervalle de temps fixé, on utilise souvent la moyenne (ou l'intégration) du signal EMG rectifié. Ces deux paramètres peuvent diminuer la variabilité due à l'excitation instantanée des fibres musculaires [13]
5. **Moyenne quadratique de l'EMG** sur un intervalle de temps (Root Mean Square, RMS) : La plupart du temps, le signal EMG est quantifié dans le domaine

temporel au moyen de sa moyenne quadratique (Root Mean Square, RMS), qui représente l'amplitude du signal EMG sur un intervalle de temps donné [13]:

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} (x(t))^2 \cdot dt} \quad (1)$$

Où $x(t)$ est le signal EMG à analyser, T l'intervalle de temps.

La quantification énergétique du signal EMG par la méthode d'intégration décrit le taux d'activité musculaire dans le domaine temporel ; par complémentarité, la détermination du spectre de densité de puissance permet de caractériser le signal EMG dans le domaine des fréquences [14].

La transformée de Fourier (FFT) est la méthode la plus couramment utilisée pour caractériser le contenu en fréquence du signal EMG. Même si la FFT impose que le signal soit stationnaire, de nombreuses études ont appliqué ce traitement de signal au geste dynamique. Elle est donnée par la formule suivante :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j2ft\pi} dt \quad (2)$$

où $x(t)$ est le signal EMG à analyser, $X(f)$ est sa transformée de Fourier.

A partir d'une représentation fréquentielle par application de la FFT (Densité spectrale de puissance (**DSP**)), deux indicateurs fréquentiels sont souvent dérivés : la fréquence médiane (FMD) et la fréquence moyenne (FM) [15]:

$$FM = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} fP(f)df}{\int_{-\infty}^{+\infty} P(f)df} \quad (3)$$

$$\int_0^{FMD} P(f)df = \int_{FMD}^{\infty} P(f)df \quad (4)$$

Où $P(f)$ est la densité spectrale de puissance (DSP)

La plupart des signaux intéressants contiennent de nombreuses caractéristiques mobiles ou transitoires, qui sont souvent la partie la plus importante du signal, l'analyse de Fourier n'est pas capable à les détecter, ce qui nous amène à la notion de localisation spatiale « Fenêtrage du signal » [16].

Pour étudier les évolutions temporelles du contenu spectral d'un signal non-stationnaire, il est possible d'utiliser la FFT et de satisfaire localement à la condition de stationnarité. Pour cela, il est commun de diviser les signaux en blocs de courte durée où existe la stationnarité au sens large [17][18]. Cette méthode est définie comme la Transformée de Fourier à Court Terme. Cependant, cette approche souffre d'une limitation importante en termes de résolution, à cause du compromis en temps et fréquence [19]. Dans un souci d'amélioration des résolutions temporelles et fréquentielles, un certain nombre de méthodes d'analyse spectro-temporel ont été proposées et utilisées sur les signaux EMGs.

La Transformée de Fourier à Court Terme (TFCT) est la plus simple des transformées spectro-temporel. L'utilisation de la TFCT contourne les limites de la FFT pour des signaux non-stationnaires en définissant un intervalle de temps (où le signal est stationnaire localement) sur laquelle la transformée du Fourier est appliquée.

La taille de l'intervalle analysé est fixée par une fenêtre $w(t)$, où $w(t)=0$ quand $t<0$ et $t>L$ (L largeur de la fenêtre), et $w(t)$ est différent de zéro pour $0 \leq t < L$. La transformée de Fourier à court terme est donc obtenue par l'équation suivante :

$$X(f, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) * \omega(t - b) * e^{-i2\pi ft} dt \quad (5)$$

Où b est le décalage et ω la fenêtre glissante.

Du fait de la durée de cet intervalle, il est donc impossible avec la TFCT de fournir une information instantanée. L'utilisation de la TFCT présente également des restrictions dues à la résolution temps-fréquence. Il a été constaté que la largeur minimale de fenêtre permise pour obtenir encore une résolution correcte en fréquence, est approximativement de 250 ms pour un signal EMG [20]. Ce résultat est un compromis entre les résolutions fréquentielles et temporelles.

Un autre type d'analyse spectro-temporel est la distribution de Wigner-Ville. Cette représentation énergétique permet de s'affranchir du compromis entre les résolutions en temps et en fréquence. Elle est optimale pour analyser des signaux constitués d'une composante simple. Cependant, elle est moins adaptée aux signaux comportant plusieurs composantes fréquentielles, puisque la bilinéarité de la transformée induit la présence de termes d'interférences [21].

Concernant l'analyse de l'activité musculaire, cette technique est incapable de détecter toute évaluation du mouvement musculaire.

4 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les différentes techniques qui peuvent être apportée un contenu informationnel très important dans le traitement du signal EMG.

Une étude sur les différentes représentations spectro-temporelle a été faite, en particulier la transformée de Fourier (FFT) et la transformée de Fourier à fenêtre glissante (TFFC).

La transformée de Fourier est un outil de base en traitement du signal, indispensable dans de nombreux domaines de la recherche, cependant elle montre vite des limites justifiées dès lors que l'on sort du cadre rigoureux de sa définition.

Chapitre II : Outils théoriques de l'analyse spectro-temporelle

La transformée de Fourier à court terme avec une fenêtre de taille fixe et la distribution de Wigner avec l'apparition du terme d'interférence sont des causes principales pour lesquelles la recherche d'une autre technique est indispensable.

1 Introduction :

Avant de procéder à n'importe quelle application d'analyse, pour déterminer les caractéristiques et paramètres les plus pertinents dans l'estimation des signaux EMGs, il faut comprendre l'électromyographie. Comprendre l'électromyographie implique donc la connaissance du muscle et ses différents composants et ainsi la façon avec laquelle sont générés, à partir de la détection (électrodes à aiguille ou les électrodes de surface), puis l'enregistrement jusqu'à le traitement.

Le but de ce chapitre c'est d'établir un certain nombre de paramètres susceptibles de faire ressortir clairement et facilement toute variation du signal EMG analysé par rapport aux troubles tels que les myopathies et les neuropathies.

2 Base de données utilisé

Dans cette partie trois exemples des signaux EMGs sont donnés [**Table 1**] [avec la permission de Seward Rutkove, MD, Département de neurologie, Beth Israel Deaconess Medical Center / Harvard Medical School]. Les données ont été recueillies par un système de surveillance Medelec Synergy N2 EMG (Oxford Instruments médicaux, Old Woking, Royaume-Uni) [22]

Electrode à aiguille concentrique de 25 mm a été placée dans le muscle tibial antérieur de chaque sujet. Le patient a ensuite été demandé de flexion dorsale du pied délicatement contre la résistance. L'électrode de l'aiguille a été repositionné jusqu'à ce potentiels d'unité motrice (PAUM) avec un temps de montée rapide ont été identifiés. Les données ont ensuite été recueillis pendant plusieurs secondes, à quel point on a demandé au patient à se détendre et l'aiguille enlevée. La figure illustrée dans la page suivante [**Figure 1**] montre trois exemples d'enregistrement EMG.

Le premier enregistrement concerne un homme de 44 ans sans aucune maladie neuromusculaire préalable, le seconde pour un homme de 57 ans avec la myopathie et le troisième enregistrement concerne un homme de 62 ans avec la neuropathie. Les différents signaux EMGs ont été enregistrés à 50 KHz, puis sous-échantillonnées à 4 KHz. Pendant le processus d'enregistrement deux filtres analogiques ont été utilisés: un filtre passe-haut 20 Hz et d'un filtre passe-bas 5KHz.

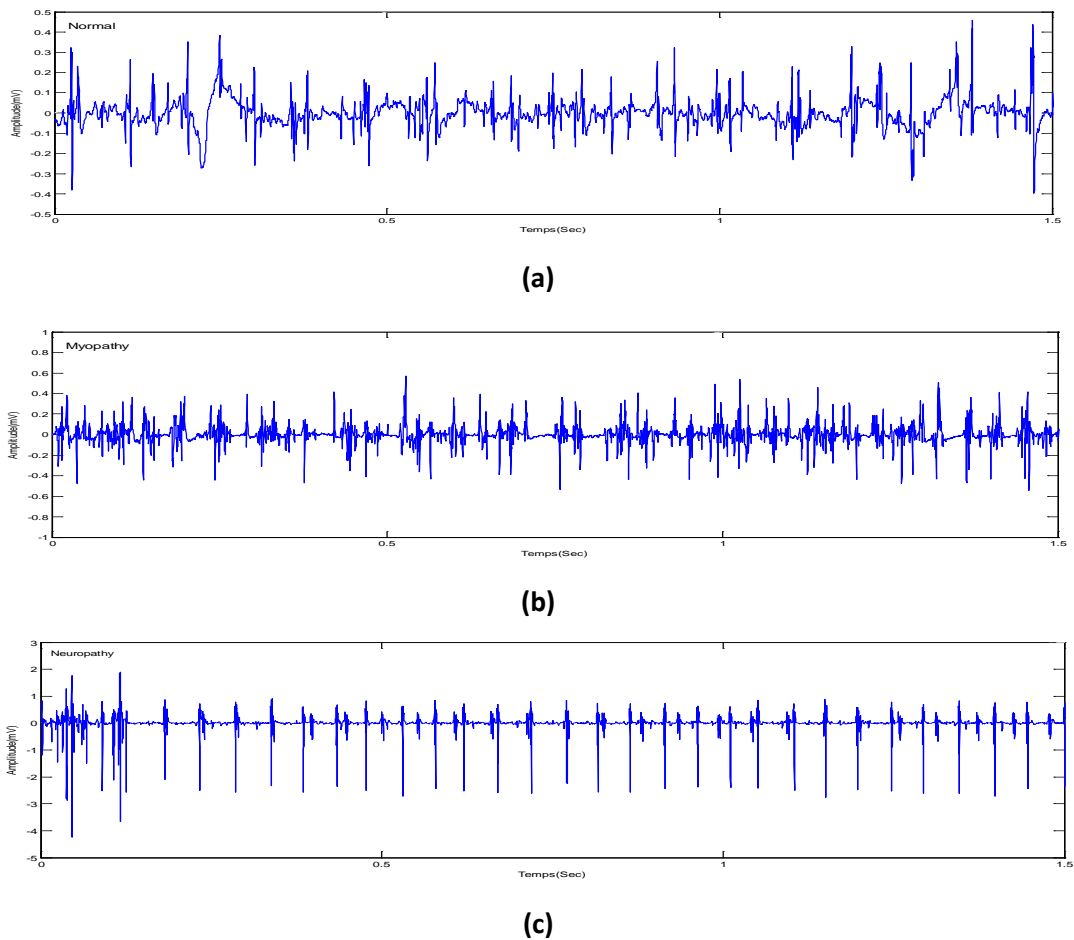


Figure 1 : Représentation temporelle des signaux Electromyogrammes:

(a) un cas normal, (b): un cas myopathie, (c): un cas neuropathie.

signal	Age	Sexe	Pathologie	Muscle	Electrode
EMG1	44	Homme	Aucune	Jambier antérieur	aiguille concentriques de 25 mm
EMG2	57	Homme	Myopathie	Jambier antérieur	aiguille concentriques de 25 mm
EMG3	62	Homme	Neuropathie	Jambier antérieur	aiguille concentriques de 25 mm

Table 1: Base de données

Le tracé EMG correspondant peut être analysé au moyen de grandeurs telles que l'amplitude, la racine carrée moyenne, le signal rectifié et moyenné, et par des grandeurs liées à la fréquence, comme la latence du point de croisement de la ligne de base et la latence du point d'inversion [23].

3 Paramètres d'analyse temporelle des signaux EMGs :

3.1. Amplitude du signal (Amp)

La notion d'amplitude a été largement utilisée dans l'analyse des signaux EMGs. Généralement elle désigne l'écart entre les valeurs extrêmes d'une grandeur.

3.2. Energie du signal (En)

L'objectif fixé à travers ce paramètre est de définir la quantité de l'information port le signal. Elle est donnée par la formule suivante :

$$E_n[S] = \int |S(t)|^2 dt \quad (1)$$

3.3. Entropie du signal (Ep)

Le concept d'entropie a été largement connu comme une mesure quantitative du désordre.

Il comporte le calcul de la fonction de densité de probabilité. Dans notre cadre, l'entropie définie une mesure de "quantité d'information" contenue dans le signal EMG. Elle est définie par la formule suivante :

$$E_p[S] = - \int p(S) \log p(S) d(S) \quad (2)$$

S : Variable aléatoire continue : le signal EMG ; p(S) : Densité de probabilité.

3.4. La moyenne quadrature : Root Mean Square (RMS)

La valeur efficace Root Mean Square, ou moyenne quadratique d'un signal, tous simplement est la racine carrée de la moyenne de cette grandeur au carré, sur un intervalle de temps donné [24].

$$RMS = \frac{1}{T} \int_{\frac{1-T}{2}}^{\frac{1+T}{2}} S(t)^2 dt \tag{3}$$

S(t) signal EMG analysé T : l'intervalle de temps.

3.5. La valeur absolue de la moyenne (Mean) et l'écart type (Std)

Ces deux paramètres sont considérés aussi comme étant des paramètres adéquats dans l'analyse des signaux EMGs [25]. La moyenne du signal (Moy) est définie comme étant le rapport entre la somme des valeurs d'échantillons et le nombre de valeurs d'échantillons. Ainsi sa valeur absolue est not

$$Moy = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{N} \tag{3}$$

L'écart type est déterminé par la racine carrée de la variance, il permet de caractériser la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne, représenté par la formule suivante :

$$Std(S) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_i - S_{moy})^2}{N}} \tag{4}$$

Avec S est le signal EMG ; S_{moy} : la moyenne du signal ;N :nombre d'échantillons

Le tableau suivant regroupe les résultats obtenus de différents paramètres présentés auparavant et qui seront utilisés par la suite dans l'analyse des signaux EMG normale et pathologique.

4 Résultats et discussions

Afin de distinguer la différence existant entre les signaux EMGs et par suite d'estimer l'évolution de leurs sévérité pathologique, des histogrammes de la variation de différent paramètres cités auparavant donnée par le tableau ci-dessous [Table 2] (Amplitude, Energie, la moyenne quadrature, la valeur absolue de la moyenne et l'écart type) , seront tracés. Ainsi une comparaison entre ces différents cas sera effectuée. [Figure 2]

L'histogramme de la variation d'amplitude illustré sur la **Figure 2 (a)** est utilisé en deux aspects importants :

- Le premier aspect pour identifier chaque enregistrement ou chacun est spécifié par une amplitude bien déterminée [26]:

Normal : Amplitude $<1\text{Mv}$; Myopathie : Amplitude $<2\text{mV}$; Neuropathie : Amplitude $>5\text{ mV}$,

- Le second pour montrer une des propriétés partissantes de chaque enregistrement et par suite de confirmer ce qui a été trouvé auparavant par Jean-Yves Hogrel [27].

- ✓ Ici l'enregistrement normal représente la valeur la plus petite 0.8 mv , que celle des autres cas. Le cas à myopathie, aussi possède une valeur moins importante, plus proche du cas normal ($\approx 1\text{ mV}$) mais inférieure à celle du cas à neuropathie qui a une valeur tend vers les 7.28 mV .

Cette variation confirme bien l'intervalle d'identification de chaque cas, ainsi elle démontre que la sévérité pathologique des signaux EMGs dépend de l'importance d'amplitude.

- ✓ Les variations énergétiques de trois différents cas étudiés figurée par : **Figure 2 (b)**, montre que le premier enregistrement (le cas Normal) est le cas le moins énergétique. Il présente 45% de la valeur énergétique de la Myopathie et environ de 36% de la Neuropathie. Dans ce contexte la variation énergétique, présent un paramètre important pour procéder à une différenciation et une classification selon la sévérité pathologique entre les signaux EMGs. Pour les mêmes cas étudiés, le résultat de la variation d'entropie illustré sur la **Figure 2 (c)**, fait ressortir clairement les différences pouvant exister entre ces signaux. Les figures : **Figure 2 (d)** et **Figure 2 (e)** et **Figure 2 (f)** sont respectivement les histogrammes de la variation de la moyenne quadrature (RMS) en fonction de différents signaux EMGs , la variation de la valeur absolue de la moyenne (Mean) en fonction de

différents signaux EMGs et la variation de l'écart type (Std) en fonction de différents signaux EMGs . La moyenne quadrature (RMS) est un des paramètres les plus significatifs dans l'analyse des signaux EMGs puisqu'il montre une proportionnalité relative avec la sévérité pathologique [25]. Pareille pour la variation de la valeur absolue de la moyenne et l'écart type. Pour les trois enregistrements, le cas : Myopathie, présente des valeurs qui se rapprochent du cas Normal que celles du cas Neuropathie .Ces résultats confirment bien ce qui a été trouvé par les paramètres calculés auparavant. Ainsi la Myopathie est une pathologie moins sévère que la Neuropathie.

Le signal		Amplitude (mV)	Energie (kJ)	Moyenne (mV)	Moyenne quadratique RMS (µV)	Ecart type Std (mV)	Nombre d'echatillons
Nnormal	EMG1	0.8	16.69	$2.66 \cdot 10^{-4}$	296.5	0.0302	50721
Myopathique	EMG2	1	36.71	$3.50 \cdot 10^{-4}$	368.5	0.049	110336
Neuropathique	EMG3	7.28	45.65	$16.2 \cdot 10^{-4}$	555.7	0.2909	80001

Table2 : Paramètres temporels d'analyse des signaux EMGs.

- cas neuropathie qu'il trop loin Std=0.2909 mv

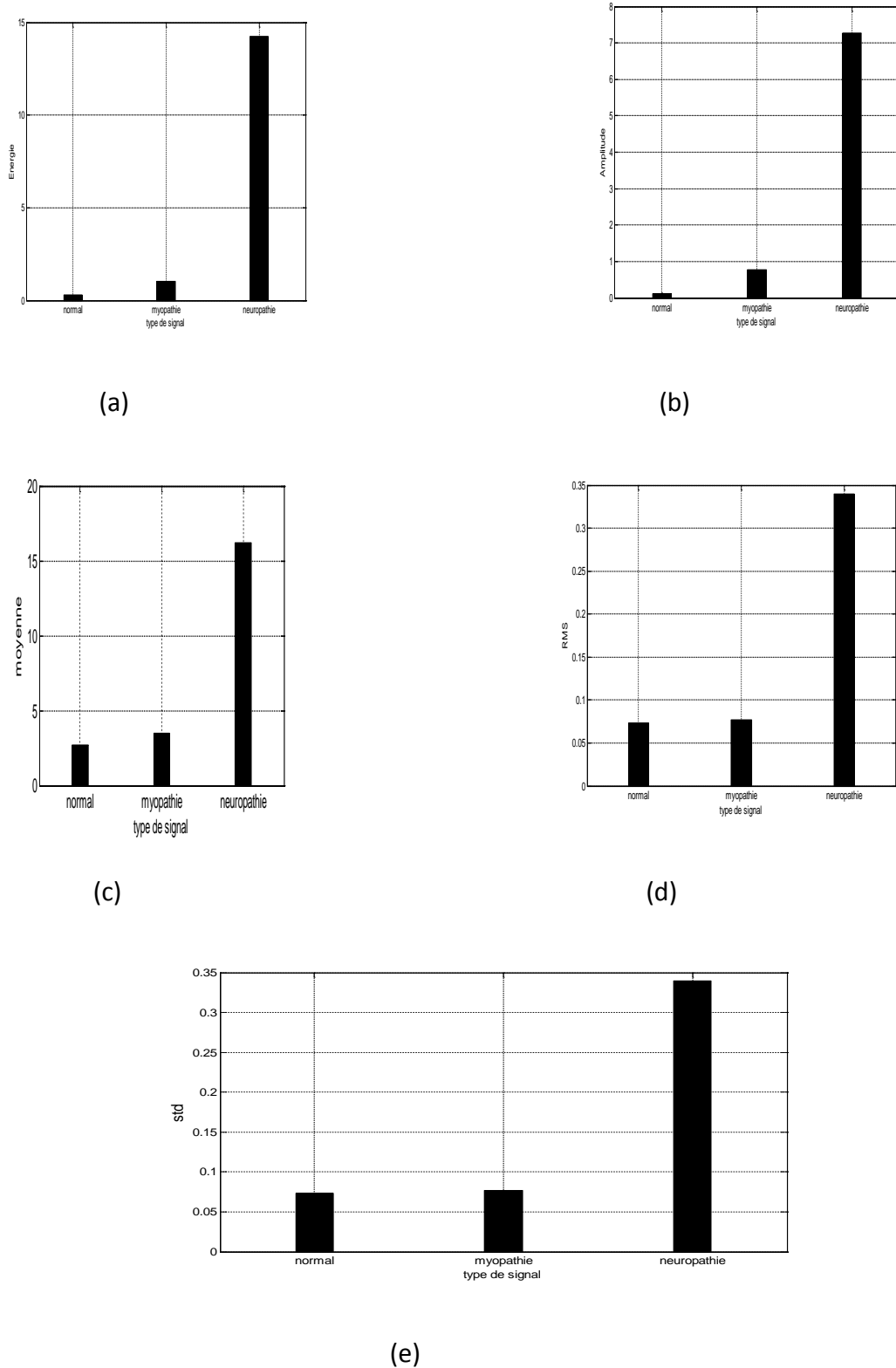


Figure2 : Histogrammes d’analyse temporelle des signaux EMGs :(a) Energie du signal(E_n) :, (b) : Amplitude du signal, (c) : la variation de la moyenne (Mean)), (d) : la moyenne quadrature (RMS), (e) :: la variation de l’écart type (Std).

5. Paramètres d'analyse fréquentielle des signaux EMGs :

5.1. Analyse fréquentielle par application de la transformée de Fourier (FFT)

L'analyse dans le domaine fréquentiel est une technique permettant d'exprimer la puissance de l'EMG en fonction de la fréquence. En effet, la puissance de l'EMG est intimement liée à ses caractéristiques fréquentielles [28]. L'analyse fréquentielle de l'EMG simplifie considérablement l'évaluation de tous ces facteurs qui sont difficiles à prendre en compte dans le domaine temporel.

La représentation fréquentielle par application de la FFT **[Figure 3]** d'un signal électro myopathie **[Figure 3. (b)]**, montre aussi que les fréquences importantes à conserver dans le signal du muscle vont de 20 à 500 Hz. Le spectre du signal abouti montre un son aigu avec une amplitude maximale pour une fréquence de 51.95Hz. Ainsi l'énergie la plus importante est conservée dans la gamme 20 à 200 Hz.

Le troisième cas pour un enregistrement de type neuropathie **[Figure 3. (c)]**, l'application de la FFT, prouve une autre fois que la gamme fréquentielle la plus convenable pour analyser les signaux EMGs est de 20 à 500 Hz. Pour ce type pathologique, le spectre du signal représente un son sourd avec une amplitude maximale pour une fréquence de 85.59 Hz. Ainsi l'énergie la plus importante est conservée dans la gamme 20 à 350 Hz.

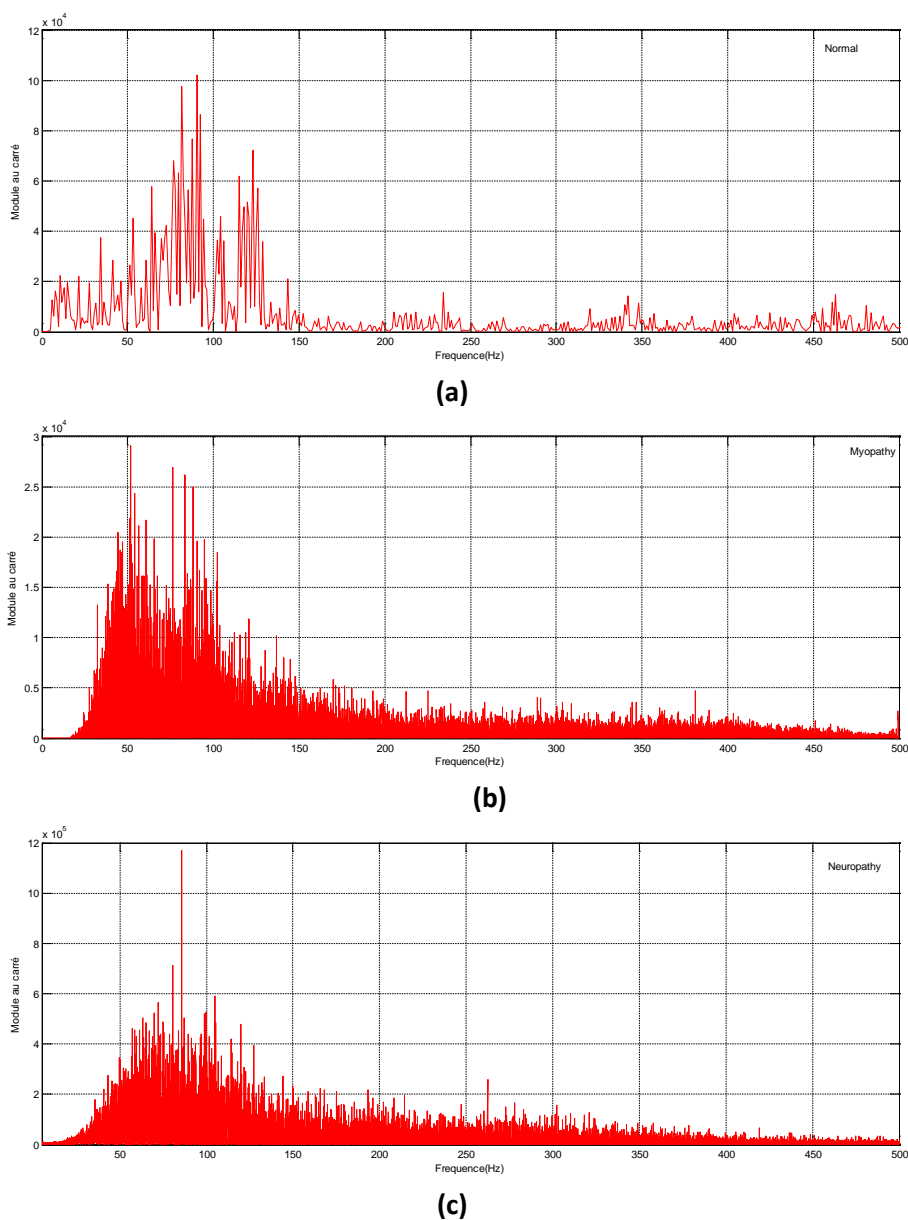


Figure 3: Spectres de fréquences des différents cas étudiés:

(a) cas normal, (b) cas myopathie, (c) cas neuropathie

L'analyse des signaux pathologiques par application de la transformée de Fourier (FFT) peut faire apparaître des dissimilitudes plus ou moins importantes selon la sévérité pathologique.

6. Paramètres fréquentiels d'analyse des signaux EMGs :

A partir d'une représentation fréquentielle par application de la FFT deux indicateurs fréquentiels: la fréquence médiane (FMD) et la fréquence moyenne (FM), sont souvent utilisés pour étudier la vitesse de conduction moyenne des potentiels d'action des unités motrices actives et par suite une bonne estimation pathologique.

La variation fréquentielle de trois différent cas donnée par la **Table 3**, sera représentée par suite sous des histogrammes, ainsi une comparaison entre elle sera effectuée.

Pour ces trois cas étudiés, la valeur de la fréquence médiane (FMD), varie selon le type d'enregistrement entre 44.22 et 92.41 HZ. Pour le cas normal, la valeur de la fréquence médiane (92.41 Hz) représente à-peu-près 2 fois de la valeur² du cas Neuropathie (44.22Hz) et environ de 1.5 de la valeur de la Myopathie (68.89 Hz).

La fréquence moyenne (FM) donnée par : l'équation 3 chapitre II, indique des valeurs plus proches à celles de la fréquence médiane. Le cas normal possède une valeur qui est à-peu-près 120Hz, par contre la valeur du deuxième et troisième cas elle est très inférieure par rapport à celle du cas normal, elle est de 84Hz pour le cas myopathie et 62.5 Hz pour la neuropathie.

La diminution de FMD et FM est attribuée à la réduction de la vitesse de conduction des potentiels d'action sur les enveloppes la fibre musculaire, à la hausse de la synchronisation des unités motrices et de façon plus anecdotique à la baisse de fréquence de décharge des unités motrices [29]

<i>Le signal</i>		<i>Fréquence médiane</i>	<i>Fréquence moyenne</i>
		<i>FMD (Hz)</i>	<i>FM (Hz)</i>
Nnormal	EMG1	92.41	120
Myopathique	EMG2	68.89	84
Neuropathique	EMG3	44.22	62.5

Table III : Paramètres fréquentiels

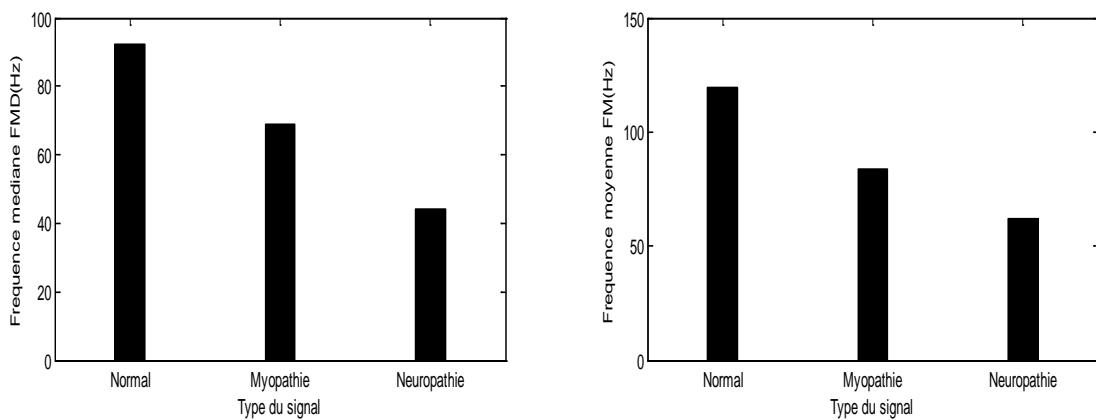


Figure 4 : Histogrammes de l'analyse fréquentielles des signaux EMGs

D'après cette analyse on peut conclure que les huit paramètres retrouvés, présentent des indicateurs pertinents sur le degré de l'évolution de la sévérité pathologique des signaux EMGs.

7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié les différents paramètres temporels et fréquentiels qui peuvent être utilisés dans l'analyse des signaux **EMGs**.

La variation des paramètres temporelles montre que le choix d'électrode et le degré de la contraction musculaire sont primordiales non seulement pour l'acquisition du signal mais aussi pour assurer une bonne qualité du signal.

L'analyse fréquentielle par application de FFT montre que l'énergie la plus importante des EMGs est conservée dans la gamme [20 :500] Hz. Ainsi la fréquence médiane (FMD) et la fréquence moyenne (FM), sont deux indicateurs importants non seulement pour étudier la vitesse de conduction moyenne des potentiels d'action des unités motrices actives mais aussi dans l'estimation de la sévérité pathologique. Leur variation est inversement proportionnelle à l'importance énergétique du signal.

Ces résultats seront utilisés par la suite pour montrer l'importance du transfert, l'analyse et l'interprétation dans le cadre de télémédecine.

1 Introduction :

Dans ce chapitre, et dans un but purement d'aide au diagnostic, il est indispensable de faire appel à des outils puissants basés sur les techniques de traitement, d'analyse et de transmission du signal.

Notre idée de base dérivée du thème proposé, nous a permis de faire quelque chose de nouveau non seulement dans le contexte du traitement des signaux EMGs mais aussi dans le sens de la contribution de télémédecine.

Cette contribution, intervienne dans la fiabilité de la décision et la simplicité de la réalisation.

La réalisation d'un tel projet nécessite en premier lieu tout un cahier de charge selon un certain nombre de critère tel : le traitement numérique du signal, le stockage de l'information et la manipulation des données, afin de satisfaire les objectifs et les besoins de notre application.

En effet, 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. Ces différentes informations nécessitent un espace de stockage tous simplement : implémentions d'une base de donnée, qui sa sera accédée par le médecin à travers des applications d'accès automatique

Dans ce chapitre trois différents environnements ont été exploité : le premier dénommé « MATLAB & Le traitement de signal EMG », Le deuxième dénommé « Microsoft Access 2010»,et le troisième dénommé « Microsoft Visual Basic 2006 »



Figure1: Le cycle de notre projet

2 Description de l'application

Notre application « Centre d'analyse d'EMG » est une simple interface dédiée à traiter un signal EMG et extraire les résultats pertinents aidant le médecin classifié la pathologie dans le champ de sévérité convenable

2.1 Dans les champs de MATLAB :

2.1.1 La page de connexion sécurisé :

Dans cette page le bouton connexion autorise une connexion sécurisé via un mot de passe afin d'accéder à l'interface principale.

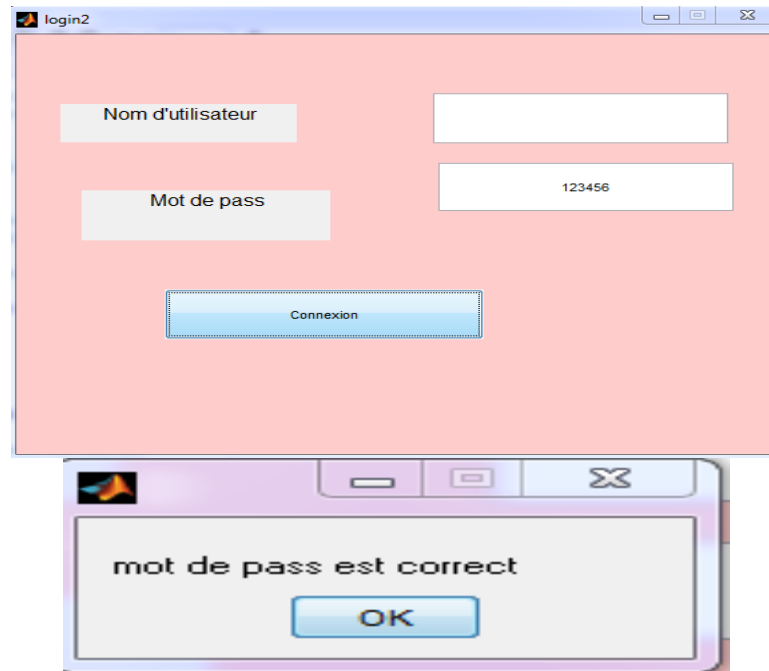


Figure2: Interface d'identification

2.1.2 Page d'accueil :



Figure3 : Interface d'accueil

Dans cette fenêtre [Figure2], l'utilisateur a le choix de démarrer sa tâche directement en cliquant sur le bouton **Bienvenue** pour accéder à la page principale.

2.1.3 Menu principal :



Figure4 : Interface principale

L'interface principale donnée par la **Figure4**, permet le choix d'accéder à une analyse temporelle, afin d'afficher les différents paramètres qui peuvent être un indicateur efficace d'aide au diagnostic ; cliquant sur le bouton **Analyse Temporelle** :

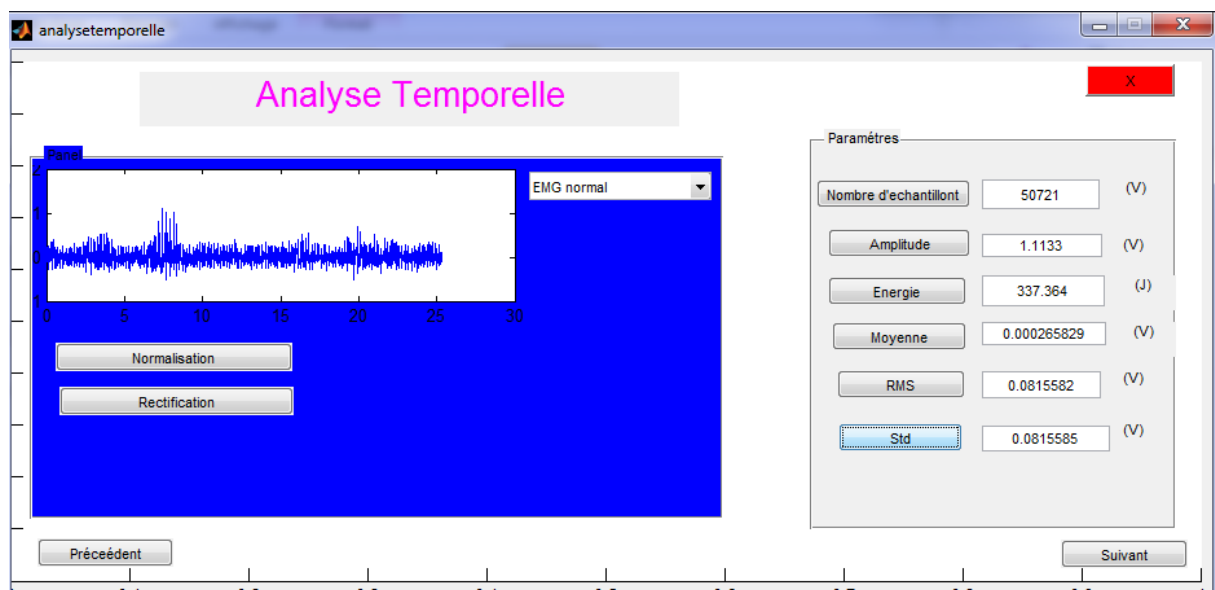
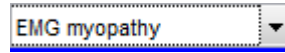


Figure5 : Interface d'Analyse temporelle de signal EMG

Chapitre IV la réalisation d'un plateforme dédié au traitement du signal EMG

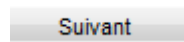
L'interface réalisée comporte deux **panels** :

- le premier panel contient l'affichage de signal choisi à partir d'un **pop_menu** :

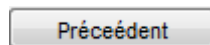


*Le choix d'un signal EMG

- Le deuxième panel contient des différents paramètres qui sont :



* Pour passer à la page suivante



*Pour retourner à la page précédente.

Le bouton **Analyse Fréquentielle** pour accéder à l'analyse fréquentielle du signal EMG par l'affichage de différents paramètres fréquentiels :

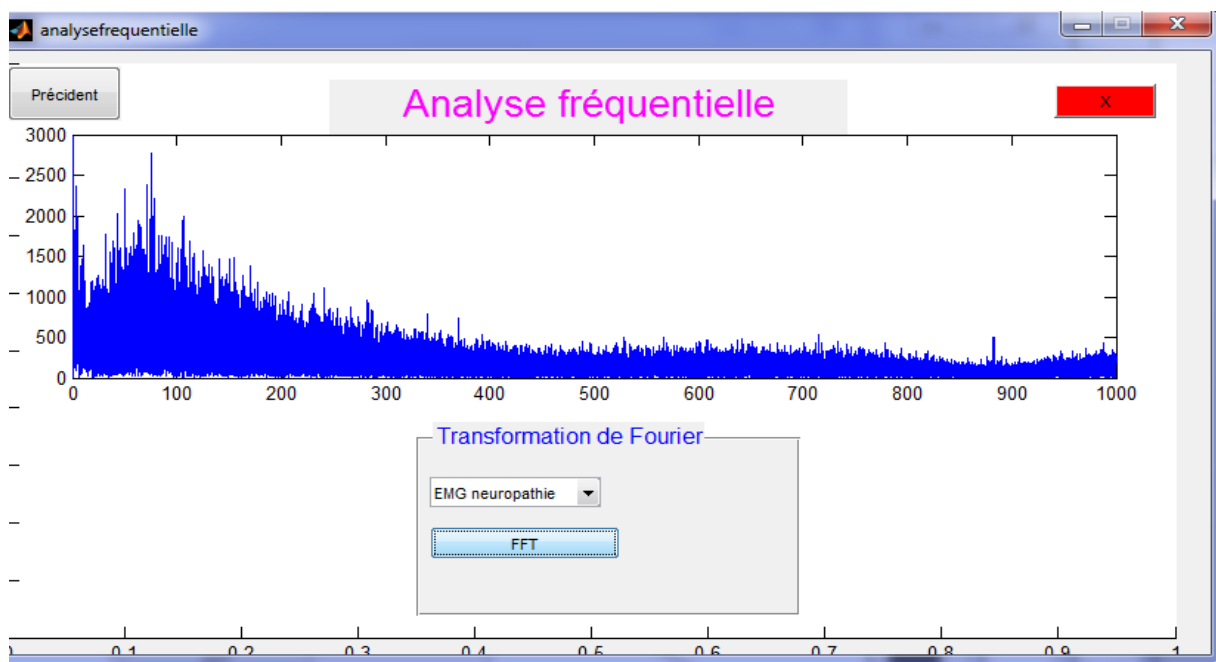



Figure6 : Interface d'Analyse fréquentielle de signal EMG

La remarque que l'analyse temporelle a la différence que le bouton FFT: donne une illustration fréquentielle sur le signal temporel analysé

Le bouton  pour accéder a la documentation sur le signal EMG.

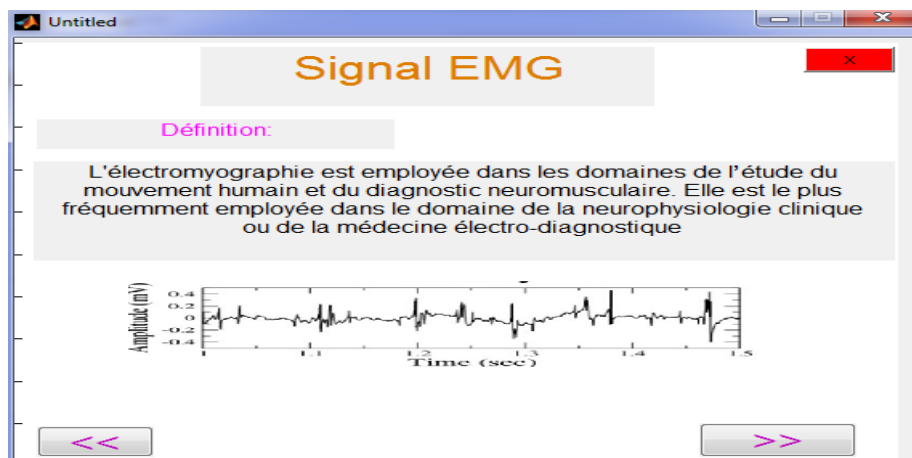




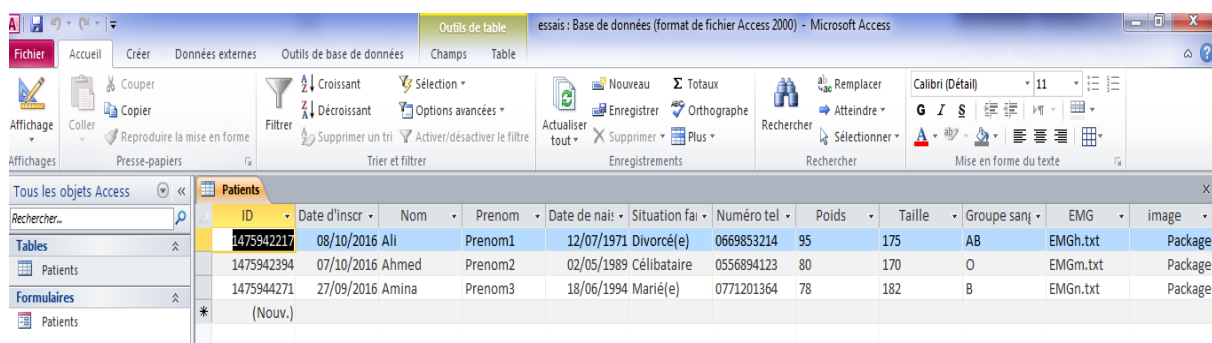
Figure7 : Interface de la documentation

Le bouton  pour retourner a la page précédente

Le bouton  pour faire passer a la page suivante

2.2 Dans le champ Visual basic.6 et Base de donné

Lorsqu'on parle de l'informatisation et du stockage des données « DATA », on parle évidement de : « BASE DE DONNEES », donc l'implémentation d'une base de données est très indispensable pour notre projet. Notre choix est le Microsoft Accès 2010.



ID	Date d'inscr.	Nom	Prenom	Date de na�.	Situation fa.	Numéro tel.	Poids	Taille	Groupe san�.	EMG	image
1475942217	08/10/2016	Ali	Prenom1	12/07/1971	Divorcé(e)	0669853214	95	175	AB	EMGh.txt	Package
1475942394	07/10/2016	Ahmed	Prenom2	02/05/1989	Célibataire	0556894123	80	170	O	EMGm.txt	Package
1475944271	27/09/2016	Amina	Prenom3	18/06/1994	Marié(e)	0771201364	78	182	B	EMGn.txt	Package
(Nouv.)											

Figure8 : table « patients »

2.2.1 Partie médecin généraliste :

2.2.1.1 Interface d'authentification :

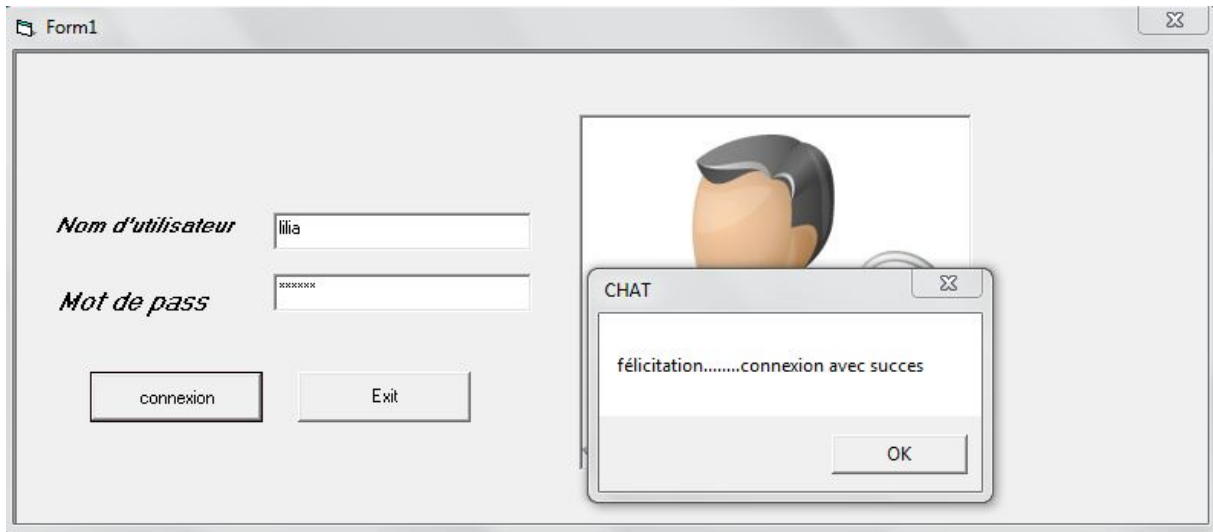


Figure9 : Interface d'identification

2.2.1.2 Menu principale :

Le bouton Télécharger les résultats de l'analyse t de signal EMG : Pour télécharger les résultats obtenus d'analyse du signal EMG patient :

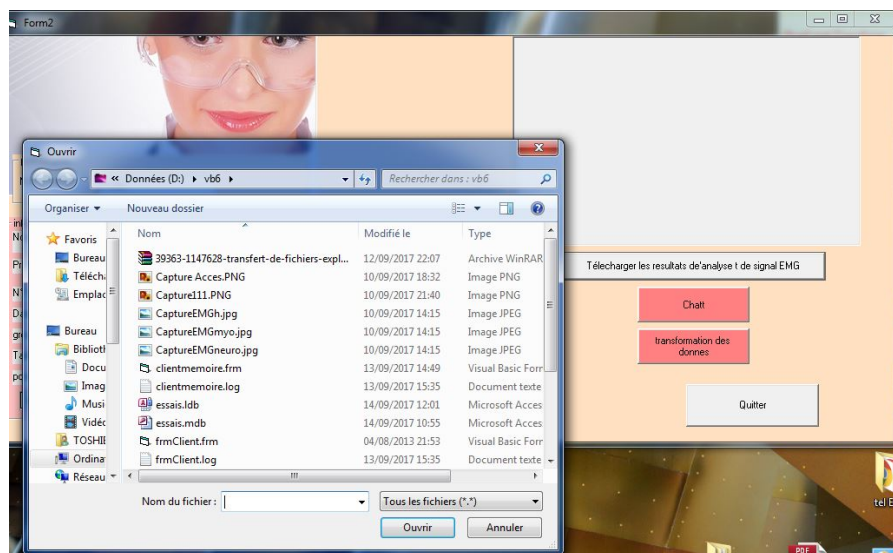


Figure10 : Menu principale du médecin généraliste


information

Nom:	Ali	situation familiale:	Divorcé(e)
Prénom:	Prenom1	Date d'inscription:	08/10/2016
N°Tel:	0669853214		
Date de naissance:	12/07/1971		
group sanguin:	AB		
Taille:	175		
poids:	95		

Adonc2

Figure11 : espace d'information patient

2.2.1.3 Interface chat

Le bouton  permet d'afficher l'interface suivante :

Transmission Internet


Aide Fermer l'aide

IDENTITE	CONNEXION
nom utilisateur: jilia	<input type="radio"/> medecin specialiste
Votre adresse IP: 192.168.1.2	<input checked="" type="radio"/> medecin generaliste
IP contact après connexion: IP vis-à-vis 192.	Adresse IP du medecin: 192.168.1.3
	Port (canal): 12345
	<input type="button" value="Deconnexion"/>


Connecté avec jack

CONNEXION ...
Tentative de connexion n°1
Ok !

Figure12 : Interface de communication

Cette interface permet une communication entre les différents médecins spécialistes et le bouton  pour l'envoi des messages.

2.2.1.4 Interface envoi des donner :

Le bouton  : Pour le transfert des données médicales.

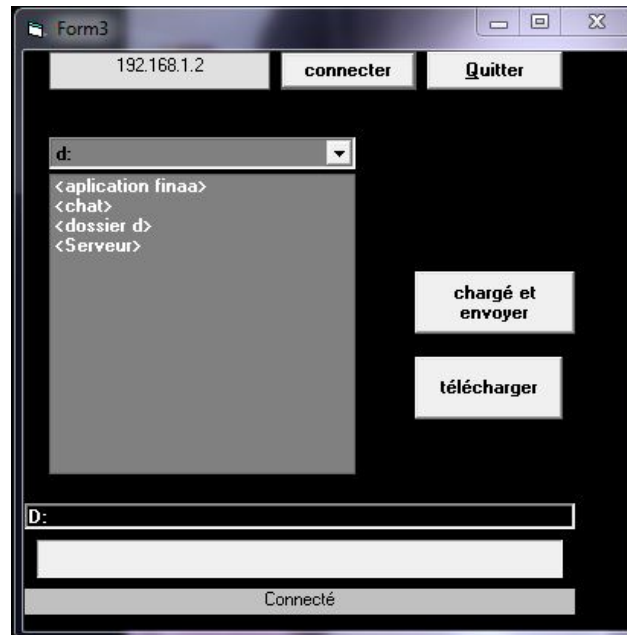


Figure13 : Interface d'envoi de fichier

Après le click sur le bouton  on peut envoyer les données au médecin :

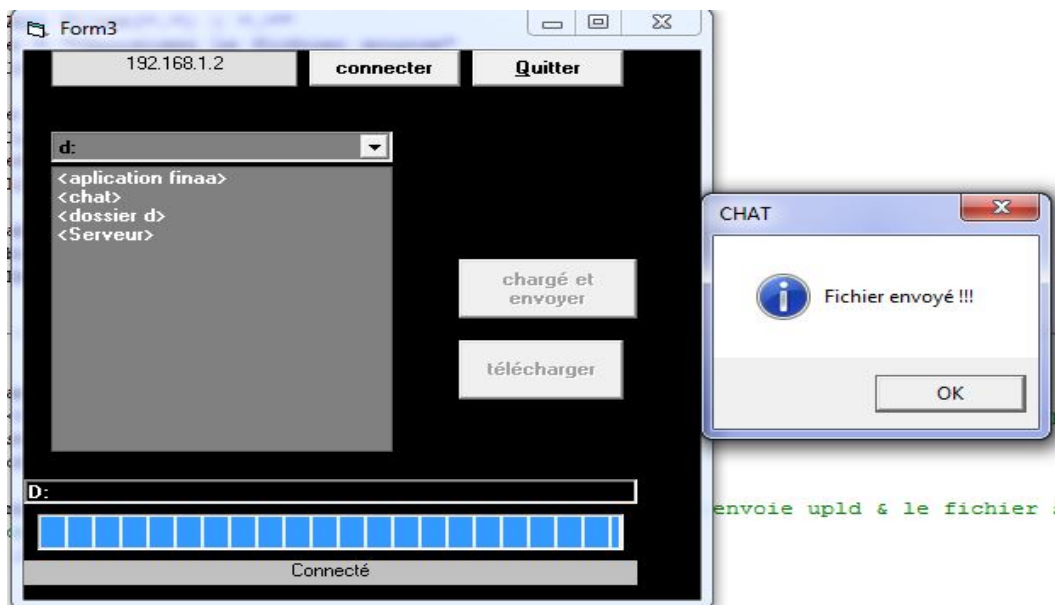



Figure14 : requête d'envoi

Et on peut aussi télécharger des documents à l'aide du bouton  , comme suite :

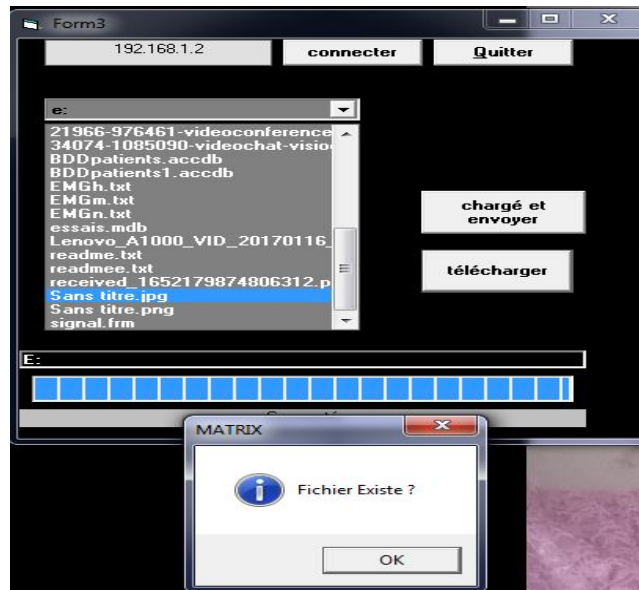


Figure15 : Interface de téléchargement

2.2.2 Partie médecin spécialiste :

2.2.2.1 Interface d'authentification

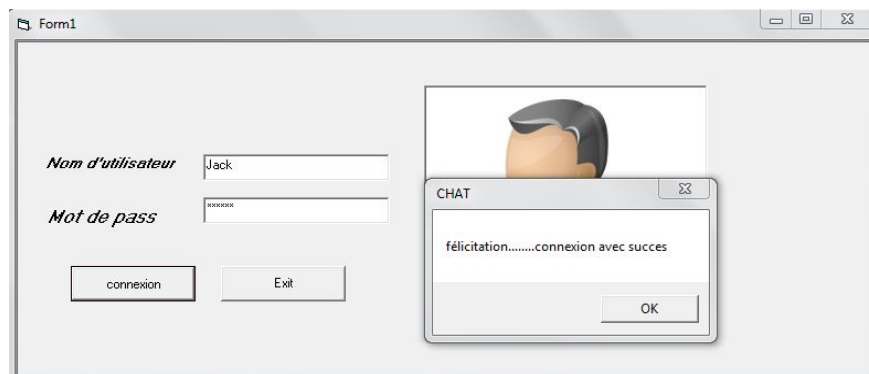


Figure16 : Interface d'authentification

Dans cette partie en introduisant le bon nom d'utilisateur et mot de passe, vous aurez le droit d'accéder au menu principal de l'application.

2.2.2.2 Menu principale :

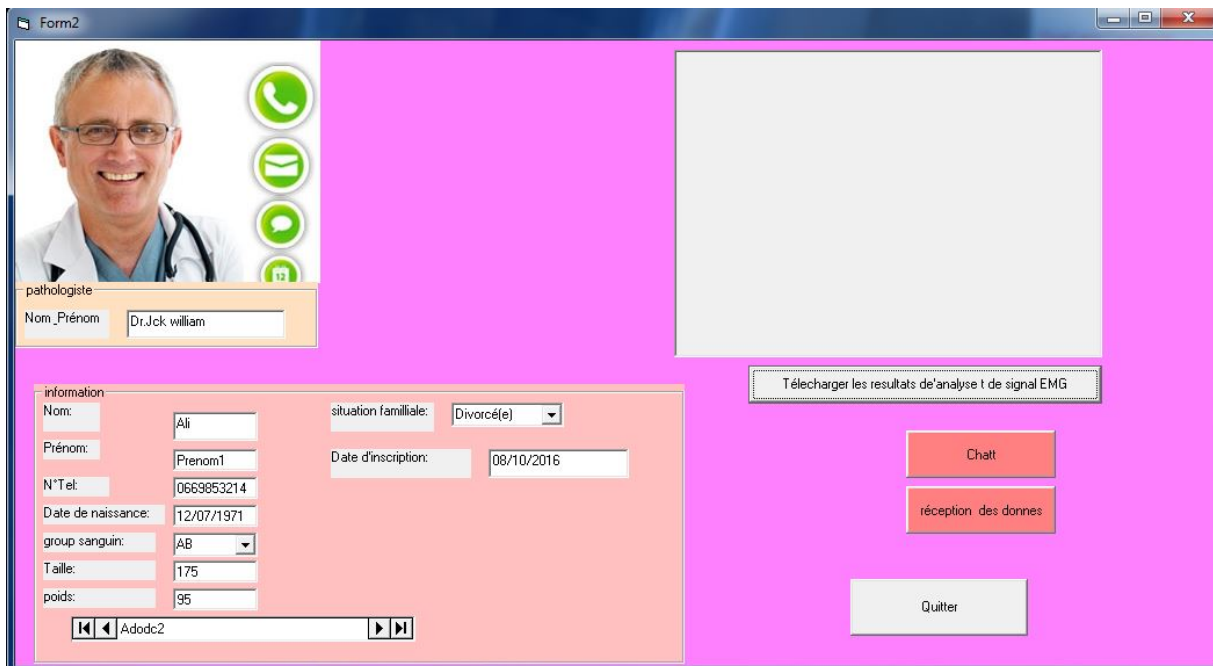



Figure17 : Interface de menu principale

Dans ce dernier [Figure16], le médecin peut gérer sa base de données comme il veut selon les commandes suivantes :

- Chatté :  pour envoyer et recevez les messages entre les médecins quand on appuyer sur cette bouton il s'affiche l'interface suivante :

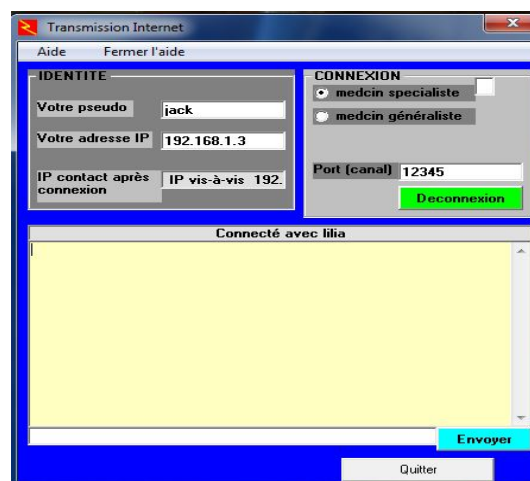





Figure18 : Interface de communication

Le bouton  pour assurer la connexion entre le médecin et le patient.

Le bouton  pour envoyer les messages au médecin.

➤ Transfère des donnes :  pour recevoir les données envoyées par le médecin généraliste, si on click sur ce bouton il s'affiche l'interface suivante :

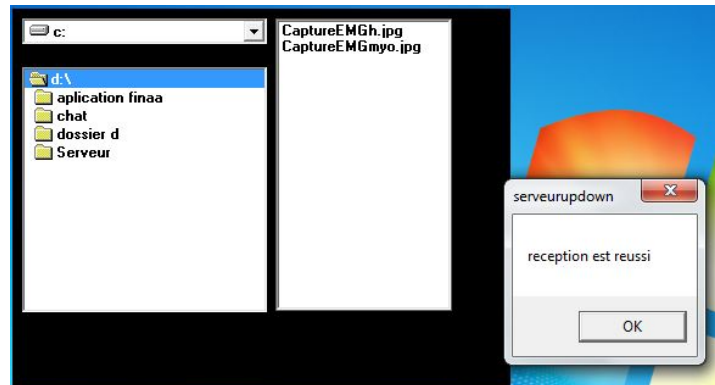


Figure19 : Interface de réception

3 Conclusion :

Ce chapitre a été pour nous, l'occasion de présenter le parcours de notre travail dès le premier moment avec une petite idée vers une application télé médicale.

En effet, un traitement du signal EMG a été réalisé selon un certain nombre de critères tel : le traitement numérique du signal, le stockage de l'information et la manipulation des données.

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

Conclusion générale

Le développement de la télémédecine à porter des grands bénéficient aux médecines l'un de ces dernières c'est le réduit le nombre des patients pris en charge et aide le médecine à la décision et le diagnostic.

Dans ce cadre l'objectif de notre travail est de réaliser une plateforme dédiée au traitement numérique de signal EMG afin de transmit les données médicaux a distant via un réseau sans fil, au but d'établir un diagnostic adéquate.

La plateforme assuré le transfert des données médicales (signal EMG) ainsi que un espace de communication et d'enregistrement pour la conversation entre les médecins d'une part et le stockage des données médicales d'une autre part. Ces différents paramètres nécessitent une sécurisation qui se fait par un espace d'authentification afin de le transférer le cette dernière, elle se fait par un espace d'authentification afin de les transférer via un réseau.

En fin, comme perspectives, notre application est un essai pour montrer que la télémédecine n'est pas limitée au sens d'un transfert des données quelconque mais elle reste une discipline de base soit pour la médecine soit pour la technologie.

Toutes les explications nécessaires pour qu'ils puissent faire des applications plus complexes et plus dynamiques et plus riches, et nous espérons d'aider le médecin et la santé en générale.

BIBLIOGRAPHIE:

- [1] <https://www.freeletics.com/fr/knowledge/notre-musculature-les-trois-types-de-muscles>)
- [2]<https://fr.wikipedia.org/wiki/Muscle>
- [3]Pr ,Koeing, muscle squelette .2003
- [4] Propriétés des fibres musculaires squelettiques. 1. Influence de l'innervation motrice F. Bacou, P. Vigneron.
- [5]Rüegg J.C. Muscle contraction: Molecular and cellular physiology. Chap 46 in Comprehensive Human Physiology, Springer-Verlag Berlin Heideberg., 1: 935-957, 1996..
- [6]Merletti R. Rainoldi A. Farina D. Surface electromyography for noninvasive characterization of muscle. Exerc. Sport Sci. Rev., 29(1): 20–25, 2001.
- [7] Lindstrom L, Magnusson R: Interpretation of myoelectric power spectra : a model and its applications. *ProcIEEE*1977;65: 653-62.
- [8]Conception d'un électromyogramme. Jean-Daniel Coud.
- [9] Norris, A.C., Essentials of Telemedicine and Telecare.November 2001 ed.2002, London: John Wiley &Son.Ltd.178P.
- [10] Perednia.D.A and Allen, Telemedicine technology and application JAMA, 1995.273:p.483-8
- [11]P. STAB, «Téléconsultation en psychiatrie: évaluation d'une expérience originale dans le haut-pays niçois», *Thèse de doctorat en Médecine de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 2001.*
- [12]Francis Cottet, Aide-mémoire dans traitement de signal ,2005
- [13] H. Cao , Modalisation et évaluation expérimentale de la relation entre le signal EMG de surface et la force musculaire.
- [14] Merletti R, and De Luca CJ.New techniques in surface electromyography. In: Computer-aided Electromyography and Expert systems, Desmedt JE (Ed), Elsevier, Amsterdam, pp.115–124, 1989
- [15] Kaplanis PA, Pattichis CS, Hadjileontiadis LJ, and Roberts VC. Surface EMG analysis on normal subjects based on isometric voluntary contraction. *J ElectromyogrKinesiol* 19: 157-171, 2009

- [16] Lo Conte LR, and Merletti R. Advances in processing of surface myoelectric signals: Part 2. *Med BiolEngComput* 33: 373-384, 1995.
- [17] Bonato P, Roy SH, Knaflitz M, and De Luca CJ. Time-frequency parameters of the surface myoelectric signal for assessing muscle fatigue during cyclic dynamic contractions. *IEEE Trans Biomed Eng* 48: 745-753, 2001.
- [18] Hostens I, Seghers J, Spaepen A, and Ramon H. Validation of the wavelet spectral estimation technique in biceps brachii and brachioradialis fatigue assessment during prolonged low-level static and dynamic contractions. *J ElectromyogrKinesiol* 14: 205-215, 2004.
- [19] Yassierli Y, and Nussbaum MA. Logarithmic power-frequency: An alternative method for EMG-based fatigue assessment. In *Proceedings of the 47 th annual human factors and ergonomics conference, Denver, USA*, 1184–1188, 2003.
- [20] Merletti R, Knaflitz M, and DeLuca CJ. Electrically evoked myoelectric signals. *Crit Rev Biomed Eng* 19: 293-340, 1992
- [21] Cohen L. *Time-frequency analysis*, Prentice-Hall Ed, New Jersey, 1995.
- [22] *James M. Gilchrist Neurophysiology of Neuromuscular Transmission and Its Disorders* 2007.
- [24] Dumitru D. *Electrodiagnostic medicine*, Hanley and Belfus Ed, Philadelphia, 1995
- [25] Lindstrom L, Petersen I : Power spectrum analysis of EMG signals and its applications. In :Desmedt JE : *Computer-aided electromyography. ProgClinNeurophysiol*1983 : 1-51.
- [23] DaubeJR :Electrophysiologic studies in the diagnosis and prognosis of motor neuron diseases. *NeuroClin* 1985 ; 3 : 473-93.
- [24] Di Fabio RP. Reliability of computerized surface electromyography for determining the onset of muscle activity. *PhysTher*67: 43–48, 1987.
- [25] Fuglevand AJ, Winter DA, and Patla AE. Models of recruitment and rate coding organisation in motor-unit pools. *J Neurophysiologie* 70: 2470-2488, 1993

[26]site web : orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/158546/2/Cours%203%20EMG.pptx

[27] Analyse du signal électromyographique pour la caractérisation d'individus et la discrimination de population par Jean-Yves Hogrel 1994]

[28]Lindstrom L, Broman H: A model describing the power spectrum of myoelectric signals. Part III: summation of motor unit signals. *Res Lab Med Electr* 1974; 9 : 74.

[29] (Dumitru et al 1999, Hermens 1996, Arendt-Nielsen & Mills 1985, Lindström&Magnusson 1977).