



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour obtenir le Diplôme de

MASTER en Génie Biomédical

Spécialité : Informatique Biomédicale

Présenté par : HAMIDI Houda et MAACHOU Khadidja

**TRANSFERT DES SIGNAUX BIOLOGIQUE SUR
UN TERMINAL MOBILE POUR LA
TELESURVEILLANCE MEDICALE**

Soutenu le 15 juin 2015 devant le Jury

M.	MANAA MOHAMMED	MCA	Université de Tlemcen	Président
M.	MERZOUGUI Rachid	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
M.	BOUKLI Hacen Ismail	MCA	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2014-2015

Remerciements

Nos remerciements s'adressent d'abord à **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce travail.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr MERZOUGUI, nous le remercions pour son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

On adresse, aussi, nos remerciements à Mr MOUSSAOUI pour son aide et ses conseils.

On remercie particulièrement Monsieur MANAA Mohammed qui nous a fait l'honneur de bien vouloir accepter de présider le jury de notre soutenance.

Nous tenons vivement à exprimer notre profonde reconnaissance aux Professeurs BOUKLI Hacem Ismail, qui nous a fait l'honneur de bien vouloir juger ce travail.

Enfin nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mon père, qui n'a jamais cessé de m'encourager et de me soutenir. Je le remercie infiniment d'être pour moi un exemple de persévérance, de foi en l'avenir, et d'ambition. Vous avez tout fait pour ma réussite, Que Dieu te gardes et te protèges.

Ma mère pour son soutien inconditionnel ses sacrifices, sa tendresse, son amour infini que Dieu la garde.

Mon cher frère pour son encouragement pour leur soutien et leurs sacrifices depuis toujours, dans mes études et dans la vie en générale.

Mes chères sœurs qui ne cessent pas à m'entourer de joie et du sourire et qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficiles.

Le petit ange de famille *Joude* qui nous comble de joie.

Mon binôme MAACHOU Khadidja.

Et je n'oublier pas mes chère amies, en souvenir des agréables moments qu'ont à passé ensemble.

Houda

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Que ce travail soit l'expression de ma reconnaissance pour vos sacrifices consentis, votre soutien moral et matériel que vous n'avez cessé de prodiguer.

Aussi, Pour son aide, son encouragement et sa disponibilité.

Vous avez tout fait pour ma réussite. Que dieu les garde et les protège.

Mes deux sœurs

Vous étiez toujours présents pour m'aider et m'encourager.

Sachez que vous serez toujours dans mon cœur.

Mon binôme HAMIDI HOUDA.

Ma chère amie Amina

Tout mes ami(e)s.

A tous mes professeurs et ceux qui ont contribué à

la réussite de ce travail

Tous ceux qui me sont chers.

Tous ceux qui m'aiment.

Tous ceux que j'aime.

KHADIDJA

Résumé

La technologie des objets mobiles communicants (capteurs, Smartphones, netbooks, etc.) est en plein essor. La vision est d'exploiter ces types des terminaux dans de nombreux domaines tels que la télémédecine, la domotique...

Dans ce contexte, nous proposons une application mobile de la télésurveillance médicale destinée aux patients à distance. Elle permet le transfert immédiat d'un ensemble de signaux biologiques (ECG, EMG, EEG) sur un terminal mobile entre les acteurs médicaux tout en assurant la mobilité, la sécurité permanente et la prise en charge des personnes à risque.

Mots clés

Télémédecine, Télésurveillance, ECG, EEG, EMG, mobile.

Abstract

The technology of communicating mobile objects (sensors, Smartphone's, net books, etc.) is booming. The vision is to exploit these kinds of devices in many areas such as telemedicine, home automation ...

In this context; we propose a mobile medical monitoring for Remote patients. It enables the immediate transfer of a set of biological signals (ECG, EMG, and EEG) on a mobile terminal between medical actors while ensuring mobility, permanent security and support for people at risk.

Keywords

Telemedicine, remote monitoring, ECG, EEG, EMG, Mobile.

Table des matières

Remerciement	2
Dédicaces	3
Résumé	5
Abstract	5
Table des matières	6
Liste des figures	8
Liste des tableaux	10
Glossaire	11

Introduction générale	13
-----------------------------	----

Premier Chapitre:
Contexte de recherche.

1.1 – Introduction	14
1.2 – Télémédecine	14
1.2.1 – Les apports et les enjeux de la télémédecine	16
1.2.2 – Les freins au développement	17
1.3 – La télésurveillance médicale	18
1.3.1 – Objectif	18
1.3.2 – Principe	19
1.3.3 – Standards pour les communications mobiles	19
1.3.3.1 – Réseaux sans fil	19
1.3.3.2 – Réseaux d'accès radio mobiles	20
1.3.3.3 – Réseaux Internet	21
1.3.4 – Différents types de télésurveillance médicale	22
1.3.5 – Enjeux de la télésurveillance	22
1.4 – Conclusion	24

Second Chapitre:
Signaux biologiques.

2.1 – Introduction	25
2.2 – Electrocardiogramme (ECG)	25
2.2.1 – Cycle cardiaque	25
2.2.2 – Electrocardiogramme de surface	26

2.2.2.1 – Différentes déflexions de l'ECG	26
2.2.2.2 – Intervalle de l'ECG.....	27
2.2.3 – Quelques cas pathologiques	28
2.3 – Electroencéphalographie (EEG)	30
2.3.1 – Origine.....	30
2.3.2 – Mode d'acquisition.....	30
2.3.3 – Différentes ondes d'un EEG	32
2.4 – Electromyogramme (EEG)	35
2.4.1 – Acquisition d'un signal EMG.....	35
2.4 – Conclusion.....	37

Troisième Chapitre:

Service mobile de télésurveillance médicale.

3.1 – Objectif.....	39
3.2 – Etude technique.....	39
3.2.1 – Données de base.....	39
3.2.2 – Cahier des cahrges	39
3.2.3 – Fonctionnalités.....	39
3.2.4 – Environnement de développement	40
3.3 – Bilan d'analyse	41
3.3.1 – Support des réseaux.....	41
3.3.1.1 – Technologie d'accès mobile	41
3.3.1.2 – Communication via internet.....	41
3.3.1.3 – Système des terminaux.....	42
3.4 – Plateforme proposée pour la télésurveillance	42
3.4.1 – Description de l'application.....	43
3.4.2 – Présentation des interfaces.....	44
3.4.3 – Mode d'emploi du programme.....	46
3.4.3.1 – Configuration minimale.....	46
3.4.3.2 – Diffusion du logiciel.....	46
3.4.3.3 – Installation du programme	46
3.4.3.4 – Résultats et discussion.....	47
3.5 – Conclusion	57

Conclusion générale.....	59
Bibliographie.....	60

Glossaire

A

ARM: Archives and Records Management

ASCII: American Standard Code for Information Interchange

B

BPM: Battements Par Minute

C

CLDC: Connected Limited Device Configuration

CAN : Conversion Analogique/Numérique

E

ECG: Electrocardiogramme

EEG: Electroencéphalogramme

EMG: Electromyogramme

ESA : Extrasystoles Auriculaires

ESV: Extra systole Ventriculaire

ESA : Extrasystoles Auriculaires

ESJ: Extrasystoles Jonctionnelles

G

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile communications

H

HTTP: Hypertext Transfer Protocol

I

IP: Internet Protocol

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers

J

J2ME : Java 2 Micro Edition

M

MIDP : Mobile Information Device Profile

MMAPI : Mobile Media APIs

N

NTIC : Nouvelle Technologies de l'Information et de la Communication

O

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P

PDC: Personal Digital Cellular

T

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

TCP: Transmission Control Protocol

U

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

W

Wi-fi: Wireless Fidelity

WTK: Wireless Toolkits

WMA: Wireless Messaging APIs

WPAN: Wireless Personal Area Networks

Introduction générale

Au cours des dernières années, l'usage croissant des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le champ de la médecine et de la santé fut accompagné par une éclosion de concepts. Depuis des années, la télémédecine a utilisé les TIC pour soigner les patients à distance. Avec l'apparition du concept de la télésurveillance mobile, la télémédecine devient un outil de communication et de diagnostic pour aider les médecins dans leur travail.

Le travail effectué dans le cadre de ce projet de fin d'études consiste à développer un service mobile de télésurveillance qui répond aux objectifs et aux besoins de la télémédecine. Il s'agit d'un transfert à distance des signaux biologique sur l'écran du Smartphone via la technologie radio mobile.

Cette étude a été menée en trois étapes, correspondant aux trois chapitres de ce document. Ils concernent successivement **(I) le contexte de recherche**, **(II) Les signaux biologique**, **(III) Service mobile de télésurveillance médicale**.

- *Le premier chapitre* de ce document, a pour but de situer le contexte de ce projet et ses enjeux. Il met en évidence le concept de base de la télémédecine et ses catégories en précisant la télésurveillance.
- *Le second chapitre* présente des généralités sur l'ensemble des signaux biologiques (ECG, EEG et EMG).
- *Enfin, le dernier chapitre* expose notre application mobile qui consiste à transférer le flux des octets des signaux *ECG, EEG et EMG* via le support sans fil pour la télésurveillance.

1.1- Introduction

Notre projet de fin d'étude exploite les terminaux mobiles pour le domaine de télémédecine, et plus particulièrement la télésurveillance médicale. Dans ce chapitre nous précisons le contexte de la télémédecine, en mettant en évidence les différents organismes, standards et les technologies existantes.

1.2- Télémédecine

La télémédecine est un concept général qui couvre différentes applications en rapport avec la santé. Selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS), la télémédecine couvre l'utilisation d'informations et de techniques de communication dans les systèmes de santé pour des soins donnés directement ou indirectement [1].

Autrement dit la télémédecine est l'utilisation des nouvelles techniques de l'information, de la communication pour des applications médicales. Cela implique l'acquisition des données leur stockage ou leur transmission en temps réel ou non, par réseaux avec ou sans fil, la fusion et le traitement automatique des informations [2].

La *télémédecine* ne remplacera jamais le contact immédiat médecin malade mais vient de s'ajouter aux outils du médecin au service du patient [3].

L'objectif de la télémédecine est d'assurer à distance des soins de qualité comparables à ceux pratiqués dans les centres urbains. Plus récemment, la télémédecine a connu des développements visant à résoudre des problèmes d'organisation sanitaire comme l'accès des personnes habitant dans des endroits isolés aux consultations des spécialistes, réduction des coûts de la sécurité sociale par la télésurveillance au domicile des malades chroniques à la place des longues périodes d'hospitalisation [4].

En générale la télémédecine est la consultation et la surveillance des patients en utilisant des systèmes qui donnent un accès rapide et facile à l'expert médical et au patient quelle que soit la localisation du patient et de l'expert (*figure 1.1*) [2].



Figure 1.1 – la Plateforme de service de la télémédecine

La télémédecine comprend plusieurs catégories d'applications (*Figure 1.2*) [1] :

➤ **Télesurveillance**

Cette catégorie permet l'enregistrement télémétrique, généralement au domicile, de paramètres physiologiques ou ciblant l'environnement ou le comportement d'un patient, transmis en suite aux praticiens concernés.

➤ **Téléconsultation**

Elle est très utile pour obtenir un deuxième avis d'un autre médecin pour des cas de pathologies complexes qui apparaissent rarement ou qui présentent des risques élevés. Elle peut aussi intervenir pendant une opération.

➤ **Téléassistance** Aide thérapeutique directe apportée à distance au patient, c'est une conséquence possible de la téléconsultation.

➤ **Téléformation**

Les professionnels de la santé qui sont déjà formés peuvent continuer leur formation par ce moyen qui est fortement lié aux technologies de l'information et de la communication.

➤ **Télé-chirurgie :**

C'est la manipulation de matériel médical et chirurgical, contrôlée à distance par le praticien sur le patient (appelée aussi télémanipulation) [5].



Figure 1.2 : Les types d'application de la télémédecine

1.2.1- Les apports et les enjeux de la télémédecine

La télémédecine s'impose déjà à travers l'usage d'outils comme le téléphone et la télécopie. Les progrès actuels des NTIC appliquées au domaine médical (imagerie médicale, débits de transmission, convivialité des systèmes, etc.) et la miniaturisation des dispositifs, ouvrent des perspectives d'une part, pour le développement de la télémédecine en termes d'accroissement et d'autre part pour l'efficacité, la qualité des soins, le partage des connaissances et de réduction des coûts de santé publique [5], [6].

La télémédecine présente des enjeux importants en termes d'aménagement du territoire et d'égal accès aux soins. Elle permet en effet de faciliter l'accès de la population à des soins de proximité de qualité, de gérer les pénuries de personnels médicaux et de renforcer le rôle d'établissements parfois isolés, en particulier les hôpitaux locaux [7].

Il convient de résumer les principaux enjeux auxquels ces applications de télémédecine peuvent apporter des solutions :

Pour les patients, la télémédecine permet d'améliorer la qualité des soins grâce à l'expertise possible à distance et, par conséquent, à la réduction des délais de prise en charge diagnostique et thérapeutique, elle permet également de répondre au problème d'isolement géographique en assurant l'égalité d'accès aux soins [5].

Pour les personnels de santé, sont moins isolés, mieux encadrés et coordonnés grâce aux avis de spécialistes, leurs pratiques en sont optimisées. Une accessibilité au dossier du patient pour optimiser l'avis donné, une baisse des coûts de déplacement des médecins (consultations avancées), ainsi d'assurer un niveau de compétence optimal, une meilleure qualité des pratiques professionnelles [8].

Pour les pouvoirs publics, la télémédecine fait office de levier d'optimisation des soins. Elle permet également de maintenir des dispositifs sanitaires dans des zones isolées et ainsi de mieux suivre les patients atteints de maladie chronique.

Finalement la télémédecine revêt un intérêt économique par la réduction des coûts liés aux transferts inutiles de patients.

1.2.2 - Les freins au développement

La résistance au changement constitue un premier frein, en effet la télémédecine modifie en profondeur les organisations médicales habituelles de prise en charge des patients, et la manière de réaliser les actes médicaux. Ainsi, les médecins qui ont reçu depuis plusieurs générations la tradition d'une médecine clinique réputée, au contact direct avec le malade, ont des difficultés à envisager la médecine à distance avec l'aide des technologies numériques [9].

Le deuxième frein est d'ordre financier. Les difficultés à financer les projets, que ce soit en termes d'investissement (matériel, gestion de projet), ou en termes de fonctionnement pérenne des organisations mises en place, ainsi que la mise en place de services techniques de qualité suffisante pour l'exercice de la télémédecine est indispensable mais encore difficile.

La nécessité d'évaluation des dispositifs mis en place fait l'objet d'un autre frein, puisque ces évaluations sont complexes, coûteuses, longues, présentent des difficultés méthodologiques et demandent des outils spécifiques parfois difficilement accessibles.

Une autre crainte est celle de la fuite des compétences médicales des centres de soins les plus isolés. La délocalisation d'opérations médicales est en effet accompagnée du risque de regroupement des meilleurs spécialistes dans quelques grandes unités. Au niveau méthodologique, l'hétérogénéité des besoins de chaque praticien et patient impose de développer des applications et services à un degré de compatibilité et d'interopérabilité important. Leur efficacité dépend d'une bonne gestion de la grande quantité d'informations générées, la précision dans les calculs numériques et de l'adaptation de services développés au contexte de l'environnement mobile [5].

1.3 - Télésurveillance médicale

1.3.1 - Objectif

La télésurveillance médicale, est une dimension de la télémédecine qui vise à redonner une vie autonome, dans leur milieu non hospitalier, à des personnes souffrant de diverses pathologies et handicaps qui devraient normalement les contraindre à une hospitalisation ou à un placement en institution spécialisées : patients souffrants de certaine maladie chronique, handicapés, mais aussi personnes âgées dépendantes.

La mise en place des systèmes de télésurveillance médicale à distance permet aux personnes de vivre chez elles le plus longtemps et le plus indépendamment possible, dans un environnement de confort et de sécurité. L'objectif est de détecter, voire de prévenir des situations inquiétantes ou critiques par la génération d'un ensemble de messages et d'alarmes sur la situation de la personne. Les techniques de détection reposent sur l'analyse de données issues d'un ensemble de capteurs installés à distance [5].

1.3.2- Principe

La *télesurveillance médicale* d'une personne s'appuie sur un système d'information global comprenant les éléments suivants :

- 1) **Un ensemble de capteurs** installés dans l'habitat ou portés par la personne, reliés en réseaux pour la collecte en temps réel de données ainsi qu'un ensemble d'appareillages automatiques (domotique) afin d'adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives.
- 2) **Une unité locale de traitement** Elle assure le stockage et le traitement des signaux reçus des capteurs. Cette unité gère également une base de connaissances relative à la personne télé surveillée ainsi que l'émission de messages et d'alarmes.
- 3) **Un centre de télé-vigilance** pour le traitement des messages et d'alarmes reçus à distance.
- 4) **Un ensemble d'acteurs** (personnel médical, personne télé-surveillée et membres de sa famille) peuvent accéder à tout moment, après authentification, aux données du système, au niveau de l'unité locale de traitement.

La télémédecine exploite plusieurs standards de communications mobiles pour transférer les données médicales entre les différents acteurs médicaux. Ce qui va être détaillé dans cette section (le point 1.3.3).

1.3.3 - Standards pour les communications mobiles

1.3.3.1- Réseaux sans fils

Les réseaux locaux sans fil connaissent actuellement un succès très important et leur nombre croît très rapidement au sein des entreprises et du grand public. Ils offrent en effet une flexibilité largement supérieure aux réseaux filaires.

Il existe plusieurs familles de réseaux locaux sans fil, nous citons en particulier le **Wifi (IEEE 802.11)**, le **Bluetooth (IEEE802.15.1)**, le **Zeegbee (IEEE 802.15.4)**.

Wifi (IEEE 802.11)

Le Wifi (Wireless Fidelity) est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil WLAN, Grâce au Wifi il est possible de créer des réseaux locaux sans

fiels à haut débit pour peu que l'ordinateur à connecter ne soit pas trop distante par rapport au point d'accès [10].

Bluetooth (IEEE 802.15.1)

La technologie Bluetooth a été implémentée à l'origine par Ericsson. Elle permet des communications par onde radio à courte distance (10m) entre plusieurs appareils (imprimantes, téléphones portables, scanners...) avec une faible consommation d'énergie.

Les applications de cette norme vont du marché de la téléphonie mobile en passant par les équipements informatiques. Elle est bien adaptée aux communications en temps réel [11].

Zig Bee (IEEE 802.15.4)

Le zig Bee est un protocole permettant d'obtenir des liaisons sans fil à très bas prix et avec une très faible consommation d'énergie, ce qui la rend particulièrement adaptée pour être directement intégrée dans de petits appareils électroniques (appareils électroménagers, jouets,...) [12].

1.3.3.2- Réseaux d'accès radio mobiles

Les progrès technologiques dans le domaine des réseaux de télécommunications mobiles, on vu l'apparition des technologies numériques au début des années 1990, en Europe (GSM), au Japon (PDC) et aux Etats Unis (PCS) [12].

GSM (2G) :

Le réseau GSM constitue au début du 21ème siècle le standard de téléphonie mobile le plus utilisé en Europe. Il s'agit d'un standard de téléphonie dit «de seconde génération» (2G) car, contrairement à la première génération de téléphones portables, les communications fonctionnent selon un mode entièrement numérique.

La norme GSM autorise un débit maximal de 9,6 kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes (SMS) ou des messages multimédias (MMS) [13].

GPRS

Le standard **GPRS** est une évolution de la norme GSM, permet d'étendre l'architecture du standard GSM, afin d'autoriser le transfert de données par paquets [14]. Sur la base de service

GPRS le client peut être toujours en ligne et les données provenant des capteurs peuvent être envoyées vers le centre médical à tout moment et de n'importe quel endroit [15].

UMTS (3G)

Cette norme UMTS est une évolution de la deuxième génération à la troisième génération (3G). Elle constitue une voie royale pour le développement de produits et de services multimédias. Les technologies développées autour de cette norme conduisent à une amélioration significative des services et des vitesses de transfert. Cette amélioration des débits est rendue possible grâce à l'évolution des technologies radio qui autorisent une meilleure efficacité spectrale et l'exploitation de bandes de fréquences supérieures à celles utilisées par la technologie GSM [16].

1.3.3.3- Réseaux Internet

Dans les réseaux *Internet*, les données qui y circulent sont divisées en *paquets*. Ces derniers sont acheminés par un protocole appelé *IP/TCP*.

- a. **Protocole IP** C'est un des protocoles les plus importants d'Internet car il permet l'élaboration et le transport des paquets de données (datagramme), En réalité, le protocole IP traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition.

Le protocole IP détermine le destinataire du message grâce à 3 champs :

- Le champ adresse IP : adresse de la machine
- Le champ masque de sous-réseau : un masque de sous-réseau permet au protocole IP de déterminer la partie de l'adresse IP qui concerne le réseau
- Le champ passerelle par défaut : Permet au protocole Internet de savoir à quelle machine remettre le datagramme si jamais la machine de destination n'est pas sur le réseau local.

- b. **Protocole TCP**

TCP est un protocole de transport orienté connexion. Il permet de fournir un flux d'octets fiable assurant l'arrivée des données sans altérations et dans le bon ordre, avec retransmission des paquets.

1.3.4- Différents types de télésurveillance médicale

Il est possible de séparer les fonctions pouvant théoriquement être satisfaites par un système de télésurveillance en 3 types [17]:

1) **TELETEST-TELEMAINTENANCE**

Les capteurs équipant le matériel d'assistance technique médicale du malade sont "testés" continuellement par l'intermédiaire de l'équipement informatique à domicile. Dès qu'il apparaît une anomalie, le centre serveur est averti et une équipe technique intervient immédiatement pour régler ou réparer le capteur ou l'appareillage. L'équipement informatique à domicile peut être équipé d'une carte de commande d'un système de télé-réglage des différentes fonctions de l'appareillage, ce qui évite tout déplacement de techniciens.

2) **TELEALARME**

Dès que les capteurs décèlent une situation critique du malade ou de l'appareillage, une alarme est transmise instantanément au centre serveur, qui immédiatement en retour, télé-teste les appareils et déclenche l'alarme auprès du médecin traitant, ou du personnel du centre serveur selon le type d'alarme.

3) **TELEMONITORAGE**

Il permet de recueillir à distance des informations sur le fonctionnement de l'appareillage et sur l'état du patient. Ainsi, si certains malades ne respectent pas, pour des raisons diverses, les durées du traitement, ce type de télésurveillance permet de renseigner rapidement le médecin prescripteur.

1.3.5- Enjeux de la télésurveillance

Les principales fonctionnalités nécessaires à la mise en place de systèmes de télésurveillance médicale à domicile sont la perception, l'analyse, le stockage et la transmission de données et d'informations relatives à la personne télé-surveillée.

Les enjeux sont clairs [18], [19]:

- ✓ Réduire au maximum certaines inégalités d'accès aux soins, pour les usagers en situation d'isolement.

- ✓ Donner une réponse organisationnelle et technique aux nombreux défis épidémiologiques (augmentation du nombre de patients souffrant de maladies chroniques), de démographique des professionnels de santé (inégaie répartition des professionnels sur le territoire national) et économiques (contrainte budgétaire) auxquels fait face le système de santé aujourd'hui.

Cinq sous-systèmes clés du développement des systèmes d'informations pour les services de soin à domicile ont été identifiés [20]:

Système de surveillance local: il s'agit d'un réseau local au domicile pour l'enregistrement téléométrique de données relatives à une personne par l'intermédiaire de capteurs.

Système d'analyse de données: la grande quantité de données collectées nécessite la conception d'assistants intelligents pour l'extraction d'informations pertinentes permettant la génération de messages et d'alarmes, l'aide au diagnostic et à la décision.

Système de base de données: les données collectées ou les informations extraites doivent être stockées et accessibles pour leur consultation ou leur mise à jour.

Système d'interfaces: les données et informations issues de la télésurveillance et de l'analyse des données collectées doivent être facilement accessibles aux différents acteurs du système.

Système de communication: il s'agit de permettre l'interopérabilité des quatre sous systèmes précédents à travers un réseau médical qui relie l'habitat du patient, les centres hospitaliers, les centres de télé-vigilance et plus généralement les différents acteurs du système.

La complexité de ces systèmes réside dans le nombre d'acteurs impliqués, la diversité des techniques informatiques utilisées aux différents niveaux d'enregistrement, le stockage, l'analyse et la transmission des données. On peut citer également la quantité croissante des données collectées, la personnalisation de leur traitement dans le contexte de chaque patient, la difficulté de modélisation de l'état de santé d'une personne. Les difficultés de ces analyses sont en particulier liées à l'hétérogénéité des données collectées, aux facteurs d'influence agissant par fois fortement sur les paramètres observés, ainsi qu'aux dépendances mutuelles de ces paramètres [21].

1.4- Conclusion

Nous avons présenté un aperçu sur la télémédecine et ses enjeux, en précisant ses catégories d'applications, plus particulièrement la télésurveillance médicale. Cette dernière exploite actuellement, les nouvelles technologies de l'information, c'est ce qu'on appelle les TICs (Technologie de l'Information et de Communication).

L'objectif fixé dans ce projet est de développer un service mobile de transfert des signaux biologiques à distance pour une application de télésurveillance. Avant d'entamer cette application, il est nécessaire de parcourir une variété de notions et des problèmes liés aux signaux biologiques tels que l'ECG, l'EEG et l'EMG.

2.1- Introduction

Les signaux physiologiques sont des grandeurs physiques prélevées sur le corps humain au moyen de capteurs appropriés. Ils sont détenteurs d'informations relatives à l'état physiopathologique du patient. Leur traitement revêt un caractère informationnel primordial, permettant d'aider le médecin dans son diagnostic et de le guider dans sa thérapeutique. Nous présentons dans ce chapitre une description des signaux physiologiques suivants : l'Electrocardiogramme (ECG) de l'activité électrique du myocarde, l'Electroencéphalogramme (EEG) de l'activité neuronal et l'Electromyogramme (EMG) de l'activité musculaire.

2.2- Electrocardiogramme (ECG)

L'électrocardiographie traite l'étude de l'activité électrique des muscles du cœur. L'acquisition du signal ECG indolore et non invasive, s'effectue à travers d'électrodes cutanées, convenablement réparties sur le corps humain, et sensible au potentiel électrique qui commande l'activité musculaire du cœur. Cette acquisition peut s'effectuer en milieu hospitalier ou bien de façon ambulatoire, le patient vaquant alors à ses activités quotidiennes [22].

2.2.1- Cycle cardiaque

Chaque battement du cœur entraîne une séquence d'événements mécaniques et électriques collectivement appelés cycle cardiaque. Celui-ci consiste en trois étapes majeures : La systole auriculaire, la systole ventriculaire et la diastole [23].

1. **La Systole auriculaire** : les oreillettes se contractent et projettent le sang vers les ventricules. Une fois le sang expulsé des oreillettes, les valvules auriculo-ventriculaires entre les oreillettes et les ventricules se ferment. Ceci évite un reflux du sang vers les oreillettes.
2. **La Systole ventriculaire** : implique la contraction des ventricules expulsant le sang vers le système circulatoire. Une fois le sang expulsé, les deux valvules, pulmonaire à droite et aortique à gauche se ferment.
3. **La diastole** : est la relaxation de toutes les parties du cœur, permettant l'emplissage passif des ventricules et l'arrivée de nouveau sang.

2.2.2- Electrocardiogramme de surface

L'électrocardiogramme est la représentation graphique du potentiel électrique qui commande l'activité musculaire du cœur.

L'ECG se présente alors comme une suite de déflexions (onde électrique) séparées par des intervalles, correspondant, chacune, à une phase de fonctionnement du cœur.

2.2.2.1- Différentes déflexions de l'ECG

L'ECG enregistre, successivement, la dépolarisation et la repolarisation auriculaires, puis la dépolarisation et la repolarisation ventriculaire. Lorsque le système d'acquisition est mis en fonctionnement, apparaît une succession de déflexions (*Figure 2.1*), séparées par des intervalles, qui ont une terminologie bien précise [22].

Onde P : Déflexion correspondant à la dépolarisation des oreillettes droite et gauche.

Onde Ta : déflexion correspondant à la repolarisation des oreillettes habituellement non visible.

Complexe QRS : Ensemble des déflexions correspondant à la dépolarisation des ventricules.

Onde T : Déflexion correspondante a la repolarisation ventriculaire.

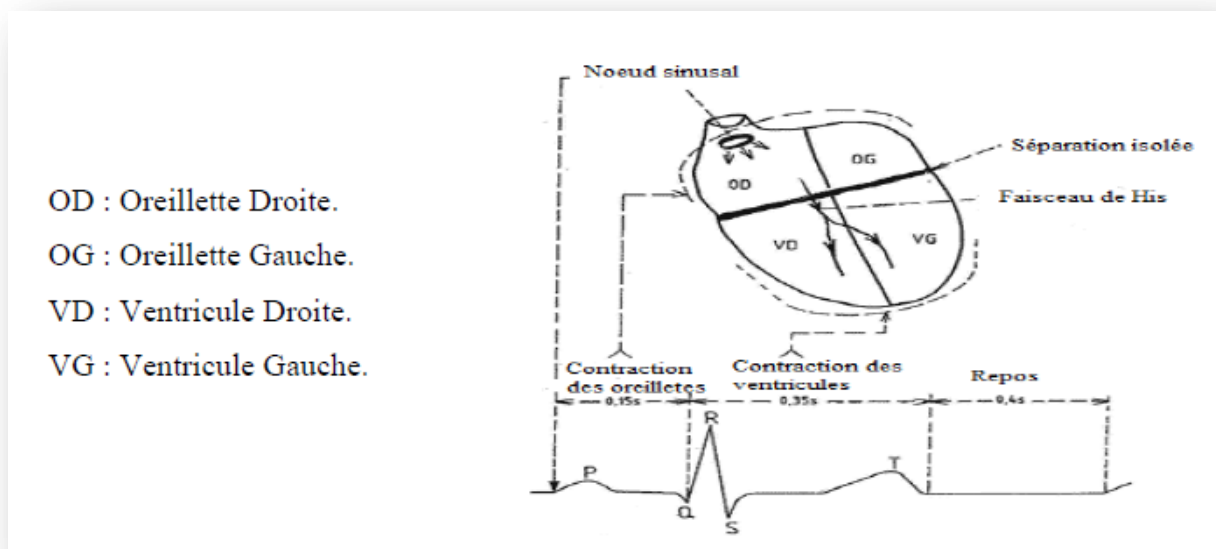


Figure 2.1 : Différentes déflexions de l'ECG

2.2.2.2- Intervalle de l'ECG

Les différents phénomènes précédemment cités se retrouvent dans l'allure du signal électrique issu du système d'acquisition de l'ECG, le signal se décompose alors comme suit [23] :

- ✚ **Intervalle PR ou PQR** : correspond au temps de conduction auriculo-ventriculaire (de début de l'onde P au début du complexe QRS).
- ✚ **Intervalle ST ou RST** : Il sépare la fin de la dépolarisation (fin du complexe QRS) et le début de la repolarisation ventriculaire (début de l'onde T).
- ✚ **Intervalle QT** : Il s'agit de la distance entre le début du complexe QRS et la fin de l'onde T, englobant la dépolarisation et la repolarisation ventriculaires.
- ✚ **Intervalle RR** : Cet intervalle désigne le temps entre deux ondes R successives, la facilité de la détection de l'onde R donne l'importance de cet intervalle qui sert à mesurer la fréquence cardiaque.

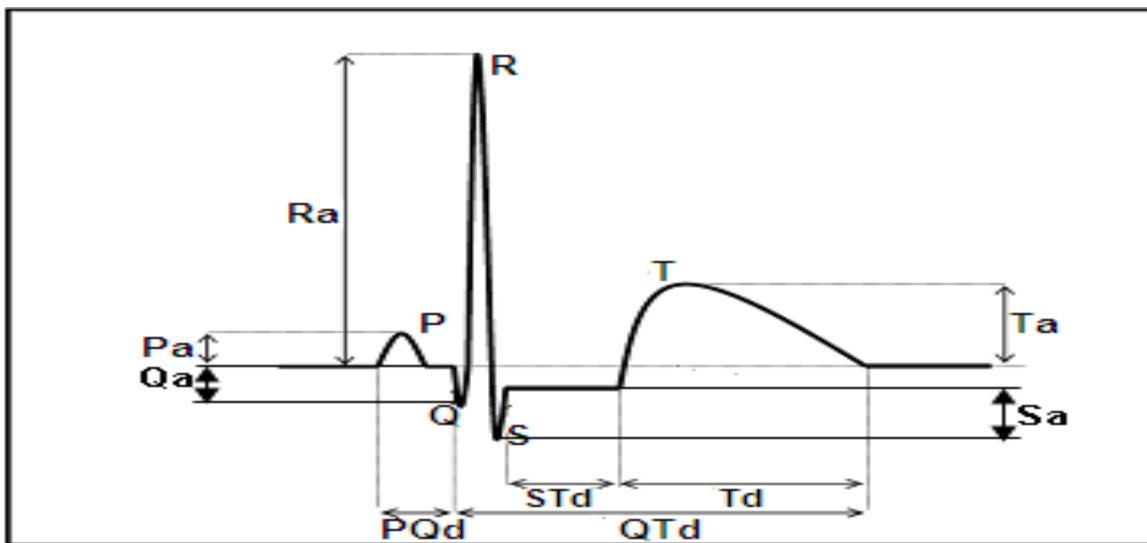


Figure 2.2 : Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement

Les valeurs des paramètres de la figure (*Figure 2.2*) couramment constatées chez l'adulte en bonne santé sont présentées dans le tableau suivant (*TAB. 2.1 (a et b)*) :

	Onde P	Intervalle PQ	Complexe QRS	Intervalle ST	Intervalle QT	Onde T
Durée (S)	(Pd) 0.08-0.1	(PQd) 0.12-0.2	0.08	(STd) 0.20	(QTd) 0.36	0.2
Amplitude (mV)	(Pa) 0.25	Isoélectrique : 0	Qa<0, Ra>0, Sa<0	Isoélectrique : 0	-	Ta>0

TAB. 2.1.a

Type d'onde	Origine	Amplitude (mV)	Durée (Sec)
L'onde P	Dépolarisation artérielle	$\leq 0.2\text{mV}$	Intervalle : P-R 0.12 – 0.22
L'onde R	Repolarisation et dépolarisation ventriculaire	1.60	0.07 – 0.1
L'onde T	Repolarisation des ventricules	0.1 – 0.5	Intervalle : Q-T 0.35 – 0.44
Intervalle S – T	Contraction ventriculaire		Intervalle : S-T 0.015 – 0.5

TAB. 2.1.b

TAB.2.1 5 (a) et (b) : Valeurs habituelles des différents paramètres caractérisant un battement cardiaque

Cet outil de diagnostic permet de détecter les pathologies cardiaques rythmiques, musculaires, les problèmes extracardiaques métaboliques, médicamenteux, hémodynamiques et autres [24].

2.2.3- Quelques cas pathologiques

Cette section décrit brièvement les différentes pathologies cardiaques susceptibles d'être repérées en étudiant le signal ECG. L'objectif, ici, n'est pas d'analyser précisément leurs origines et leurs conséquences sur le fonctionnement cardiaque, ni de décrire les traitements que ces pathologies nécessitent, mais simplement de mettre en relation certaines observations anormales du trace ECG avec les pathologies les plus courantes.

➤ ***Bradycardie***

La fréquence cardiaque peut être modifiée par de multiples facteurs, la plupart non cardiaque: alimentation, sportivité, etc. Chez un sportif entraîné en endurance la fréquence cardiaque peut être proche de 30 battements/mn sans que cela soit anormal. Pour le reste de la population on parle de *bradycardie*. Dans ce cas, le rythme cardiaque est inférieur à 60 battements par minute [25].

➤ ***Tachycardie***

Comme il a été mentionné auparavant, la présence d'un battement *ESV* n'indique aucune pathologie particulière mais leurs nombres successifs peuvent créer une tachycardie ventriculaire. Elle est caractérisée par le fait que la fréquence soit supérieure à 100 bpm.

➤ ***Extrasystole Ventriculaire (ESV)***

Les *ESV* sont des battements anormaux, ils s'observent sur quasiment tous les enregistrements. La présence d'un *ESV* n'indique aucune pathologie particulière, mais si, de façon récurrente, leur nombre par minute est supérieur à 6, elles peuvent être un signe précurseur d'une tachycardie ventriculaire, qui, elle constitue une pathologie majeure [26].

➤ ***Extrasystoles Auriculaires (ESA)***

La pathologie *ESA* n'est pas aussi inquiétante que la précédente (*ESV*) mais l'apparition fréquente de celle-ci sur le signal *ECG*, peut être gênante. Elle est interprétée sur un tracé par le fait de non régularité des distances entre les pics R. Qui veut dire donc, que la distance (nombre d'échantillons) entre deux pics R successifs soit supérieure aux autres distances (nombre d'échantillons) compris entre les autres pics [26].

➤ ***Extrasystoles Nodales ou Jonctionnelles (ESJ)***

On dit qu'il y a une présence d'une *ESJ* si le complexe QRS est très fins, de morphologie identique au tracé en rythme sinusal, sans onde P ou avec une onde P dite rétrograde. Elle peut être située avant le complexe QRS, noyée dedans ou placée juste après, entre le QRS et l'onde [26].

2.3- Electroencéphalographie (EEG)

L'électroencéphalographie est l'enregistrement de l'activité électrique du cerveau. Il représente la transcription sous forme d'un tracé des variations dans le temps des potentiels électriques recueillis sur la boîte crânienne en différents points du scalp. On réserve le nom d'électrocorticogramme au tracé obtenu lorsque les électrodes sont placées directement sur le cortex et l'on parle de stéréo électroencéphalographie lorsque les électrodes sont implantées directement dans les structures cérébrales.

2.3.1- Origine

Les diverses manifestations électriques globales enregistrées sur le scalp proviennent des activités électriques des cellules nerveuses sous-jacentes.

Les variations de potentiels ainsi enregistrées et leur sommation sont aléatoires. Cependant l'observation de rythmes s'explique par l'existence de phénomènes de synchronisation de certaines populations de neurones présentant une similitude architectonique et fonctionnelle.

2.3.2- Mode d'acquisition

Nous décrivons ici la chaîne d'acquisition d'un électroencéphalogramme et la visualisation à l'aide d'un appareil informatisé tel que celui qui est disponible en salle de travaux pratiques. En effet, dans les conditions cliniques, l'électroencéphalogramme est réalisé à partir d'un grand nombre de dérivations dont le but est de montrer l'organisation spatiale de l'activité électrique corticale, vérifier sa symétrie droite-gauche, et surtout détecter et localiser une éventuelle anomalie « focale », qu'il s'agisse d'une souffrance cérébrale due par exemple à une ischémie d'origine vasculaire, ou d'un foyer comitial (épilepsie).

L'instrumentation utilisée en EEG peut être schématisé comme suit :

➤ Les capteurs

On distingue trois types d'électrodes *Electrodes conventionnelles*, *Electrodes aiguilles* et *Electrodes cupules*.

➤ **Les chaînes d'amplification**

Les amplificateurs EEG sont construits de telle façon que lorsque le potentiel de la première électrode est négatif par rapport à celui de la seconde, la plume dévie vers le haut.

➤ **Les filtres**

Les potentiels générés par le cerveau varient au cours du temps et forment des rythmes. Les rythmes cérébraux sont caractérisés par des fréquences comprises entre **0,5 à 80**.

➤ **Le système d'inscription**

La plume transcrit sur le papier les variations de potentiel en fonction du temps. L'échelle de temps utilisée a pour unité la seconde.

➤ **Les montages**

On appelle « **montage** » la combinaison qui fait correspondre à deux électrodes un amplificateur et un système d'inscription, c'est à dire une voie (ou dérivation).

✚ **Le système 10-20**

Dans le système 10-20 la position d'une électrode est spécifiée par sa proximité avec des régions cérébrales (F pour frontal, C pour central, T pour temporal, P pour pariétal, O pour occipital) ainsi que sa position sur un plan latéral (vue de dessus, nez vers le haut : impair pour le coté gauche, pair pour le coté droit et accompagné de la lettre z pour la ligne médiane) (*Figure 2.3*). Les positions sont calculées en termes de distances relatives (10 ou 20 pourcent) par rapport à deux axes principaux : l'axe antérieur – postérieur (du nasion à l'inion, le vertex est à mi-distance) et l'axe coronal (des points auriculaires gauches à droit, le vertex est à mi-distance) [27].

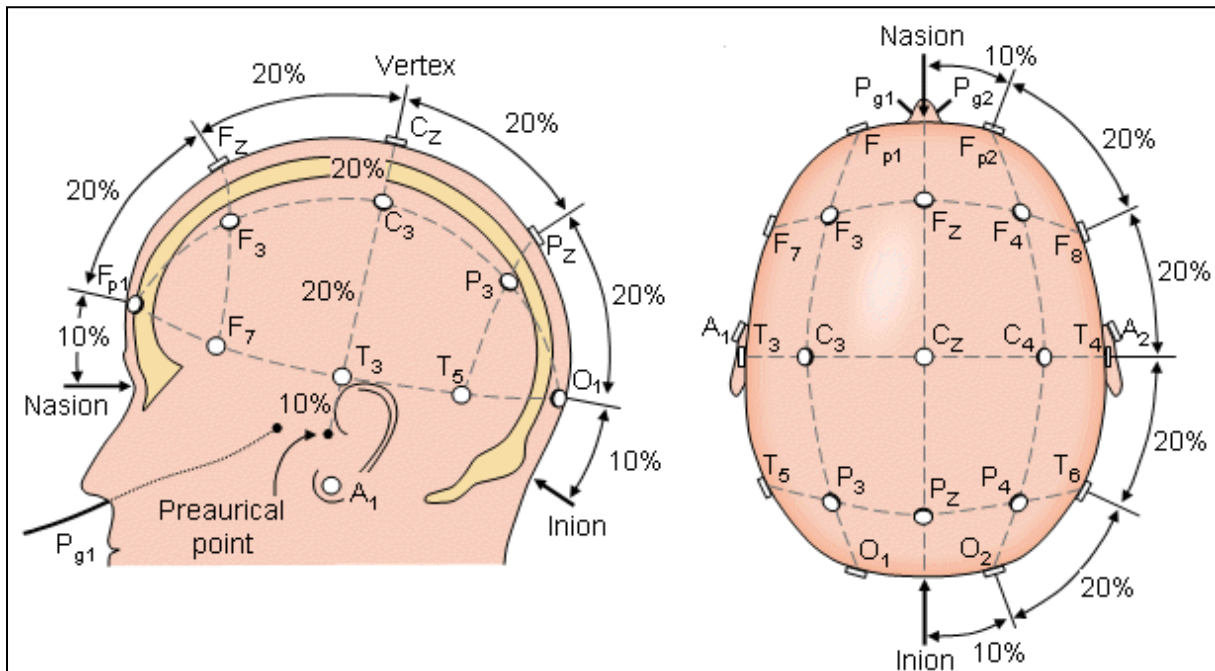


Figure 2.3 : Système international 10-20 de Jasper

Les signaux ainsi obtenus présentent des oscillations plus ou moins régulières en fonction de la synchronisation des cellules corticales. Leurs amplitudes sont de l'ordre de 10 à 200 μV et leurs fréquences vont typiquement de 0.5 à 50 Hz.

2.3.3- Différentes ondes d'un EEG

Le signal EEG permet d'enregistrer les activités rythmiques du cortex cérébral sous forme d'onde, on distingue 5 catégories principales d'ondes EEG en fonction de leurs rythmes et amplitudes (**TAB.2.2 et Figure 2.4**) [28]:

1. **Les ondes bêta** : ondes rapide, présente à l'éveil (yeux ouverts). Elles apparaissent de manière symétrique sur la tête et leurs amplitudes sont faibles (**Figure 2.4.a**).

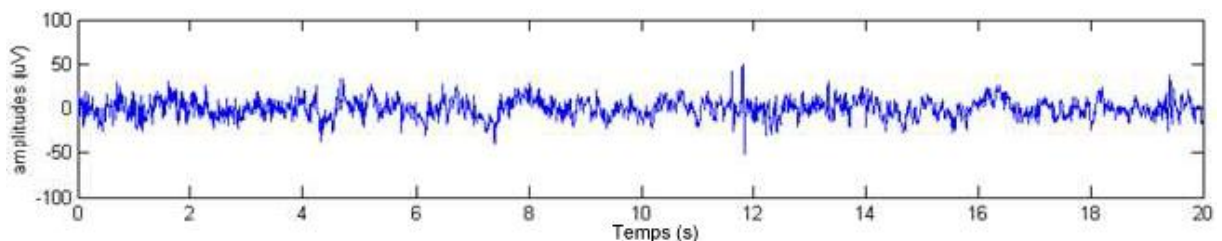


Figure 2.4.a : Rythme bêta

2. **Les ondes sigma** : est particulier puisqu'il correspond à un micro évènement spécial du sommeil appelée fuseau (en anglais sleepspindle) (**Figure 2.4.b**).

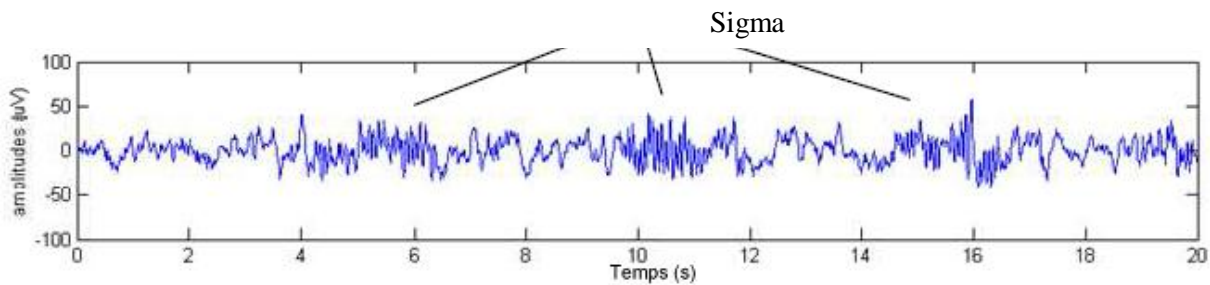


Figure 2.4.b : Rythme sigma

3. **Les ondes alpha** : est une activité normale d'un adulte à l'éveil, mais il est surtout présent lorsque l'individu se relaxe et garde les yeux fermés. Il apparaît simultanément des deux cotés de la tête généralement plus vers l'arrière qu'à l'avant, et est donc mieux visualisé sur un EEG occipital (Oz-Al) que sur un EEG central (Cz-Al). Il disparaît dès que le sujet ouvre les yeux ou en cas d'activité mentale (**Figure 2.4.c**).

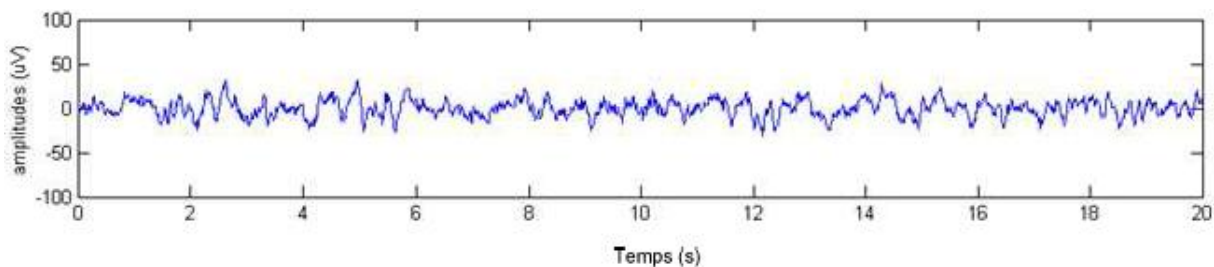


Figure 2.4.c : Rythme alpha

4. **Les ondes thêta** : peut aussi bien être normale qu'anormale en fonction de l'âge et de la pathologie de la personne. En effet, elle est tout à fait naturelle s'il s'agit d'un adulte et que celui-ci est endormi. Par contre, si ce dernier est parfaitement éveillé, la présence d'onde thêta peut être le signe d'un dysfonctionnement du cerveau (**Figure 2.4.d**).

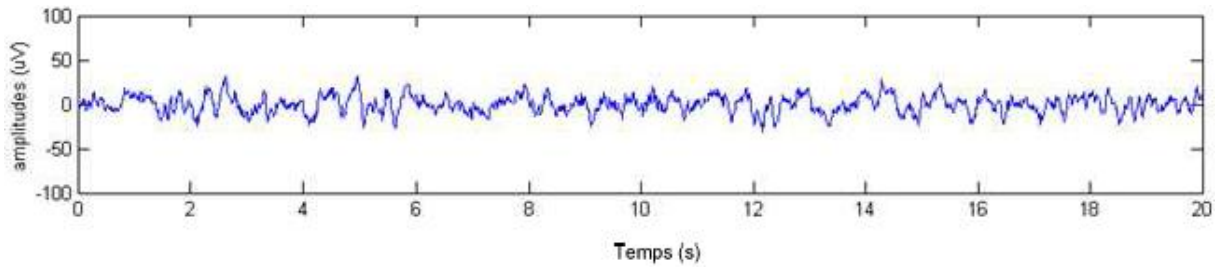


Figure 2.4.d : Rythme thêta

5. **Les ondes delta** : n'est normale que si l'individu est plongé dans un sommeil profond. Les ondes correspondantes présentes alors des amplitudes généralement plus élevées que pour toutes les autres ondes et sont plus marquées sur un EEG frontal (Fp1-A1) que central (Cz-A1) (**Figure 2.4.e**).

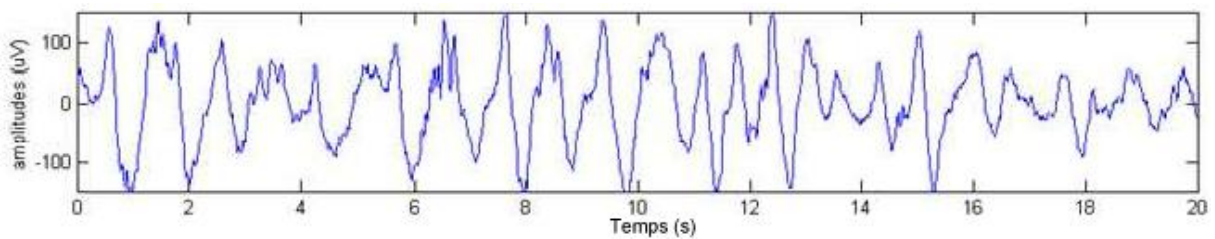


Figure 2.4.e : Rythme delta

Le tableau suivant rassemble les fréquences et amplitudes des différentes ondes du signal EEG.

Ondes	Fréquence (Hz)	Amplitude (μV)
Delta	0.5 – 3	20-200
Thêta	3 – 8	5-100
Alpha	8 – 12	20-60
Sigma	12 – 14	5-100
Beta	14 – 45	2-20

TAB. 2.2 : Caractéristiques des différentes ondes du signal EEG

2.4- Electromyocardiogramme (EMG)

Le signal EMG est un outil précieux pour le diagnostic médical. Il doit être bien interprété par le médecin pour lui faciliter la tâche. Il est impératif de s'assurer d'une bonne acquisition et d'un bon traitement en vue d'extraire les informations nécessaires et pertinentes. Ces informations conjointes aux signes cliniques contribuent certainement à préciser le diagnostic en vue de prescrire un traitement adéquat au patient [29].

2.4.1- Acquisition d'un signal EMG

Une fois l'acquisition du signal EMG faite, différents traitements numériques peuvent être prévus tel que l'amplification et le filtrage de différents bruits pouvant affecter le signal EMG (*Figure 2.5*).

L'électromyographie présente l'intérêt d'être une méthode non invasive ; elle détecte l'activité musculaire sans placer le patient dans un champ magnétique intense et sans injection d'un produit radioactif. En effet ; l'emploi de simples électrodes de surface par exemple suffit pour l'acquisition du signal utile.

L'instrumentation utilisée en EMG peut être schématisée comme suit :

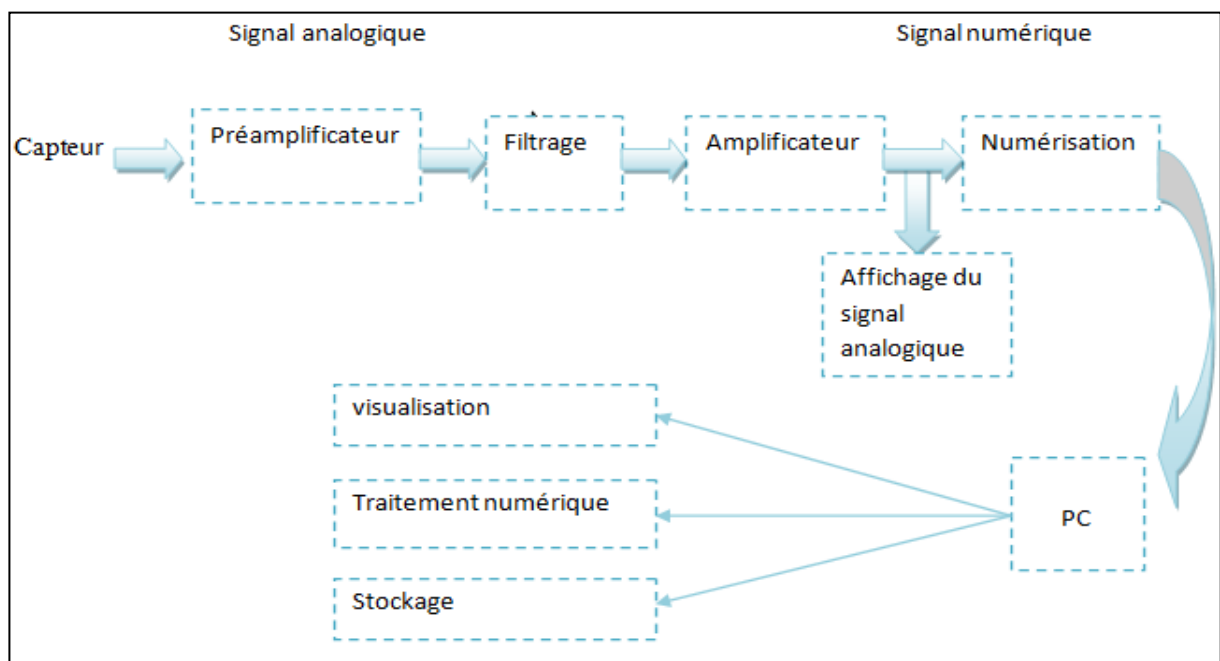


Figure 2.5 : Chaîne d'acquisition d'un électromyogramme

➤ **Les électrodes**

La géométrie des électrodes et la configuration à l'enregistrement influence étroitement le recueil du signal. Le signal EMG recueil dépend fortement du placement des électrodes [29].

Le principe physique général lors d'un enregistrement électro physiologique est que l'électrode enregistre le potentiel moyen sous un secteur limité.

➤ **L'amplification**

L'utilisation d'amplificateurs très sélectifs et plus que nécessaires. En effet, les amplificateurs doivent avoir un gain élevé pour donner au signal un niveau adéquat pour qu'il puisse être traité.

L'amplificateur choisi doit posséder un rapport de rejection en mode commun (RRMC) très grand.

➤ **Filtrage**

Les potentiels générés par le muscle varient au cours du temps. Ces signaux sont souvent noyés dans des bruits de diverse nature. Pour éliminer ces activités électriques parasites, nous utilisons deux types des filtres. Ces filtres jouent un rôle important dans l'acquisition et le traitement du signal EMG.

Le filtrage des signaux est nécessaire pour éliminer les artéfacts d'enregistrement et le bruit généralement lié à l'amplification.

➤ **Enregistrement**

Pour aider le praticien dans son diagnostic d'éventuelles pathologies, l'information utile sur l'EMG est transcrite des deux manières :

1. Enregistrement sur papier

La plume transcrit sur le papier les variations de potentiel en fonction du temps. Le mouvement de la plume se fait perpendiculairement au sens de déroulement du papier.

2. *Enregistrement numérique*

Le principe est le même comme l'enregistrement sur papier mais le signal est enregistré après conversion analogique/numérique(CAN). Cette conversion consiste à mesurer à des intervalles réguliers choisis en fonction de la fréquence maximale du signal à enregistrer [30].

L'EMG est ensuite affiché sur un écran et éventuellement imprimé. Un des avantages principaux de cette méthode est de pouvoir appliquer aux signaux des techniques de traitement du signal plus sophistiquées.

L'Electromyogramme étudie le fonctionnement des muscles. Cette mesure se fait à l'aide des électrodes reliées aux muscles ciblés ; ces électrodes sont appliquées sur la peau et reliées à notre maquette qui assure la réception et l'amplification du message électrique provenant du muscle. Ce message est transcrit sur un écran après son traitement. On enregistre l'activité des muscles lors d'un effort de contraction (le patient effectue un mouvement).

2.5- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les signaux biologiques ECG, EEG et EMG ainsi que le mode d'acquisition de chacun tout en précisant leurs paramètres caractéristiques, leurs origines et leurs formes, que nous avons exploités dans notre application.

Le prochain chapitre sera consacré au développement d'un service mobile destiné aux experts de santé permettant de manipuler les signaux biologiques (traitement et transmission) pour une application de télésurveillance.

3.1- Objectif

Le but principal de notre projet est le transfert d'un ensemble de signaux biologiques à distance via un Smartphone. C'est le cas de la télésurveillance que l'on peut trouver dans de nombreux domaines tels que la télémédecine, la domotique...

La réalisation d'un tel projet nécessite en premier lieu la rédaction d'un cahier de charges adéquat selon nos besoins et les exigences de l'application à implémenter.

3.2- Etude technique

L'idée de base de notre projet est d'implémenter une application pour téléphones portables, ayant la fonction de consulter à distance un serveur de traitement contenant des signaux biologiques. Il s'agit de détourner les *téléphones mobiles* de leur fonction de base et d'en faire des outils de télésurveillance. Et par conséquent à n'importe quel moment, n'importe où, nous pouvons recevoir et envoyer des fichiers médicaux en temps réel.

Il sera possible d'installer le logiciel sur tout *terminal mobile (J2ME)*.

3.2.1- Données de base

Cette partie a pour objectif de décrire au plan fonctionnel la solution à réaliser d'une manière détaillée ainsi que la description des traitements. Cette étude, qui suit l'étude détaillée, constitue le complément de spécification informatique nécessaire pour assurer la réalisation du futur système.

3.2.2- Cahier des charges

Afin de faire satisfaire les objectifs et les besoins de notre application on rédige un cahier de charges qui consiste à :

- ✓ Installé deux applications :
 - Une à installer sur un serveur web (contenant les fichiers numériques).
 - La deuxième à installer sur un terminal mobile pour recevoir les fichiers médicaux (tel que le signal *EKG, EEG et EMG*).
- ✓ Programmer l'application dans un langage qui soit le plus portable possible. Elle doit être simple à utiliser et à installer.
- ✓ L'interface utilisateur doit être simple, facile à exploiter et à manipuler.

3.2.3- Fonctionnalités

La plateforme proposée nécessite la satisfaction des fonctions suivantes :

- Etablir une connexion entre le *terminal mobile* et le serveur de traitement distant.
- Synchronisation de flux transmis par le serveur au *terminal mobile*.
- Adaptation de contenu reçu aux caractéristiques du terminal exploité.
- Présentation des signaux reçus sur l'écran du Smartphone.

3.2.4- Environnement de développement

Ci-dessous, voici la liste des composants nécessaires pour développer notre projet :

- ***J2ME Wireless Toolkit 2.2 :***

WTK est le kit de développement fourni par *Sun* que l'on peut trouver sur leur site (<http://java.sun.com>). Il permet la création d'applications conçues pour fonctionner sur des appareils mobiles [19].

On y trouve donc toutes les bibliothèques nécessaires ainsi que le compilateur. Il contient aussi un émulateur qui permet de tester la compatibilité avec les différentes configurations et profils :

- ❖ Connected Limited Device Configuration (*CLDC*).
- ❖ Mobile Information Device Profile (*MIDP*).
- ❖ **J2ME** Web Services, (*JSR-172*).
- ❖ Wireless Messaging APIs (*WMA*), (*JSR-205*).
- ❖ Mobile Media APIs (*MMAPI*), (*JSR-135*).

- ***Serveur Apache :***

C'est un logiciel libre et gratuit sous la licence de l'Apache Software foundation. Ce projet permet à des clients d'accéder à des pages web par un navigateur (internet explorer, Firefox...). Il est cependant nécessaire d'avoir suffisamment de compétences pour l'installer et le paramétrer. Il permet le partage d'objet distant [19].

- ***Configuration de terminal mobile chez l'opérateur :***

Pour que notre application puisse établir des connexions via la puce de l'opérateur (Ooredoo, Mobilis et Djazzy), il faut configurer la passerelle WAP qui est hébergée chez lui,

c'est ce que l'on appelle GPRS (Actuellement, on parle de la troisième génération). Cette étape est accomplie si et seulement si la configuration est faite sur le terminal qui implémente l'application en question.

3.3- Bilan de l'analyse

L'analyse effectuée a permis de mieux comprendre le fonctionnement des principaux standards, technologies et protocoles qui peuvent intervenir dans le développement de notre application.

Ci-dessous, un bilan d'analyse a été défini pour chaque étape de ce projet selon un cahier de charge adapté.

3.3.1- Support des réseaux

En termes d'exploitation de données envoyées par un serveur web sur un téléphone portable, l'application consiste à utiliser un simple téléphone portable lié par les réseaux d'accès radio mobile (2G/3G) et la technologie internet.

3.3.1.1- Technologie d'accès mobile

L'exploitation du canal 2G/3G nous a permis de transmettre les données médicales du patient. C'est une technologie étendue, disponible, facile et rapide à mettre en œuvre. C'est aussi une solution économique et ces débits sont suffisants pour transmettre les signaux exploités dans le cadre de ce projet de fin d'étude.

3.3.1.2- Communication via internet

○ Protocole http :

Le choix qui a été pris c'est de programmer avec HTTP selon les caractéristiques suivantes :

- HTTP est indépendant du réseau.
- Le port du protocole HTTP est plus facilement ouvrable sur les pare-feu.
- Le protocole HTTP est par défaut implémenté dans le paquetage *J2ME*. Les autres protocoles ne sont pas obligatoirement disponibles [31].

Une version sécurisée du http cryptant toutes les requêtes échangées a donc été créée à cet effet et se nomme https. Cette version repose et bénéficie de la solidité du protocole SSL qui est un standard permettant de sécuriser des transactions qui a été développé par Netscape en collaboration avec des sociétés telles que *bank of American*. Son principe, basé sur un procédé cryptographique par clé publique de type asymétrique, procure une plus grande sécurité [32].

3.3.1.3- Système des terminaux

L'utilisation du système d'exploitation Androïde est généralement le plus répandu pour les terminaux portables de ressources restreintes est plus particulièrement pour Samsung Smartphones Galaxy. Sa philosophie est de conserver la mémoire et d'éviter les bogues liés à la gestion de la mémoire. De plus, sa programmation est basée sur une technique «événement», qui laisse le processus éteint lorsqu'il ne traite pas directement des données. Il en découle une plus petite consommation d'énergie, donc une meilleure autonomie. Un autre avantage de l'Androïde, est d'exploiter un processeur de type ARM dans le cas de traitement. Il est puissant, à faible consommation énergétique et un nombre d'instruction limité.

3.4- Plateforme proposée pour la télésurveillance

Nous présentons ici, une plateforme d'un système destiné à la *télésurveillance médicale mobile* depuis des terminaux *mobiles* (**Figure 3.1**). Nous nous sommes concentrés en particulier sur le développement et la mise en œuvre d'une application qui consiste à transférer un ensemble de signaux (*ECG, EMG et EEG*) sur un terminal *mobile*.

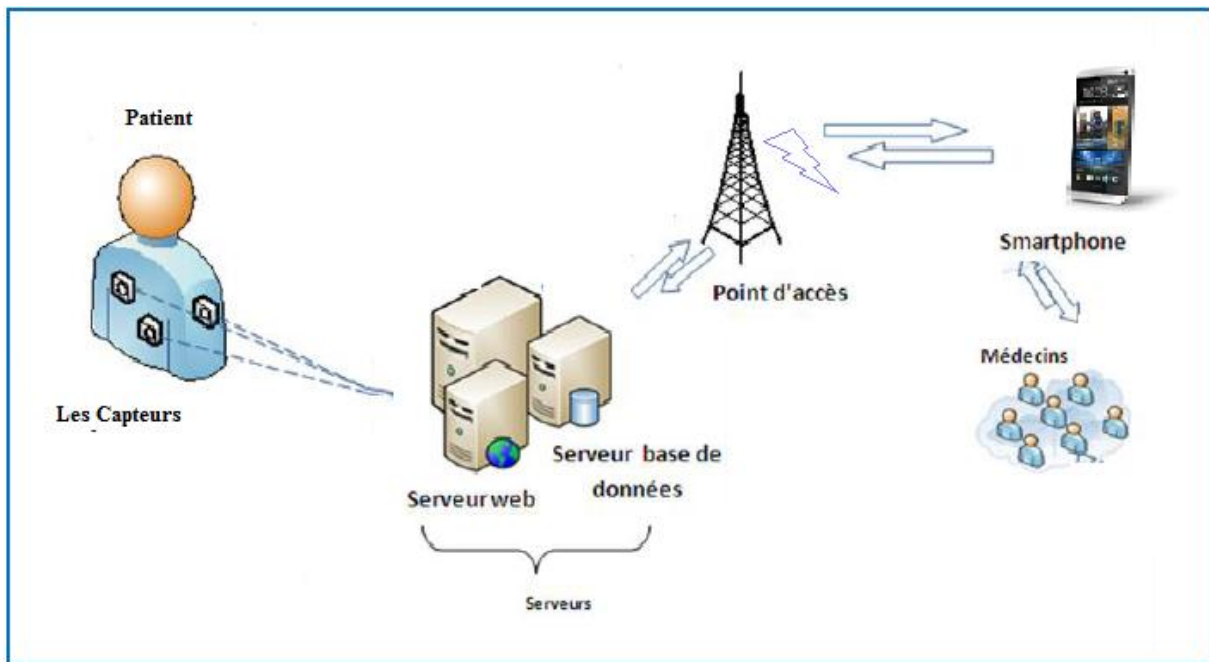


Figure 3.1: Plateforme de l'application

Le déroulement des opérations sera le suivant :

- 1) Un utilisateur se servira d'un téléphone avec le programme (*J2ME*) de demande d'une connexion HTTP pour récupérer les signaux (*ECG, EEG et EMG*) enregistrés sur le PC de l'hôpital.
- 2) L'utilisateur se connectera au serveur Web soit à l'aide d'un téléphone (Smartphone), soit à l'aide d'un ordinateur. Ainsi il pourra récupérer le signal délivré par le serveur Web.

3.4.1- Description de l'application

Notre application suit la structure Client / Serveur, ce qui conduit à réaliser deux logiciels. Le Client chargé de se connecter au serveur Web et de récupérer les fichiers médicaux générés. Par contre le serveur renvoie automatiquement les résultats selon la requête reçue.

Ce qui nous intéresse c'est le Client (*J2ME*) puisque c'est une nouvelle technologie: il n'y a qu'une dizaine d'années qu'il est possible de développer des applications pour *mobiles*.

En ce qui concerne le Serveur : c'est un logiciel qui tourne sur un PC permet d'écouter les requêtes issues des clients.

La réalisation de cette application nécessite le développement des points suivant :

- ❖ Dans un premier temps une interconnexion à distance doit être établie entre le Smartphone d'un médecin et le serveur de traitement. Il faut qu'ils se mettent d'accord sur le même tunnel (adresse, port) pour qu'ils puissent échanger leurs données.
- ❖ L'utilisateur peut placer des fichiers sur un serveur Web qui lui alloue un espace disque, ces étapes définissent l'hébergement. Cet hébergement peut se faire sur n'importe quels serveurs free ou payant répandus dans le monde.
- ❖ La troisième partie du projet consiste à trouver le meilleur moyen pour renvoyer les signaux à celui qui les demandées.

3.4.2- Présentation des interfaces

Après les phases d'étude de l'existant, nous avons développé une structure organisationnelle et fonctionnelle qui permet de naviguer facilement entre les différentes parties en respectant les contraintes de la petite taille des écrans et la difficulté d'utilisation de certains claviers de téléphones portables, la création de l'interface utilisateur a une grande importance.

Le choix, qui a été fait, est présenté sur le résultat de la **Figure 3.2**, en suivant les flèches pour les différents écrans de l'utilisateur final :

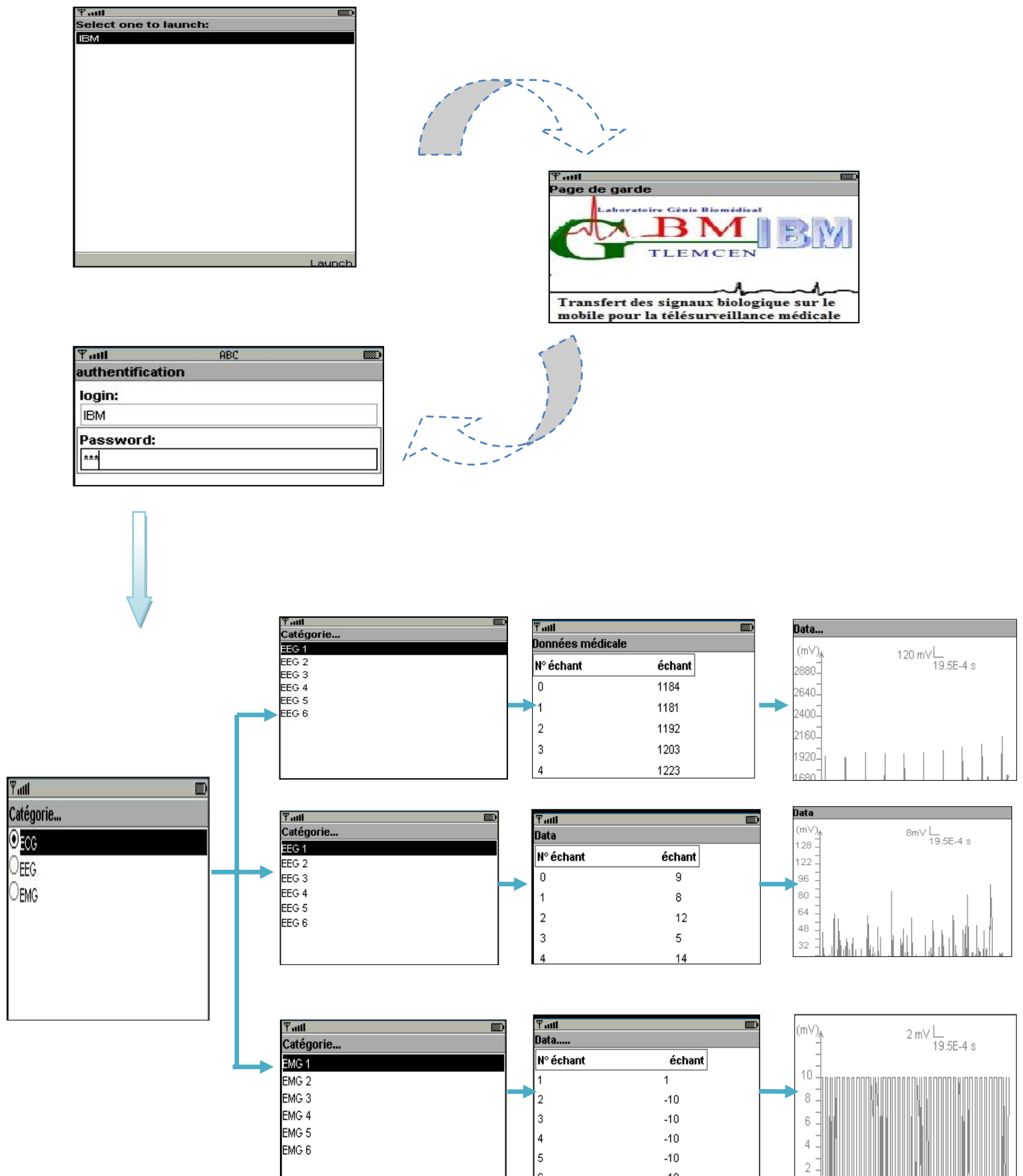


Figure 3.2 : Interface de l'utilisateur

3.4.3- Mode d'emploi du programme

3.4.3.1- Configuration minimale

Pour pouvoir utiliser notre application, il faut un téléphone portable, qui a les caractéristiques suivantes :

- Support du profil MIDP 2.0 et de CLDC 1.0.
- 30ko d'espace mémoire disponible.

3.4.3.2- Diffusion du logiciel

Pour diffuser le logiciel du Client (*J2ME*), il existe plusieurs possibilités, mais dans chacun des cas, les deux seuls fichiers qui doivent être fournis à l'utilisateur sont :

- ServTelesurv.jad
- ServTelesurv.jar

Ces deux fichiers doivent être transférés sur le téléphone, pour cela il y a plusieurs solutions:

- ✓ Téléchargement sur le téléphone d'un E-mail contenant le fichier en pièces jointe.
- ✓ Accès aux fichiers placés sur un serveur Web.
- ✓ Bluetooth, Infrarouge, etc.

Dans tous les cas, le fichier doit se trouver dans le même répertoire ou le même E-mail.

3.4.3.3- Installation du programme

Étant donné que l'installation diffère selon les téléphones, il n'est pas possible de donner une marche à suivre précise. Mais normalement, le simple fait d'ouvrir le fichier ServTelesurv.jad suffit à installer l'application.

```
MIDlet-1: Démarrer la surveillance, Démarrer la surveillance, ServTelesurv
MIDlet-Jar-Size: 2347
MIDlet-Jar-URL: ServTelesurv.jar
MIDlet-Name: ServTelesurv
MIDlet-Vendor: HAMIDI & MAACHOU
MIDlet-Version: 1.0
MicroEdition-Configuration: CLDC-1.0
MicroEdition-Profile: MIDP-2.0
```

3.4.3.4- Résultat et discussion

Cette section regroupe la présentation et l'interprétation des différents stades d'exécution de la MIDlet implémentée. Toute cette série de tests a été effectuée grâce à l'émulateur de téléphone.

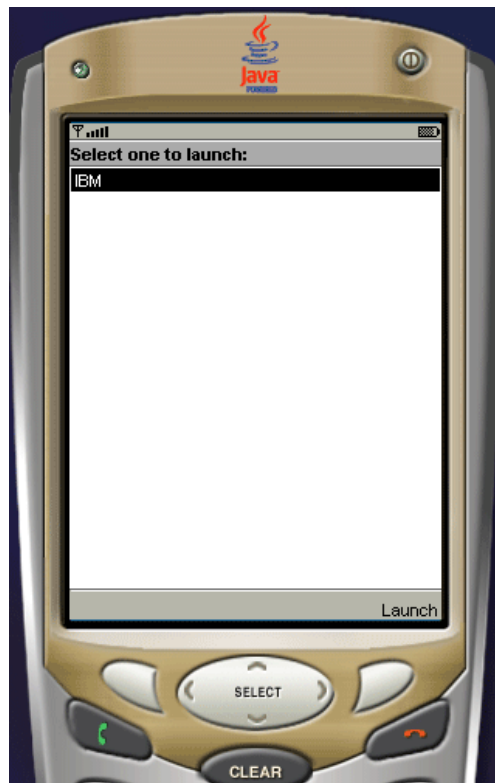


Figure3.3 : Lancement de l'application

Lors du démarrage de l'application, une page de garde de notre sujet s'affiche (*Figure 3.4*). Cette interface permet à un utilisateur d'activer le mode de la *télésurveillance médicale*.

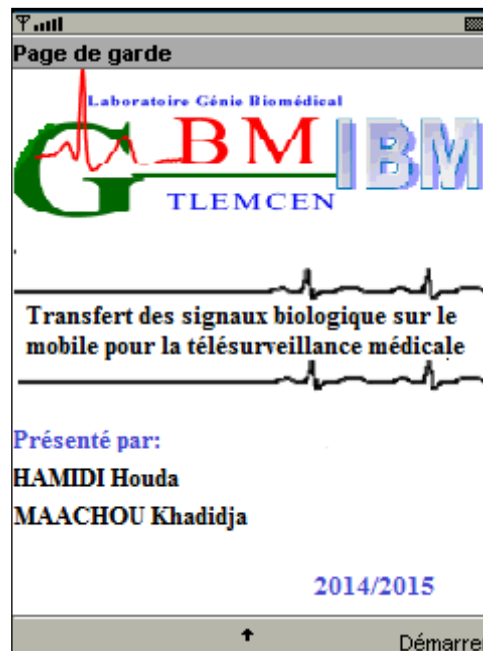


Figure 3.4: Thème du projet

En appuyant sur le bouton « Démarrer », l'interface d'authentification (*Figure 3.5*) s'affiche pour l'introduction de « login » et le « Password ». Cette étape permet une authentification unique des utilisateurs de l'application, ce qui permet la protection du système de **télésurveillance**.

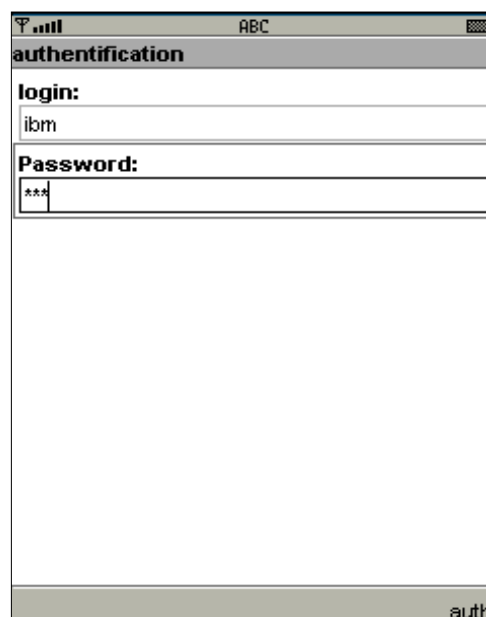


Figure.3.5: Authentification

La fin de cette étape est marquée par l'activation de la commande « *auth* », pour donner lieu à un autre écran invitant l'utilisateur à choisir un type des signaux disponibles (*figure3.6*). Après cette étape un ensemble de signaux par catégorie s'affiche selon le choix de l'utilisateur (*figure3.7*).

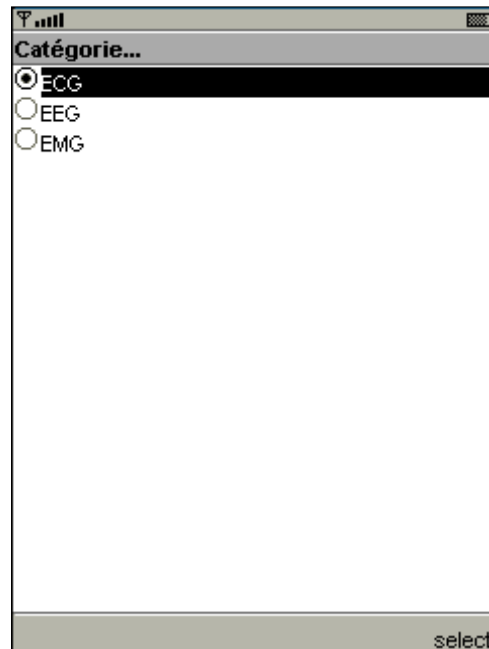
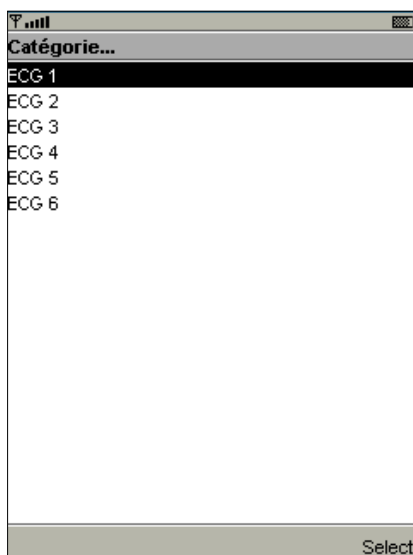
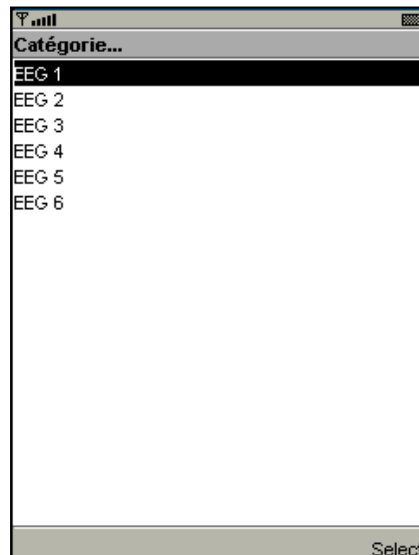


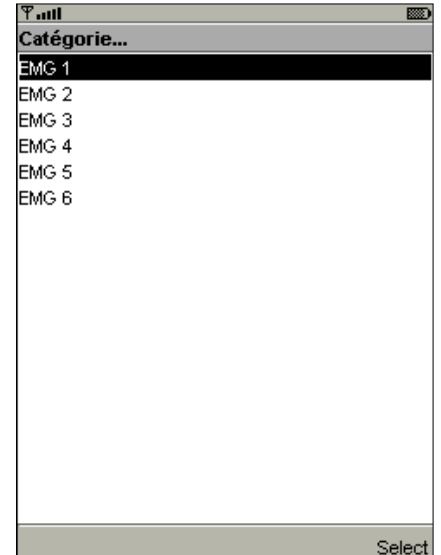
Figure3.6 : Liste des catégories



(a) : cas de choix d'ECG



(b) : cas de choix d'EEG



(b) : cas de choix d'EMG

Figure3.7 : Liste des signaux biologique

L'algorithme implémenté sur le Smartphone fonctionnera et communiquera de façon autonome avec le serveur via le support réseau (*figure3.8*). Il permet collecter des échantillons des fichiers numériques délivrés par le serveur web. Il se charge de stocker ces données sous forme de vecteurs de n échantillons afin de les impliquer dans la génération des signaux voulus (*figure3.9*).

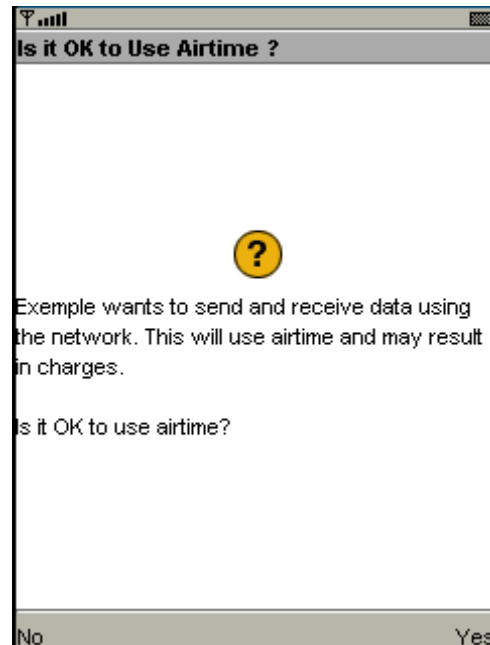


Figure 3.8 : Message de confirmation

Données médicale	
N° échant	échant
0	1184
1	1181
2	1192
3	1203
4	1223
5	1248
6	1240
7	1253
8	1235
9	1222
10	1210
11	1192
12	1171

(a)

Data	
N° échant	échant
0	9
1	8
2	12
3	5
4	14
5	23
6	25
7	23
8	19
9	21
10	19
11	20
12	21

(b)

Data....	
N° échant	échant
1	1
2	-10
3	-10
4	-10
5	-10
6	-10
7	-10
8	0
9	10
10	10
11	10
12	10
13	10

(c)

Figure 3.9 : Acquisition des échantillons du patient (signal ECG1, EEG1 et EMG1)

(a) : 5000 échantillons de signal ECG1

(b) : 4097 échantillons de signal EEG1

(c) : 1000 échantillons de signal EMG1

L'interface de la **Figure 3.9** montre l'organisation en vecteur (n échantillons) des valeurs des signaux (ECG, EEG et EMG) transférées via la technologie Internet à la mémoire interne du téléphone *mobile*.

Le nombre des échantillons est important par rapport aux ressources offertes par le terminal. L'intégration d'une telle quantité de mesures sur le Smartphone dépend alors de la taille mémoire disponible et du format dont les données sont représentées sur le terminal.

Les mesures de la (**figure 3.9**) sont au format ASCII (code caractère) lors de l'affichage sur l'écran afin de bien gérer la mémoire. Quand il s'agit d'un traitement ou d'un calcul, elle sont converties au format nombre juste pour générer les signaux.

Hors de la limite des échantillons, le gestionnaire d'application découvre que la MIDlet n'est pas bien adaptée et par conséquent, il détecte un manque d'espace mémoire persistant sur ce terminal. Pour cela, un message d'erreur sera affiché pour empêcher l'exécution en cours :

« *java.lang.OutOfMemoryError* ».

Pour les nombres en virgule flottante nous avons choisis un procédé de conversion, nombre réel-chaîne de caractères et vice versa. Cette adaptation de contenu qui est illustrée par la modification du type ou du format des données aux capacités du terminal ou aux capacités du réseau nous donne une meilleure exploitation des ressources. Elle permet une utilisation confortable des terminaux *mobiles* pour interagir avec le service de l'application et de bien répondre aux objectifs de la *télésurveillance médicale*.

Le médecin peut alors observer les signaux *ECG*, *EEG* et *EMG* en temps réel sur son écran (**Figures 3.10, 3.11 et 3.12**).

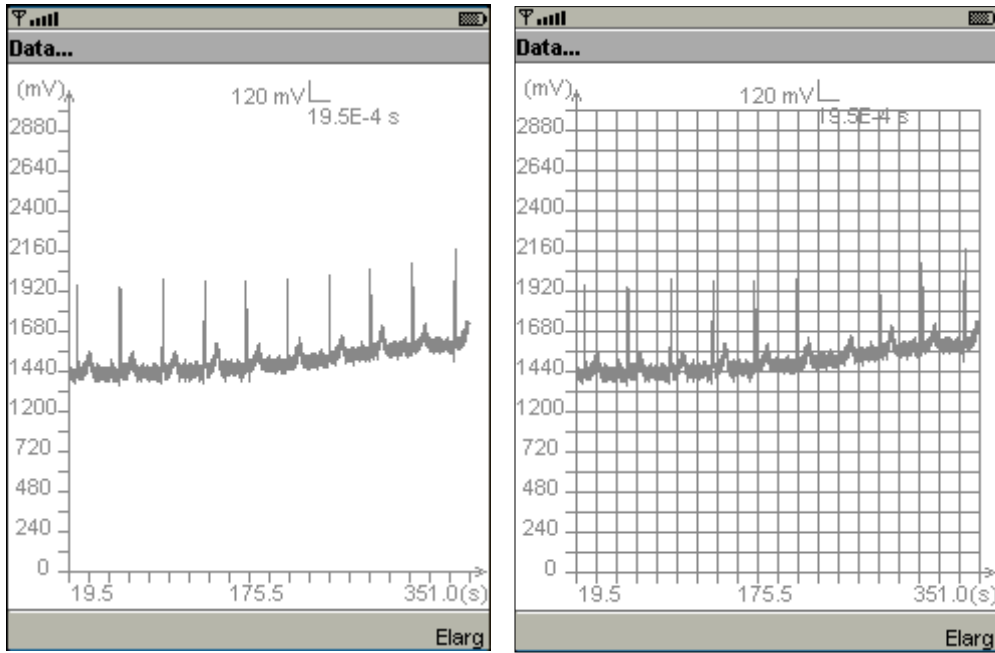


Figure 3.10 : Signal ECG du patient 1 (avec et sans grid)

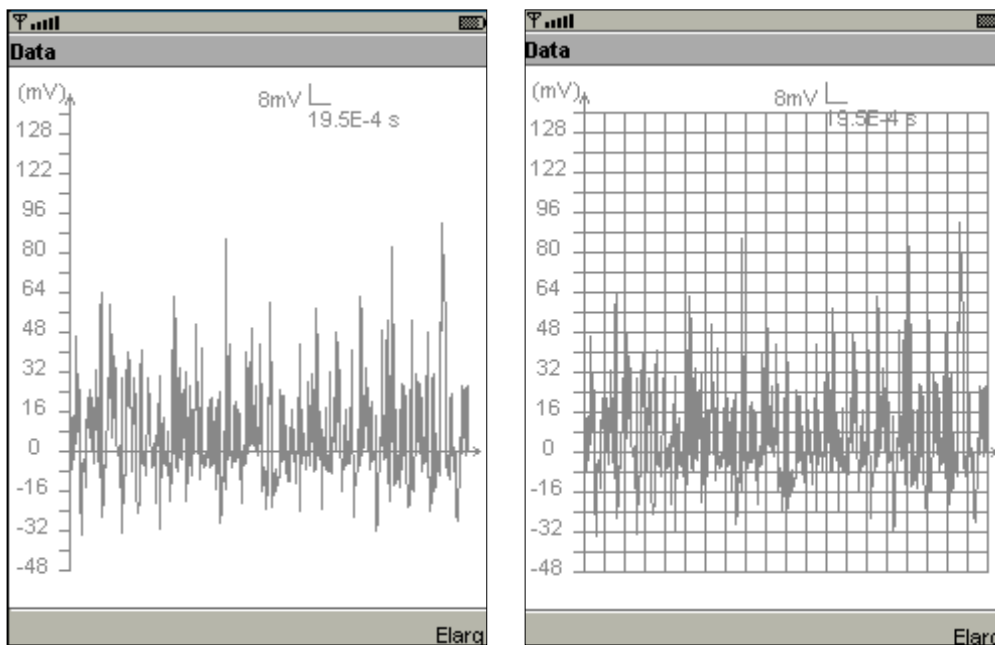


Figure 3.11 : Signal EEG du patient 1 (avec et sans grid)

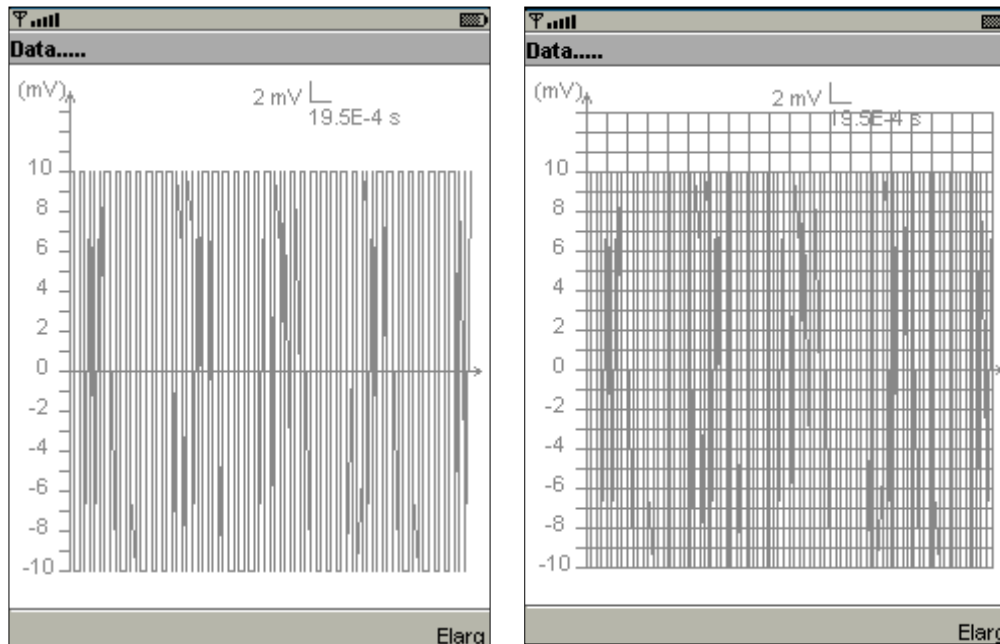


Figure 3.12 : Signal EEG du patient 1 (avec et sans grid)

Les signaux des figures (3.10) (3.11) et (3.12) présentent des exemples de séquences temporelles réelles d'un patient dans un contexte expérimental.

Le tracé et la reconstitution des signaux sont définis selon des approches d'adaptation adéquates. Il s'agit d'une présentation adaptée, qui garantit un affichage approprié à la taille de l'écran du terminal. Dans ce contexte, nous avons développé une classe « IBM » qui génère automatiquement les paramètres caractéristiques de l'écran (les contours, le centre et la taille). Ces éléments de base sont exploités ensuite, afin d'avoir une présentation graphique claire, centrée et qui exploite la totalité de l'écran. Ainsi, les courbes sont définies sur des échelles arbitraires correspondant à la taille de l'interface d'affichage selon l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées. En outre, les repères des axes doivent être modifiés pour ne pas avoir le cas d'un graphe inversé.

Cette stratégies déployées par l'outil de génération d'interface graphique permet au MIDlet d'offrir un service d'affichages multi-terminaux, adaptables et portables, ce qui rend ces types d'applications utilisables dans des contextes variés et répond par conséquent aux différents besoins liés à la nature des environnements *mobiles*.

Une option supplémentaire, permettant de zoomer les signaux (*ECG, EEG et EMG*). Il suffit alors au médecin d'introduire un point de départ et un point d'arrivée (intervalle du temps) afin d'élargir la partie en question (**Figure 3.14**), (**Figure 3.16**), (**Figure 3.18**).

Pour le signal ECG :

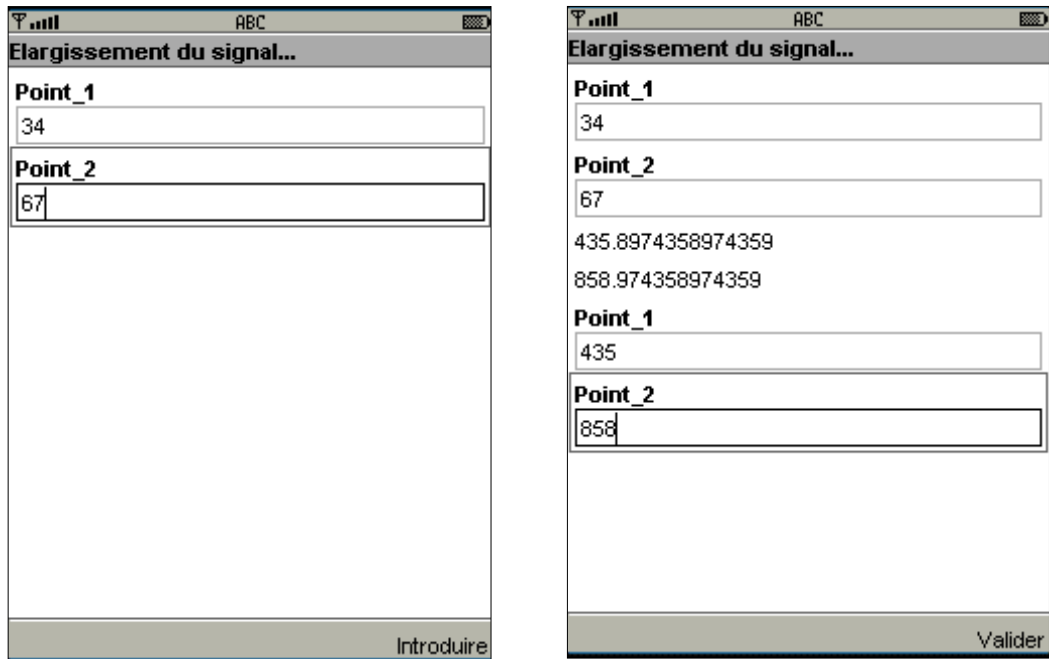


Figure 3.13 : Point de départ et d'arrivée de signal

Et par conséquent on aura l'affichage de Zoom sur la Figure 3.14 :

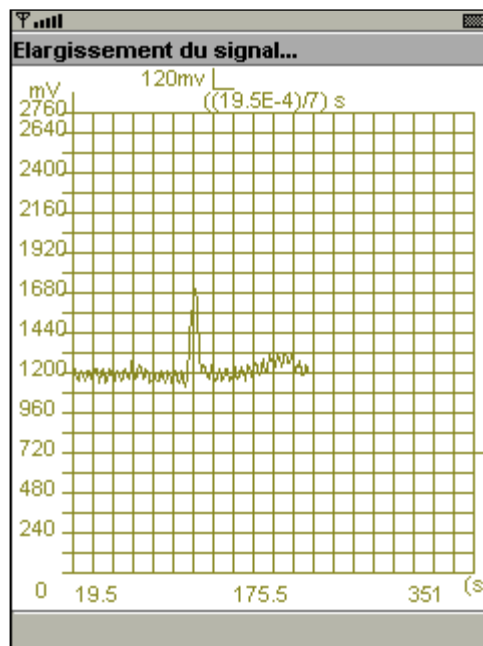


Figure 3.14 : Zoom sur une partie de la courbe

Pour le signal EEG :

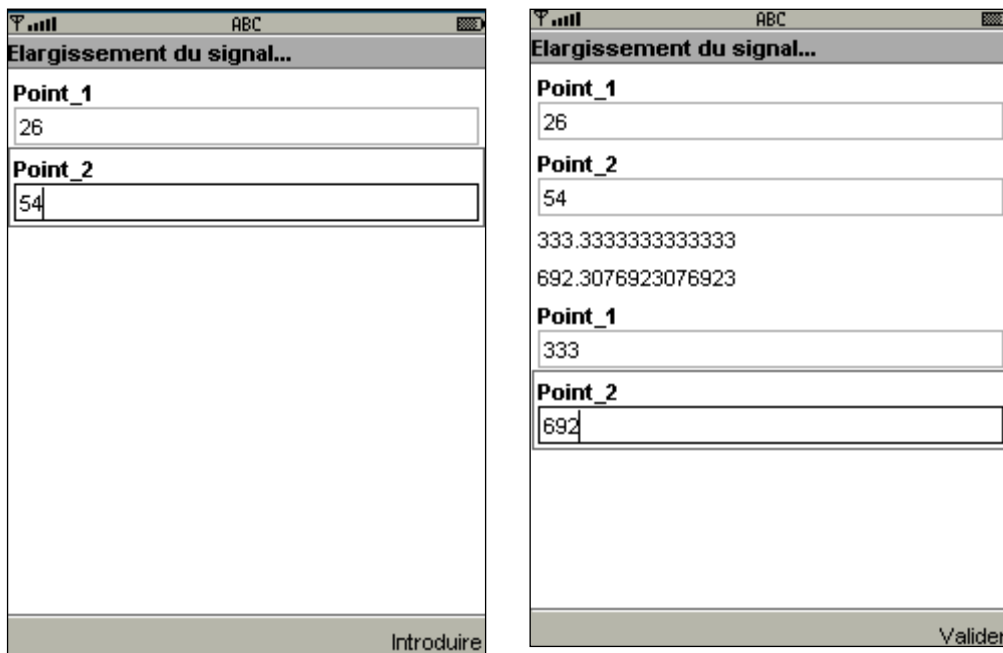


Figure 3.15 : Point de départ et d'arrivée de signal

Par conséquent on aura l'affichage de Zoom sur la **Figure 3.16 :**

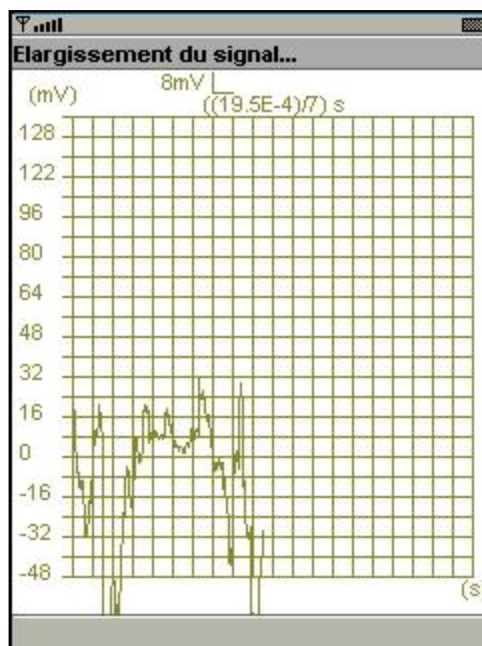


Figure 3.16 : Zoom sur une partie de la courbe

Pour le signal EMG :

Figure 3.17: Point de départ et d'arrivée de signal

Par conséquent on aura l'affichage de Zoom sur la **Figure 3.18**

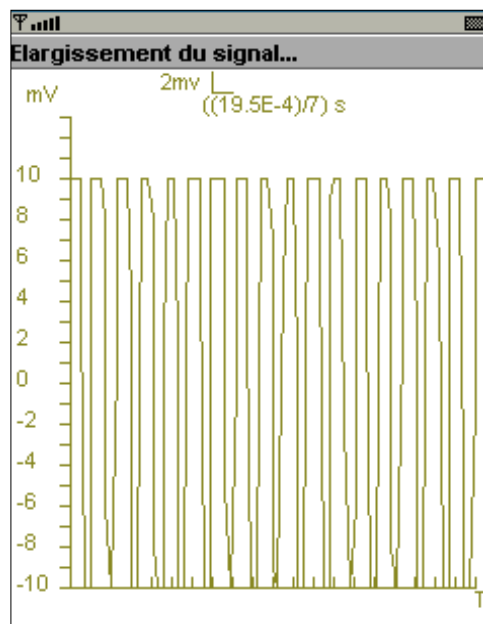


Figure 3.18 : Zoom sur une partie de la courbe

Les parties des signaux zoomés vont aider le médecin à un diagnostic précis et exact.

Finalement, dans le cas où le mot de passe est incorrect un message d'erreur est renvoyé à l'utilisateur (*Figure 3.19*).

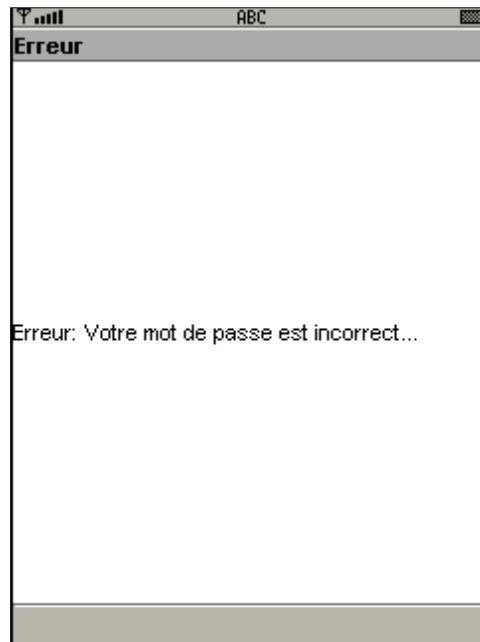


Figure 3.19 : Authentification incorrect

3.5- Conclusion

L'importance lié aux téléphones portables et l'utilisation de nouvelle technologie de l'information et de communication (NTIC) ont permis d'envisager de nombreuses applications pour ces appareils qui n'étaient à la base que des outils de communications vocales. Dans notre cas, ils sont exploités dans le domaine de la télésurveillance médicale.

Conclusion générale

Notre projet s'inscrit dans le domaine des TIC et santé, en mettant à la disposition aux médecins des outils puissants, pouvant les aider à mieux surveiller leur patient à distance. Pour cela, nous exploitons les téléphones portables comme des outils de base pour le domaine de télémédecine.

L'application proposée dans ce mémoire, n'a pas nécessité de gros moyens ainsi qu'une grosse infrastructure, puisque aujourd'hui un simple téléphone portable peut suffire en exploitant un nouveau langage de programmation J2ME (Java 2 Micro Edition) pour la partie logicielle. A travers cette infrastructure, destinée au développement des applications pour les téléphones portables, nous avons pu développer un logiciel téléchargeable sur un terminal réel. Ce logiciel permet de récupérer un ensemble des signaux biologique depuis un serveur distant. Il permet d'analyser les flux des fichiers numériques issus d'un serveur via le réseau radio mobile pour une application de télésurveillance médicale. Ce qui permet d'ajouter des options supplémentaires, faisant de ces terminaux des outils de télémédecine.

Cette solution non couteuse et facilement réalisable, est adaptée aux appareils portatifs assurant la surveillance médicale, le contrôle, la téléconsultation, le télédiagnostic à tout moment et en tout lieu. C'est dans cette vision que d'autres services, associés aux téléphones mobiles et destinés à la télémédecine ainsi qu'à la domotique, seront développés par la suite.

Bibliographie

- [1] D. ISTRATE « Détection et reconnaissance des sons pour la surveillance médical », *Thèse de doctorat en télécommunication*, Institut national polytechnique de grenoble, France, 16 décembre 2003.
- [2] J. Chevrolet, Denz, M., Merminod, B., Osswald, S. and Roulet, M, « Télémédecine CH », *Technical report*, Académie Suisse des Sciences Médicales, 2002.
- [3] S. KRIM et Y BENMANSOUR, «Tèlèimagerie médicale», *Master en électronique biomédical*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2012.
- [4] P. STAB, «Téléconsultation en psychiatrie: évaluation d'une expérience originale dans le haut-pays niçois», *Thèse de doctorat en Médecine*, Université Louis Pasteur, Strasbourg France, 2001.
- [5] F. DUCHENE « Fusion de données multi capteurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile » *Thèse de doctorat*, Université joseph fourier, 2004.
- [6] I. OUIS, « Téléformation mobile entre les professionnels de santé », *Master aux signaux et images en médecine*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algerie, 2013.
- [7] L. BAJOLLE, « E-médecine : Amélioration, Optimisation et Humanisation de la médecine de ville par l'usage de l'internet et des technologies », *Thèse de doctorat en Médecine*, Université JOSEF Fourier, Grenoble, France, Janvier 2002.
- [8] R. MERZOUGUI, « Conception et développement d'application et service Dédiés à la santé sur des terminaux mobiles », *Thèse de doctorat*, Université de Tlemcen Faculté de Technologie, 2011.
- [9] ANAP (Agence Nationale d'Appui à la performance des Etablissements de santé et médico-sociaux). « La télémédecine en action : 25 projets passé à la loupe, Un éclairage pour le déploiement national - tome 1 : les grands enseignements. © ANAP 2012 », 2012.
- [10] J. F. PILLOU, « Wifi – Portée et débit », Document technique, mai 2015. <http://www.commentcamarche.net/contents/1280-wifi-portee-et-debit>
- [11] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *5ème Éditions*, Groupe EYROLLES, 2006.

[12] A. RADU, «Évaluation de la Qualité de Service par l'utilisateur final dans les systèmes mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique et Télécom*, Université de Mame-La-Vallée, France, Mars, 2004.

[13] F. Zerrouki, « Conception et réalisation d'une carte d'acquisition ambulatoire de transmission sans fil et de traitement de signaux biomédicaux », *Mémoire de magister en électronique*, Université de tiziz ouzou, 2014.

[14] T. Bejaoui, « Gestion des ressources et Qualité de Service dans les réseaux mobiles multimédias », *Thèse de doctorat en Sciences*, Université de Paris, 2005.

[15] K. BENSAFIA, « Télésurveillance : transmission sans fil, par voies GSM, et traitement du signal électrocardiographie (ECG) », *Magister en télédétection*, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.

[16] A. BOUROUIS « Intelligence mobile Health monitoring system », *Thèse de doctorat en Systèmes et Réseaux de Télécommunication*, Université de Tlemcen Faculté de Technologie, Décembre 2013.

[17] B. BENLADGHAM et S. BAHRI « La télésurveillance cardiaque », *Ingénieur d'état en électronique biomédical*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Juin 2003.

[18] I. ZARROUKI et S. MEGHRAOUI LABBADI « La télé-expertise mobile entre les acteurs médicaux », *Master aux signaux et image en médecine*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Juin 2013.

[19] P. BURNEL, « Télémédecine : les premiers « tarifs préfigurateurs » versés avant la fin de l'année », *Délégué à la stratégie des systèmes d'information de santé au ministère de la Santé*, Mars 2014.

[20] S. RERBAL, C. ZIANI « Traitement numérique du signal physiologique en télémédecine » *Thèse de doctorat en électronique biomédical*, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2014.

[21] M. LAILA, « La télémédecine et les technologies d'assistance pour la prise en charge des personnes âgées fragiles à domicile et en institution : modélisation du besoin, de la prescription et du suivi », *Thèse de doctorat*, Université Joseph Fourier Grenoble 1, 21 septembre 2009.

[22] C. GUEROT et Y. GROSGOGEAT, « L'électrocardiogramme: Savoir l'interpréter », pp.27-28. Paris-1995.

[23] M. TALBI, « ANALYSE ET TRAITEMENT DU SIGNAL ÉLECTROCARDIOGRAPHIQUE (ECG) », *Doctorat en traitement de signal*, Université Mentouri, Constantine, Algérie, 2011.

- [24] R. SLAMA, G. MOTTÉ, A.LEENHARDT, C.SE BAG, «Aide Mémoire de Rythmologie», *Édition Flammarion*, Paris, 04/2003.
- [25] J-P. BASSAND, «Introduction à la pathologie cardiaque et vasculaire», *Cours de Professeur à l'université de Besançon*, France, 25 Octobre 2005.
- [26] A. ELLRODT, «Urgences Médicales, 5^Édition», *Édition ESTEM*, 89, boulevard Auguste Blanqui, 75013, Paris, 04/2003. ISBN: 978 2 84371 335 4.
- [27] S. DEVUYST «Classification automatique en stades du sommeil : extraction de caractéristiques et comparaison des principaux classificateur» *Rapport présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme d'Etude Approfondie(DEA) 2006-2007*.
- [28] M. BERNARD « Méthodologie d'analyse des synchronisations neuronales dans les signaux EEG à l'aide de graphe d'informations temps-fréquence» *Thèse pour l'obtention du Grade de DOCTEUR*, Université DE POITIER Faculté des Sciences Fondamentales et appliquées (Diplôme National – Arrêté du 25 Avril 2002).
- [29] H. Cao «Modélisation et évaluation expérimentale de la relation entre le signal EMG de surface et la force musculaire», *Thèse de doctorat en bio matériaux*, Université de Compiègne, 2010.
- [30] J. D. COUDE « Conception d'un EMG», *Thèse de doctorat*, Université du Québec à Chicoutimi, 2010.
- [31] B. DELB, «J2ME, Application java pour terminaux mobiles», *Édition EYROLLES*, 61, Bd Saint-Germain, 75240 Paris, France, 2002.
- [32] A. TANENBAUM, «Réseaux», *3eme Édition DUNOD*, 1996.

Résumé

La technologie des objets mobiles communicants (capteurs, Smartphones, netbooks, etc.) est en plein essor. La vision est d'exploiter ces types des terminaux dans de nombreux domaines tels que la télémédecine, la domotique...

Dans ce contexte, nous proposons une application mobile de la télésurveillance médicale destinée aux patients à distance. Elle permet le transfert immédiat d'un ensemble de signaux biologiques (ECG, EMG, EEG) sur un terminal mobile entre les acteurs médicaux tout en assurant la mobilité, la sécurité permanente et la prise en charge des personnes à risque.

Mots clés

Télémédecine, Télésurveillance, ECG, EEG, EMG, mobile.

Abstract

The technology of communicating mobile objects (sensors, Smartphone's, net books, etc.) is booming. The vision is to exploit these kinds of devices in many areas such as telemedicine, home automation ...

In this context; we propose a mobile medical monitoring for Remote patients. It enables the immediate transfer of a set of biological signals (ECG, EMG, and EEG) on a mobile terminal between medical actors while ensuring mobility, permanent security and support for people at risk.

Keywords

Telemedicine, remote monitoring, ECG, EEG, EMG, Mobile.