



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 GENIE BIOMEDICAL**

**Spécialité : Signaux et Images en Médecine**

Présenté par : MOKHENACHE Souhila

---

**Caractérisation des paramètres d'un signal ECG  
via mobile**

---

Soutenu le 28 mai 2015 devant le Jury

M.	S. TAOULI	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Président
M.	R. MERZOUGUI	<i>MCA</i>	Université de Tlemcen	Encadreur
Melle	Y. N. BAAKAK	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Examinatrice

Année universitaire 2014-2015

**CARACTERISATION DES PARAMETRES D'UN  
SIGNAL ECG VIA MOBILE.**

---

Auteur : MOKHENACHE Souhila  
Prof. Responsable : BESSAID Abdelhafid  
Sujet proposé par **M.** MERZOUGUI Rachid

# *Remerciement*

Je remercie *Allah* de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et la volonté et la patience de mener à terme le présent travail.

Au terme de ce projet j'exprime ma profonde gratitude et respectueuse reconnaissance à mon encadreur, R. MERZOUGUI, Maitre de conférences au département de télécommunication de la faculté de technologie à l'université de Tlemcen, pour l'assistance qu'il m'a prêté, son soutien et ses conseils avisés pendant toute la durée de ce travail.

Je tiens à remercier Mr S. TAOULI Maitre assistant à la faculté de technologie, université de Tlemcen, d'avoir accepté de présider le jury.

Mes respectueux remerciements sont adressés à Melle. Y. N. BAAKAK Maitre de conférences à la faculté de technologie, université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie, aussi, à toute l'équipe du laboratoire STIC pour le soutien moral et pour leur accueil bienveillant et leurs conseils avisés.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail, et à toute la promotion de master SIM.

# *Dédicace*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

A mon cher père que rien au monde ne vaut tes efforts fournis, jour et nuit, pour mon éducation et mon bien être.

A ma très chère aimée mère tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, Que Dieu, le tout- puissant, te préserve et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour. À mes chères grands-mères, dont ces conseils précieux m'ont guidé et leurs soutiens moraux.

Que dieu les protège.

A mes frères, Houari, Abd el kader et Zakaria (MCA).

A mes très chères sœurs, Nina, Nassima, Safia, Zahra et Khayroul.

A ma cousine Fatima, mes tantes et mes oncles.

A tous les amis proches qui n'ont cessé de m'encourager et de me soutenir pendant la durée de l'étude.

A toute les Gbmist.

A toute la promo de signaux et images en médecine 2015.

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Tous ceux qui m'aiment.

Tous ceux que j'aime.

# *Résumé*

Le développement d'applications et services de la télémédecine sont devenus un enjeu majeur dans le monde des communications sans fil. L'ensemble de ces services touchera à court terme le vieillissement de la population et les personnes exposées à des risques d'accident dans leur vie quotidienne ou de dégradation de leur état de santé.

Dans ce contexte, nous proposons une plateforme mobile de la télésurveillance médicale destinée aux patients cardiaque. Il s'agit de développer un service sur mobile permettant le traitement et le transfert immédiat d'un signal ECG à distance entre les acteurs médicaux pour une prise en charge des personnes à risque. Ce qui facilite le travail d'un médecin traitant, on lui offert des informations et des données de bases pour les étapes d'analyse et de diagnostique.

## *Mot clés*

Télémédecine, Télésurveillance, ECG, mobile, J2ME.

## *Abstract*

The development of applications and services of the telemedicine became a major stake in the world of the communications without wire. The whole of these services will touch in the short run the ageing of the population and the people exposed at accident risks in their daily life or of degradation of their health status.

In this context, we propose a mobile platform of the medical remote monitoring intended for the patients cardiac. This is to develop a mobile service for the treatment and the immediate transfer of an ECG signal distance between the actors for medical care for people at risk. What facilitates the work of an attending physician, one offered to him information and basic information for the stages of analysis and diagnostic.

## *Keywords*

Telemedicine, remote monitoring, ECG, Mobile, J2ME.

# *Table des matières*

Remerciement.....	2
Dédicace.....	3
Résumé.....	4
Table des matières.....	5
Liste des figures.....	8
Liste des tableaux.....	9
Glossaire.....	10

---

Introduction générale .....	12
-----------------------------	----

## **Chapitre 1 : contexte de recherche**

1.1-Introduction.....	13
1.2-Aperçu sur la télémédecine .....	13
1.3-Actes de la télémédecine .....	14
1.3.1 Téléconsultation.....	14
1.3.2 Téléassistance.....	15
1.3.3 Télé-chirurgie.....	15
1.3.4 Téléformation.....	15
1.3.5 Télé expertise.....	15
1.3.6 Télésurveillance.....	16
1.4-Apports et enjeux de la télémédecine.....	16
1.5 -Freins au développement .....	18
1.6-Description de la plateforme de télémédecine.....	18
1.7-Télésurveillance médicale.....	19
1.7.1 Objectif.....	20
1.7.2 Principe.....	21
1.7.3 Enjeux.....	25
1.8-Conclusion.....	26

## **Chapitre 2 : signal ECG**

2.1-Introduction.....	27
2.2-Anatomie et activité musculaire du cœur .....	27
2.3-Genèse du signal électrique cardiaque.....	28
2.4-Electrocardiogramme.....	29
2.5-Dérivations d'un électrocardiogramme.....	30
2.5.1 Dérivations périphériques bipolaires standards.....	30
2.5.2 Dérivations périphériques unipolaires.....	31
2.5.3 Dérivations unipolaires précordiales.....	32
2.6-Ondes et intervalles de l'ECG.....	33
2.7-Pathologies cardiaques.....	36
2.7.1 Présentation des caractéristiques de l'ECG.....	36
A. Rythme cardiaque.....	36
B. Caractéristiques et types de l'extrasystole.....	37
2.7.2. Diagnostic à partir du rythme.....	38
A. Fréquence.....	39
B. Troubles du rythme cardiaque.....	39
2.7.3 Diagnostique à partir des ondes.....	40
2.8-Conclusion.....	40

## **Chapitre 3 : Service mobile de télésurveillance des personnes cardiaque**

3.1-Objectif.....	41
3.2-Etude technique.....	41
3.2.1 Données de base .....	41
3.2.2 Rédaction d'un cahier des charges.....	41
3.2.3 Environnement de développement.....	42
3.3-Bilan de l'analyse .....	43
3.3.1 Support des réseaux .....	43
3.3.1.a Technologie d'accès mobile.....	43
3.3.1.b Communication via internet.....	43
3.3.2 Système des terminaux.....	44
3.4-Plateforme de l'application.....	44
3.4.1 Description fonctionnelle de la solution proposée.....	45
3.4.2 Présentation des interfaces de l'application .....	45

3.4.3 Enchaînement du projet.....	47
A. Etablissement de la connexion.....	47
B. Transmission des données ECG.....	50
C. Traitement des signaux cardiaques.....	51
3.5-Mode d'emploi du programme.....	56
3.5.1 Configuration minimale.....	56
3.5.2 Diffusion du logiciel.....	56
3.5.3 Installation du programme.....	56
3.6-Conclusion.....	57
Conclusion générale.....	58
Bibliographie.....	59

# *Liste des figures*

Figure 1.1-Plateforme des services de télémédecine .....	19
Figure 1.2-Système d'information de la télésurveillance médicale.....	21
Figure 2.1-Anatomie du cœur.....	28
Figure 2.2-Séquence temporelle de la propagation de l'activité électrique cardiaque, analogie avec les ondes de l'ECG.....	29
Figure 2.3-triangle d'Einthoven .....	31
Figure 2.4-Emplacement des électrodes précordiales : V1 à V6.....	32
Figure 2.5-L'onde électrique d'un battement de cœur.....	34
Figure 2.6-Différents intervalles dans l'ECG.....	35
Figure 2.7-Extrasystole Ventriculaire (ESV) .....	37
Figure 2.8-Extrasystoles Auriculaires (ESA).....	38
Figure 2.9-Extrasystoles Jonctionnelles (ESJ).....	38
Figure 2.10-Tachycardie ventriculaire.....	39
Figure 3.1-Plateforme de l'application.....	44
Figure 3.2-Interface utilisateur.....	46
Figure 3.3-Lancement de l'application.....	47
Figure 3.4-Thème du projet.....	47
Figure.3.5-Authentification.....	48
Figure 3.6-Etablissement de la connexion entre le mobile et serveur.....	49
Figure 3.7-Message d'erreur.....	49
Figure 3.8-Acquisition de 5000 échantillons du patient (signal ECG).....	50
Figure 3.9- Paramètres générés du signal ECG. ....	52
Figure 3.10-Signal ECG du patient.....	54
Figure 3.11-Point de départ et arrivée de signal.....	55
Figure 3.12-Zoom une partie de la courbe.....	55

# *Liste des tableaux*

Tableau 1.1-Acteurs de la télémédecine par type d'acte.....	14
Tableau 2.1-Nom des douze dérivations standards.....	30
Tableau 2.2-Position des dérivations bipolaires des membres.....	31
Tableau 2.3-Position des dérivations unipolaires des membres.....	32
Tableau 2.4-Position des dérivations précordiales sur la paroi thoracique antérieure.....	33
Tableau 2.5-Paramètres caractérisant un battement cardiaque.....	36

# *Glossaire*

## **A**

**ARM** : Archives and Records Management

**ASCII** : American Standard Code for Information Interchange

**AV** : Auriculo-ventriculaire

## **B**

**BPM**: Battements Par Minute

## **C**

**CLDC** : Connected Limited Device Configuration

## **E**

**ECG** : Electrocardiogramme

**EDGE** : Enhanced data rates for GSM evolution

## **G**

**GSM** : Global System for Mobile communications

**GPRS** : General Packet Radio Service

## **H**

**HSCSD** : High speed circuit switched data

**HSDPA** : High speed downlink packet access

**HSUPA** : High speed uplink packet access

**HTTP**: Hypertext Transfer Protocol

## **I**

**IEEE** : Institute of Electrical and Electronic Engineers

**IP** : Internet protocol

## **J**

**J2ME** : Java 2 Micro Edition

## **M**

**MAC** : Medium access control

**MIDP** : Mobile Information Device Profile

## **N**

**NTIC** : nouvelle technologie de l'information et de la communication

## **P**

**PC** : Personal computer

**PCS** : Prepaid cash services

**PDC** : Personal Digital Cellular

## **R**

**RTC** : Réseau téléphonique commuté

## **S**

**SSL** : Secure Sockets Layer

## **U**

**UMTS** : Universal mobile telecommunication system

**USB** : Universal Serial Bus

**UWB** : Ultra wideband

## **W**

**WI-FI** : Wireless Fidelity

**WLAN** : Wireless local area network

**WTK** : Wireless Toolkit

# *Introduction générale*

La télémédecine est le transfert des données médicales (images à haute résolution, vidéo en direct, les dossiers des patients...) d'un endroit à l'autre. Elle peut favoriser la collaboration internationale, regroupe les pratiques médicales et faciliter l'intégration de *l'e-Health* dans les systèmes de santé.

Les progrès technologiques récents (les lignes téléphoniques fixes et mobiles, internet et satellite, etc.) permettent la prestation de soin de santé à distance et l'échange de l'information médicale s'y rapportant. Cette technique de développement des *TICs* associées à la santé permet une prise en charge médical et social des personnes dépendantes comme les personnes âgées, les handicapés, les maladies cardiaques..., afin d'adapter leur environnement domestique et palier leurs incapacités tout en assurant l'efficacité, réduction des coûts et un diagnostic en temps réel.

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, intitulé « Caractérisation des paramètres d'un signal ECG via mobile », nous proposons de développer un service mobile de télésurveillance des personnes cardiaque (signal ECG). Il s'agit d'analyser à distance les données de signal ECG pour localiser les différentes ondes caractérisant l'ECG comme un premier pas vers la classification. Ce qui permet de suivre l'évolution des signaux ECG des patients et par conséquent, facilite fortement le travail d'un médecin traitant et faire un diagnostic plus rapide et plus efficace.

Cette étude a été menée en trois étapes, définissant les trois chapitres de ce document. Ils concernent successivement **(I) Contexte de recherche**, **(II) Signal ECG**, **(III) Service mobile de télésurveillance des personnes cardiaque**.

- 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, plus particulièrement la télésurveillance médicale.
- Le second chapitre présente le fonctionnement général du système cardiovasculaire, les principes fondamentaux de l'électrocardiographie et les différents types d'enregistrement de l'activité électrique du cœur.
- Enfin, le dernier chapitre expose notre application mobile qui consiste à développer un programme permettant de transférer et traiter le signal ECG à distance.



## 1.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de focaliser le domaine de la télémédecine et ses systèmes qui permettent la transmission des données médicales (signal ECG) à distance.

## 1.2 Aperçu sur la télémédecine

La télémédecine représente l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la communication dans le secteur médical. Elle médiatise l'acte médical en interposant un outil de communication entre les médecins ou entre un médecin et son patient.

La télémédecine ne remplacera jamais le contact immédiat médecin-malade mais vient s'ajouter aux outils du médecin au service du patient. Elle remet ainsi en cause une partie de la pratique médicale, mais représente un enjeu considérable pour l'amélioration des conditions de soin et de vie de beaucoup de personnes.

Elle permet aux professionnels de la santé d'évaluer, diagnostiquer et traiter les patients dans des endroits éloignés en utilisant la technologie des télécommunications. Dans les années soixante à soixante-dix, les premiers programmes de télémédecine ont été adoptés par les pays les plus vastes où la densité de population est faible, pour répondre au problème d'isolement géographique de certaines populations. Ce type d'organisation propose en effet une solution à la difficulté d'accès aux centres de soins spécialisés. D'après les premières expérimentations ont ainsi été développées par exemple en Australie (suivi psychothérapique à distance), en Écosse (dermatologie et médecine à distance pour les plates-formes pétrolières) et dans les zones rurales des États-Unis (télé soin) [1].

La télémédecine peut être aussi simple que la discussion d'un cas au téléphone par deux professionnels de la santé et aussi complexe que l'utilisation de technologies de satellites ou fibres optiques pour la transmission des données, couplées à des appareils médicaux spécialisés et associées à des applications informatiques complexes qui assurent la distribution et la récupération des informations médicales, leur sécurité et confidentialité, et la gestion de la prise en charge du suivi des patients [2].

Elle constituera un facteur clé d'amélioration de la performance de notre système de santé. Son usage dans les territoires constitue en effet une réponse organisationnelle et technique aux nombreux défis épidémiologiques, démographiques, et économiques (contrainte budgétaire) auxquels fait face le système de santé aujourd'hui et précisés en Auvergne dans le diagnostic préalable au projet régional de santé [3].



Elle est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans notre société, particulièrement dans notre contexte actuel de services de santé qui connaissent des difficultés d'accès aux médecins importants.

Aujourd'hui, de nombreux champs d'applications et services en télémédecine ont été déployés sur le terrain. Ces applications se déclinent en différents termes dont il est difficile de déterminer une typologie unanime.

### 1.3 Actes de la télémédecine

Nous présentons finalement les catégories d'applications de la *télémédecine* : (**Tableau 1.1**)

	Acteurs	
	<i>Sur place</i>	<i>A distance</i>
<b><i>Téléconsultation</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patient</li> <li>• Médecin(s) (en option)</li> <li>• Professionnel(s) Paramédical (aux) (en option)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin(s)</li> </ul>
<b><i>Télé-expertise</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin(s)</li> </ul>
<b><i>Télesurveillance médicale</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patient</li> <li>• Médecin(s) (en option)</li> <li>• Professionnel(s) paramédical (aux) (en Option)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin(s)</li> </ul>
<b><i>Téléassistance médicale</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin(s)</li> <li>• Professionnel(s) paramédical (aux) (en Option)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin (s)</li> </ul>
<b><i>Télé-chirurgie</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin</li> </ul>
<b><i>Téléformation</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Médecin</li> </ul>

**Tableau 1.1**-les acteurs de la télémédecine par type d'acte

#### 1.3.1 Téléconsultation

La téléconsultation est l'un des principaux actes faisant partie de la télémédecine. C'est un examen d'un patient ou analyse des données le concernant sans interaction physique directe. On distingue deux types de téléconsultations :

(a) soit le patient consulte de sa propre initiative un médecin par un réseau de communication interposé.



(b) soit le médecin consulté sollicite un avis diagnostic (télédiagnostic) ou thérapeutique (télé expertise) auprès d'un confrère situé à distance. On peut également citer dans ce cadre l'envoi et la consultation d'images médicales à distance (télé-imagerie, télé-radiologie) [1].

### 1.3.2 Téléassistance

Peut-être un acte médical lorsqu'un médecin assiste, à distance, un autre médecin en train de réaliser un acte médical ou chirurgical, voir, dans le cadre de l'urgence, aide un secouriste ou toute personne assistance à une personne en danger en attendant l'arrivée d'un médecin [4].

### 1.3.3 Télé-chirurgie

L'exploitation et la manipulation des équipements médicaux contrôlée à distance par le praticien sur le patient (ce qu'on appelle *télémanipulation*).

Le terme de télé chirurgie est souvent à l'origine d'une confusion. Ainsi, il a pu être appliqué :

À la chirurgie assistée par ordinateur car il y a effectivement une distanciation d'un deux mètres entre le chirurgien et son patient à l'équivalent en chirurgie de la *télé médecine*. C'est à dire, le fait de guider à distance le chirurgien qui fait l'acte chirurgical (télé monitoring).

Dans ce cas le « télé mentor » ne participe au geste à distance que par les conseils qu'il prodigue.

À l'inverse, la chirurgie à distance, dont il est question aujourd'hui, définie comme « Remote Surgery » par les américains, consiste à pratiquer la totalité de l'intervention à distance : aucune équipe n'avait réussi ce challenge en raison des délais de transmission du geste et des images, incompatibles avec une coordination fiable des gestes du chirurgien [5].

### 1.3.4 Téléformation

C'est un service bénéfique destiné aux professionnelles de la santé, consiste à l'utilisation de l'outil informatique en particulier pour l'aide à la formation continue des médecins : contacts professionnels via le réseau, consultation des informations médicales (banque de données, imagerie, suivi d'études épidémiologiques et d'essais cliniques), consultation de cours de formation et visioconférences dans les universités (télé-enseignement) et réunions [1].

### 1.3.5 Télé expertise

La télé expertise a été limitée souvent dans sa définition aux échanges entre spécialistes pour obtenir un deuxième avis .Cette définition peut être élargie à tout acte diagnostic ou thérapeutique qui se réalise en dehors de la présence du patient (en temps différé). L'acte médical de télé-expertise se décrit comme un échange entre deux ou plusieurs médecins, qui



arrêtent ensemble un diagnostic à base des données cliniques, radiologiques ou biologiques qui figurent dans le dossier médical d'un patient [4].

### **1.3.6 Télésurveillance**

La télésurveillance est un acte médical qui découle de la transmission et de l'interprétation, par un médecin, d'un indicateur clinique, radiologique ou biologique, recueilli par le patient lui-même ou par un professionnel de santé.

L'interprétation peut, dans certains cas, conduire à la décision d'une intervention auprès du patient [4].

Les applications de télémédecine visent à mettre en place des systèmes de surveillance permanente des personnes à distance. Ces systèmes permettent la capture d'informations sur l'évolution de son état de santé, afin que le praticien traitant puisse effectuer une consultation ou un diagnostic, voire aider les patients à distance et par conséquent assurer une prise en charge à temps.

## **1.4 Apports et enjeux de la télémédecine**

La télémédecine s'avère être une réalité médicale : elle s'impose déjà à travers l'usage d'outils comme le téléphone et la télécopie par exemple. Les progrès actuels des NTIC (une nouvelle technologie de l'information et de la communication) appliquées au domaine médical (imagerie médicale, débits de transmission, convivialité des systèmes, etc.), la miniaturisation des dispositifs, ouvrent des perspectives pour le développement de la télémédecine en termes d'accroissement de l'efficacité et de la qualité des soins, de partage des connaissances, ou encore de réduction des coûts de santé publique.

Pour chaque acteur de la télémédecine, les avantages de ce type d'organisation sont nombreux.

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. Les petits centres hospitaliers souffrent en effet du manque d'équipements et d'une pénurie de médecins. Si on considère le cas particulier de la surveillance à distance, la télémédecine répond au besoin d'autonomie, de sécurité et d'intégration sociale de patients souhaitant rester à leur domicile, et s'inscrit alors dans la dynamique des alternatives à l'hospitalisation.



L'intérêt des pouvoirs publics pour la télémédecine est directement lié à sa contribution dans la maîtrise des dépenses de santé publique, tout en améliorant l'accès à des soins de meilleure qualité.

- La télémédecine limite les déplacements des patients, du personnel médical et le transport.
- Elle réduit les durées moyennes de séjours en centre hospitalier.
- Grâce à l'accès distant au dossier médical, la télémédecine permet d'alléger la redondance des soins.
- Elle est liée directement à la contribution dans la maîtrise des dépenses de santé publique.
- La santé devrait être amenée à représenter une bonne part du chiffre d'affaire mondial des télécommunications.

Un des enjeux est ainsi la conception d'outils "intelligents" facilitant l'exploitation personnalisée de grandes quantités de données disponibles, dans le contexte de chaque patient. Ces ensembles expérimentaux peuvent alors être à la base de nombreux projets de recherche.

À terme, la télémédecine pourrait également agir en faveur du transfert mondial de connaissances médicales, et améliorer par exemple l'aide aux pays en voie de développement ou émergents. Le développement de la télémédecine intéresse également beaucoup certains secteurs médicaux pour lesquels elle serait parfois l'unique solution d'intervention pour l'apport de soins. Il s'agit par exemple de la médecine maritime, de la médecine sportive, de l'armée, qui considère la télémédecine comme un moyen d'assister à distance les marins, sportifs en zone isolée, soldats, spationautes, etc [6].

Pour les chercheurs, une conséquence du développement des services de santé, et plus particulièrement de celui du contrôle et du suivi à distance (télédiagnostic, téléconsultation), est la collecte de grandes masses de données liées à différentes applications et à différents patients. Un autre enjeu, est la conception et le développement d'applications et services facilitant la détection, les calculs et l'exploitation personnalisée de grandes quantités de données disponibles, dans le contexte de chaque patient. Ces ensembles de services conçus peuvent alors être à la base de nombreux projets de recherche [7].

Le bénéfice économique de la télémédecine reste ainsi encore incertain.

L'analyse des coûts par rapport à l'efficacité des applications est complexe et nécessite de nouveaux outils d'évaluation. Le problème d'évaluation économique provient également du caractère encore expérimental des applications en télémédecine, qui rend difficile la mise en œuvre d'analyses à grande échelle.



## 1.5 Freins au développement

Le développement des services de la *télémedecine* est confronté à des problèmes d'ordre culturel, juridique ou éthique, et à des réticences de la part des différents acteurs.

Les médecins et les patients craignent notamment qu'elle porte atteinte à la liberté d'exercice, au secret médical, et conduise finalement à une déshumanisation de la relation entre le médecin et son patient.

L'exploitation de l'outil informatique pour la détection, la consultation, le transfert et la sauvegarde des informations concernant les patients, ne doit pas nuire à leur confidentialité, leur efficacité et à leur fiabilité. D'autres points importants résident dans la responsabilité et la rémunération des praticiens.

En effet, la *télé pratique* médicale n'est pas encore reconnue comme un acte médical à part entière. Le choix de la méthodologie et de la politique tarifaire de la *télémedecine* est également un problème à résoudre. La conception d'une telle technique des services de *télémedecine* en matière de sécurité et de protection doit être méthodique. Il faut prendre le temps d'une réflexion globale, avec un spécialiste de préférence et prendre des mesures à la fois d'organisation, architecturale, technique et électronique. Ainsi, s'il n'y a pas de règle générale, il y a un raisonnement et des questions à se poser.

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.

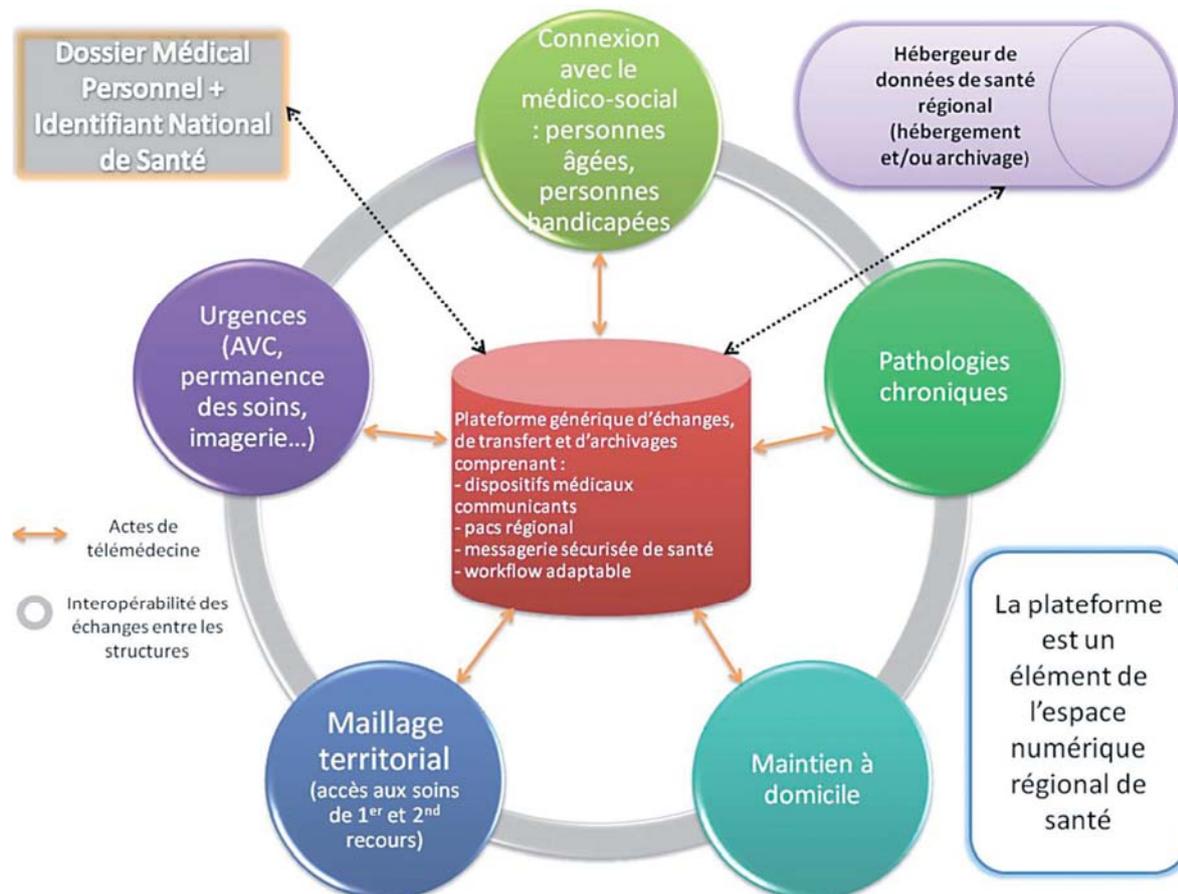
Ces services de *télémedecine* nécessitent en particulier l'imagination de la technique déployée, le traitement personnalisé des informations dans le contexte d'un patient et prennent en compte bien peu de règles d'interprétation générales issues d'informations médicales [6].

## 1.6 Description de la plateforme de télémedecine

Une telle plateforme de télémedecine a pour but de prendre en charge à distance les personnes à risque ou malades. Elle permet d'établir liaisons entre les différents acteurs médicaux afin de bien gérer les données informatisées (**Figure 1.1**). Cette plateforme comprend plusieurs



fonctionnalités tels que, le traitement des données, le stockage, le service des alarmes, le transfert des données médicales...



**Figure 1.1** – Plateforme des services de télémédecine

Comme montre la figure ci-dessus, la plateforme de télémédecine doit répondre à plusieurs problèmes liés au patient. L'objectif ici, est de permettre une prise en charge médical et social des personnes dépendantes comme les personnes âgées, les handicapés..., afin d'adapter leur environnement domestique et palier leurs incapacités. Dans ce stade là, il est indispensable d'effectuer un diagnostic en temps tout en assurant une sécurité permanente des malades à haut risque. Ainsi, le besoin de faire un diagnostic rapide et fiable des patients et de détecter leurs états de santé (situation critique) efficacement permet de gagner du temps dans leurs prises en charge.

## 1.7 Télésurveillance médicale

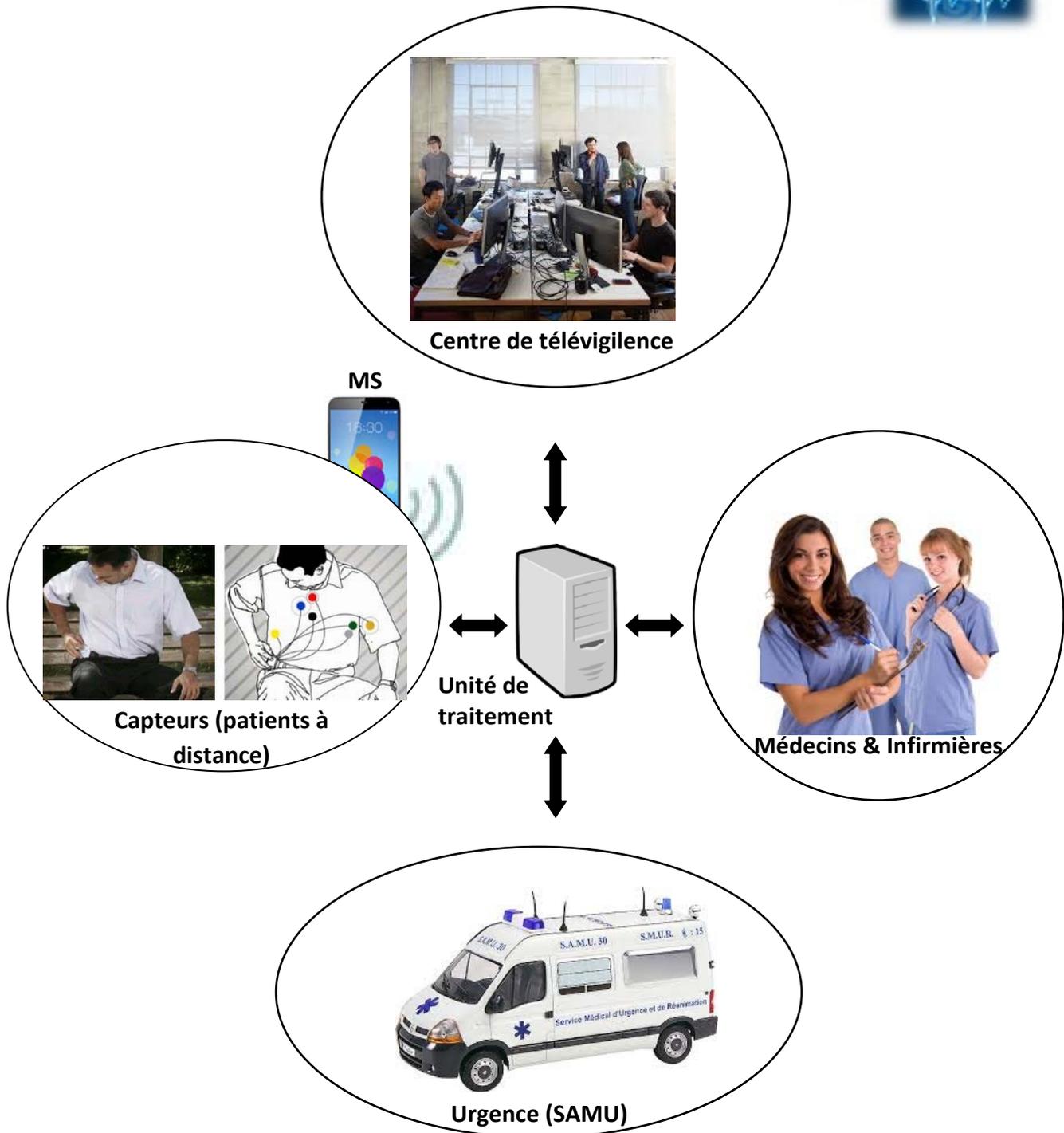
Le travail de ce Master se situe dans le cadre de la télésurveillance médicale des personnes cardiaque, qui représente une des dimensions de la télémédecine. Cette application prend en particulier en compte des éléments de télésurveillance, de téléconsultation et de téléassistance.



### 1.7.1 Objectif

La télésurveillance médicale a vocation de permettre à un médecin d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical d'un patient. Elle permet au médecin de prendre des décisions à distance concernant la prise en charge du patient et éventuellement de déléguer des actions à un autre professionnel de la santé. Elle permet [8] :

- d'améliorer le suivi médical à distance (post thérapeutique, préventif et curatif) et à domicile des personnes âgées en perte d'autonomie et/ou atteintes de pathologies chroniques.
- le favoriser leur maintien à domicile et leur permettre de vivre chez eux dans un environnement familial, de manière "indépendante".
- d'éviter le prolongement de certaines hospitalisations et d'anticiper le retour au domicile.
- de prévenir d'éventuelles hospitalisations.
- de fournir un accompagnement personnalisé à la personne concernée.



**Figure 1.2** – Système d'information de la télésurveillance médicale

Les systèmes de la télésurveillance concernent particulièrement les personnes âgées, mais plus généralement les personnes présentant des risques d'affection motrice (chute par exemple) ou cognitive (dépression, démence sénile, etc.), ou nécessitant des soins ou une attention particulière (diabétiques, asthmatiques, cardiaques etc.).

### 1.7.2 Principe

La télésurveillance médicale d'une personne à domicile s'appuie sur un système d'information global comprenant les éléments suivants (voir **Figure 1.2**) :



- (1) Un ensemble de capteurs de différents types (physiologie, environnement, activité) installés dans l'habitat ou portés par la personne, reliés en réseaux pour la collecte en temps réel de données, et d'appareillages automatiques (domotique) pour adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives ;
- (2) Une unité locale de traitement, au niveau de chaque habitat, responsable du stockage et du traitement des signaux reçus des capteurs, de la gestion d'une base de connaissances relative à la personne télé surveillée, et de l'émission de messages et d'alarmes;
- (3) Un centre de télé vigilance pour le traitement des messages et alarmes reçus des habitats. Un ensemble d'acteurs (personnel médical, personne télé surveillée et membres de sa famille) peuvent accéder à tout moment, après authentification et selon leurs privilèges, aux données du système, au niveau de l'unité locale de traitement [1].

La télémédecine exploite plusieurs standards de communication sans fil permettant de transférer tous types des fichiers médicaux (mesures, images...). La partie suivante sera consacrée aux différents standards et organismes de monde de communication mobiles.

## Organismes, technologies et standards existants

### A. Réseaux sans fil

Actuellement, les réseaux sans fil sont très présents dans des domaines qui n'ont, à l'origine, pas de liens particuliers avec les télécoms (*télémédecine* par exemple). Cet intérêt croissant va de pair avec des facteurs économiques et sociaux : la mobilité des utilisateurs s'accroît, les concepteurs cherchent à limiter le nombre de connections filaires en concentrant toutes les communications sur un seul bus, les besoins de systèmes embarqués autonomes sont plus fréquents. Tous ces exemples choisis parmi tant d'autres illustrent le nouvel attrait pour les réseaux et les télécoms. Plus récemment, c'est le « *tout sans fil* » et le « *haut débit* » qui se sont largement développés [7].

- **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 (10 m) entre plusieurs appareils (imprimantes, téléphone portable, clavier...) 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.



Cette technologie a été normalisée par l'*IEEE* sous la référence *IEEE 802.15.1*. Elle exploite la bande de fréquence 2,45 GHz avec un débit de 1Mbps [9].

- **ZigBee (*IEEE 802.15.4*)**

L'objectif de cette technologie est d'élaborer une solution simple de communication sans fil à faible débit procurant une autonomie d'énergie de plusieurs mois voire de plusieurs années. Elle est basée sur le standard *IEEE 802.15.4* (au niveau des couches physique et *MAC*) pour les réseaux à dimension personnelle. La spécification initiale de *Zig Bee* propose un protocole lent dont le rayon d'action est relativement faible, mais nécessitant nettement moins de ressource que le *Wifi* ou le *Bluetooth* et dont la fiabilité est assez élevée [10].

- **Wi-Fi (*IEEE 802.11*)**

Est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN). Le nom **Wi-Fi** (contraction de Wireless Fidelity, parfois notée à tort Wifi) correspond initialement au nom donné à la certification délivrée par la Wi-fi Alliance, Grâce au Wi-Fi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fils à haut débit pour peu que l'ordinateur à connecter ne soit pas trop distante par rapport au point d'accès [11].

- **UWB (*IEEE 802.15.3*)**

La technologie *UWB* connaît actuellement un essor spectaculaire. Elle est destinée à la transmission de données à très haut débit. Le fonctionnement de cette technologie est fondé sur une technique de modulation radio qui consiste à envoyer des impulsions de très courte durée (souvent inférieures à la nanoseconde) sur une très large bande de fréquences, offrant ainsi un débit de 480 Mbps sur de très courte distance (1 à 10 mètres). Elle est envisagée pour la liaison *PC* et ses périphériques (de type lien vidéo ou *USB* sans fil) nécessitant un très haut débit et une faible portée.

Cette technologie ouvre la voie à de nombreux travaux dans le domaine médical, tels que la conception des réseaux de capteurs intelligents, la surveillance médicale, la médecine préventive, le monitoring du cœur, la sécurité personnel, la localisation des patients, etc [12].

## **B – Réseaux d'accès radio mobiles**

Les progrès technologique dans le domaine des réseaux de télécommunications mobiles, ont vu l'apparition des technologies numériques au début des années 1990. En Europe (*GSM*), au Japon (*PDC*) et aux Etats Unis (*PCS*). L'évolution du réseau radio mobile *GSM* (dit de 2<sup>ème</sup> génération «2G») vers l'*UMTS* (dit de 3<sup>ème</sup> génération «3G») ensuite vers la «4G» (4<sup>ème</sup> génération) passe par des générations intermédiaires comme le *GPRS*, *HSCSD* ou *EDGE*



(dites «2.5G»), *HSDPA* (3.5G) et *HSUPA* (3.75G) qui seront présentés dans les paragraphes suivants [7].

- ***GSM* (2G)**

Le service le plus important dans les réseaux cellulaires *GSM* est le service de la voix. Cette technologie a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles et abonnés du réseau fixe (*RTC*). Le réseau *GSM* s'interface avec le réseau *RTC* et comprend des commutateurs [13].

- ***GPRS* (2.5G)**

Le standard *GPRS* représente une évolution majeure de la norme *GSM* et une transition vers la troisième génération, on parle généralement de 2.5G pour classifier ce standard. L'exploitation du mode de transfert des données par paquets et l'augmentation des débits ouvrent la porte aux communications mobiles multimédia. Ce standard peut être considéré comme un réseau de données à part entière (commutation de paquet) qui dispose d'un accès radio réutilisant une partie du réseau *GSM* [14]. Le réseau *GPRS* est relié à différents réseaux de données par l'intermédiaire de l'*Internet* (*Protocole IP*). Pour cela, il est indispensable qu'un terminal *GPRS* dispose d'une adresse *IP* dont le champ réseau est spécifique à ce type de support [7].

- ***UMTS* (3G)**

La 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 avec des débits supérieurs à 144 Kbps et pouvant aller jusqu'à 2 Mbps. 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 spectre de fréquences supérieures à celles utilisées par la technologie *GSM* [15].

## **C – Réseaux IP**

Le protocole *IP* est le cœur du fonctionnement de l'*internet*. Il assure sans connexion un service non fiable de délivrance de datagrammes *IP*. Le service est non fiable car il n'existe aucune garantie pour que les datagrammes *IP* arrivent à destination. Certains peuvent être perdus, dupliqués, retardés, altérés ou remis dans le désordre. Le mode de transmission est



non connecté car *IP* traite chaque datagramme indépendamment de ceux qui le précèdent et du suivant [7].

### 1.7.3 Enjeux

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

On identifie alors d'après cinq sous-systèmes clés du développement des systèmes d'information pour les services de soin à distance :

1. Système de surveillance local – Il s'agit d'un réseau local au patient pour l'enregistrement télémétrique de données relatives à une personne par l'intermédiaire de capteurs physiologiques, d'environnement et d'activité.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Système de communication – Il s'agit de permettre l'interopérabilité des quatre sous-systèmes précédents à travers un réseau médical qui relie les habitats de patients, 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, de stockage, d'analyse et de transmission des données, la quantité croissante des données collectées, la nécessaire personnalisation de leur traitement dans le contexte de chaque patient, la difficulté de modélisation de l'état de santé d'une personne. Une des spécificités de la télésurveillance médicale est la contrainte de traitement rapide de large ensemble de données évoluant au cours du temps, afin de répondre à l'objectif de détection "au plus vite" des situations inquiétantes à distance. Les difficultés de ces analyses sont en particulier liées à



l'hétérogénéité des données collectées, aux facteurs d'influence agissant parfois fortement sur les paramètres observés, ainsi qu'aux dépendances mutuelles de ces paramètres [1].

## 1.8 Conclusion

Ce chapitre a décrit un aperçu sur le domaine de la télémédecine et ses enjeux. Dans ce contexte, l'étude est focalisée autour de la télésurveillance médicale en précisant leur objectif et leur avantage.

Pour atteindre les objectifs fixés dans ce projet, il est nécessaire de parcourir une variété de notions et des problèmes liés au cycle de fonctionnement du cœur. Cela impose d'étudier et d'analyser tous les paramètres et les ondes caractérisant les signaux cardiaques. Ce qui va être détaillé dans le prochain chapitre.



## 2.1 Introduction

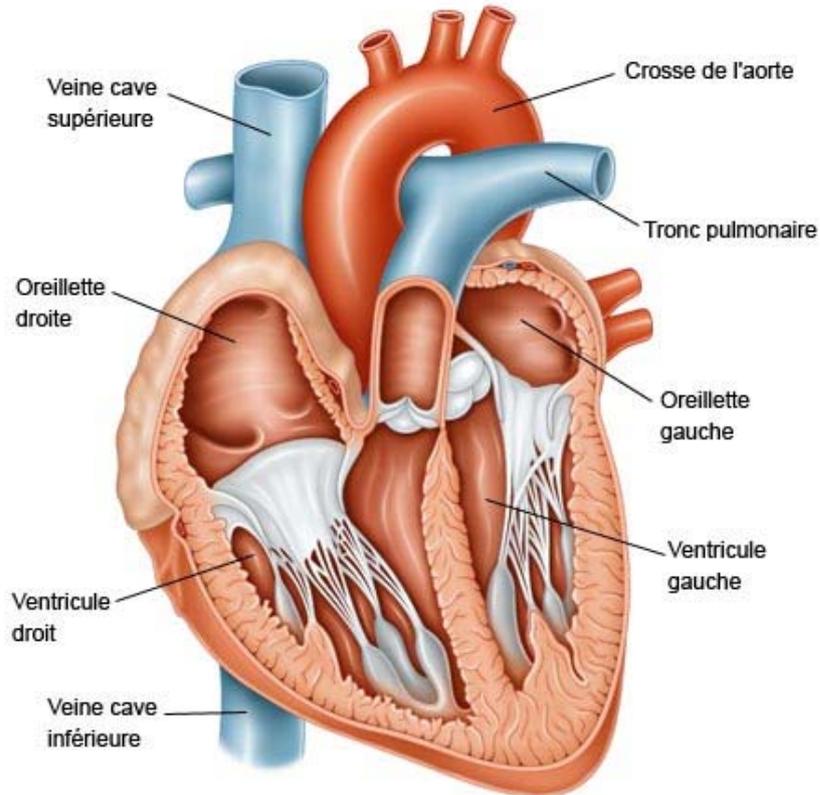
L'électrocardiographie explore l'activité électrique du cœur par enregistrement des variations des ondes électriques de l'activité de polarisation et de dépolarisation ventriculaire et auriculaires du cœur. L'activité cardiaque constitue l'un des plus importants paramètres déterminant l'état d'un sujet. Elle se traduit par l'apparition de plusieurs ondes sur le tracé de l'électrocardiogramme : c'est le signal cardiaque, l'électrocardiogramme ECG. L'analyse du signal ECG et l'identification de ses paramètres constituent une étape primordiale pour le diagnostic. Cependant, des sources de bruits telles que les variations de la ligne de base, l'interférence électrique du réseau électrique, et d'autres artefacts, mettent en arène la mise en œuvre des techniques d'analyse et d'identification utilisées. Toutefois, un ensemble de méthodes et d'algorithmes sont développés compte tenu de l'importance de ce signal et son exploitation en routine clinique dans le diagnostic des cas pathologiques cardiaques [16]. Ce travail s'inscrit dans cette problématique et présente des algorithmes de caractérisation des paramètres de signal ECG.

## 2.2 Anatomie et activité musculaire du cœur

Le cœur est l'élément central du système cardiovasculaire. Il sert de moteur au système de circulation sanguine, il bat avec une fréquence de soixante à quatre vingt battements par minute chez un adulte en bonne santé. Chaque battement fait avancer un volume de 70 ml de sang [17].

Le cœur propulse le sang grâce aux contractions de son tissu musculaire appelé myocarde. Il est séparé en deux par une épaisse cloison. Chaque côté (le cœur gauche et le cœur droit) est composé de deux cavités : une oreillette et un ventricule reliés entre eux par une valve à sens unique (voir *Figure 2.1*). L'oreillette droite récupère le sang pauvre en oxygène de la veine cave supérieure et inférieure, et le propulse par contraction de son tissu dans le ventricule droit. A son tour il se contracte et envoie le sang dans les poumons où il est chargé en oxygène [17]. Le sang revient au cœur dans l'oreillette gauche, puis passe dans le ventricule gauche et est envoyé vers les organes dans le réseau artériel.

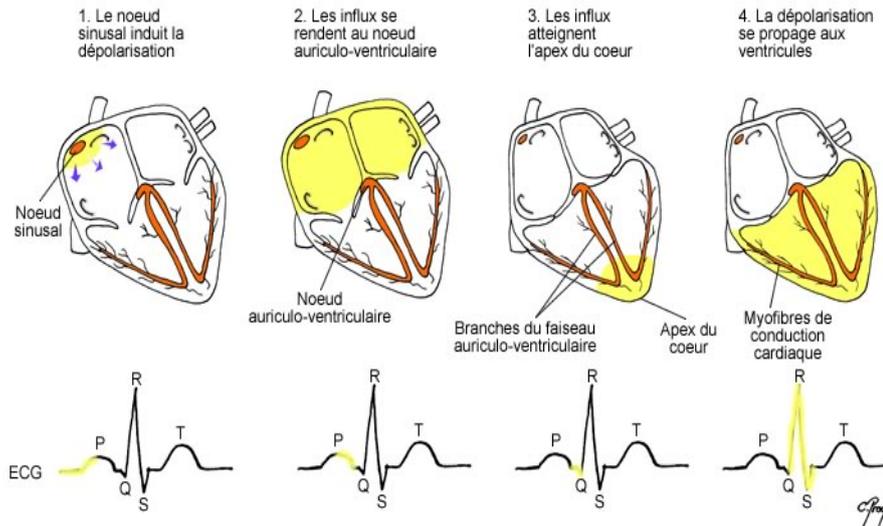
Dans le prochain paragraphe en va aborder le processus de contraction cardiaque du point de vue électrique.



*Figure 2.1- Anatomie du cœur*

### 2.3 Genèse du signal électrique cardiaque

L'excitation qui est à l'origine du battement cardiaque se forme dans le nœud sinusal. Ce nœud possède des cellules auto-excitables qui constituent un pacemaker naturel et qui permettent de générer une pression artérielle à une fréquence de 100 par minute environ. Chaque potentiel d'action du nœud sinusal produit normalement un battement cardiaque, c'est-à-dire que la fréquence des impulsions de ce pacemaker détermine la fréquence des battements. La propagation de l'excitation s'étend à partir de ce point aux deux oreillettes et au nœud auriculo-ventriculaire (AV). Ce nœud est situé en bas de l'oreillette droite et est constitué de cellules qui présentent une conduction électrique lente, ce qui impose à l'onde de propagation un certain retard. Ensuite, l'excitation est transmise au faisceau de His et à ses deux branches. Le faisceau de His est situé dans la partie haute du septum inter ventriculaire et ses fibres traversent le tissu connectif (non excitable) qui sépare électriquement les oreillettes des ventricules [18].



**Figure 2.2** - Séquence temporelle de la propagation de l'activité électrique cardiaque, analogie avec les ondes de l'ECG

Enfin, l'excitation électrique aboutit au réseau de Purkinje, qui la conduit au myocarde ventriculaire. Ce réseau représente la continuation du faisceau de His et arrive dans les parois ventriculaires. Le nœud auriculo-ventriculaire et le faisceau de His constituent la seule voie de propagation de l'activité électrique cardiaque entre les oreillettes et les ventricules [19]. Il est à noter que la forme du PA varie selon le tissu considéré, comme nous pouvons le voir sur la *Figure 2.2*.

## 2.4 Electrocardiogramme

Le terme électrocardiogramme (ECG) désigne en général les techniques permettant de visualiser les différences de potentiel qui résultent de l'excitation du cœur. Ces potentiels naissent à la limite entre les zones excitées et celles non excitées du myocarde et sont mesurés entre deux points de la surface du corps. Une fibre cardiaque en cours de dépolarisation peut être assimilée à un dipôle électrique. A un instant donné le front de l'onde d'activation formé par l'ensemble des dipôles élémentaires crée un champ électrique qui est fonction des moments dipolaires. L'enregistrement de l'évolution temporelle du champ électrique résultant, effectué au moyen d'électrodes cutanées, est nommé l'électrocardiogramme de surface et appelé simplement ECG [20].



L'ECG est un outil de diagnostic qui permet de détecter les pathologies cardiaques rythmiques, musculaires, les problèmes extracardiaques métaboliques, médicamenteux, hémodynamiques et autres.

## 2.5 Dérivations d'un électrocardiogramme

Les ondes de l'ECG correspondant à l'activité électrique du cœur sont enregistrées à l'aide de dérivations placées en des endroits précis du corps. Par convention, l'ECG comporte les enregistrements de 12 dérivations. Chaque dérivation a un pôle ou électrode négative et un pôle ou électrode positive et la situation de ces pôles détermine la polarité de la dérivation. Une ligne hypothétique joignant les pôles de la dérivation est appelé l'axe de la dérivation. Chaque axe de dérivation est orienté dans une certaine direction qui dépend de la localisation des électrodes positive et négative [16].

Six des 12 dérivations mesurent le potentiel électrique cardiaque dans le plan frontal (les dérivations bipolaires et unipolaires des membres) ; les 6 dérivations restantes mesurent le potentiel électrique cardiaque dans le plan horizontal (les dérivations précordiales) (*Tableau 2.1*).

Plan frontal		Plan horizontal	
Dérivations des membres		Dérivations précordiales	
Dérivations bipolaires	Dérivations unipolaires	Dérivations unipolaires	
I	aVR	V1	V4
II	aVL	V2	V5
III	aVF	V3	V6

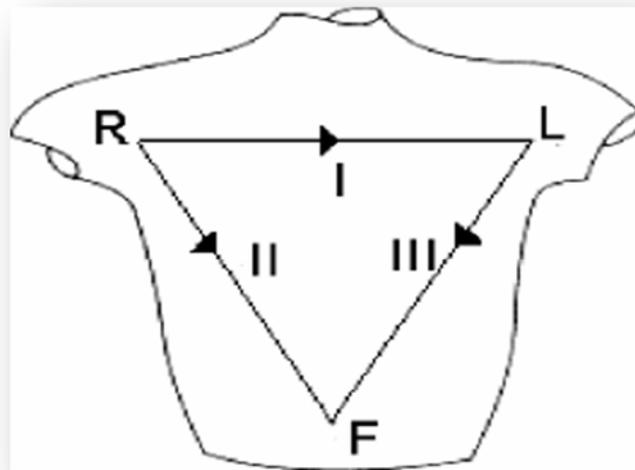
*Tableau 2.1 - Nom des douze dérivations standards*

### 2.5.1 Dérivations périphériques bipolaires standards

Les dérivations I, II et III sont des dérivations bipolaires qui explorent l'activité cardiaque dans le plan frontal. Ce système de référence est schématisé par un triangle équilatéral dit triangle d'Einthoven, fut réalisé en 1903 par Willem Einthoven [21] dont les sommets représentent les localisations des électrodes (*Figure 2.3*). Les trois électrodes sont placées respectivement : au bras droit pour R, au bras gauche pour L et à la jambe gauche pour F. On considère que tous les vecteurs résultants instantanés ont pour origine commune le



centre du triangle équilatéral et on recueille leurs projections sur les côtés de ce triangle en mesurant les différences de potentiel entre ses sommets [18].



*Figure 2.3- triangle d'Einthoven*

Les trois dérivations bipolaires enregistrent la différence de potentiel entre 2 points d'enregistrement (entre 2 membres). Par exemple, pour la dérivation I, l'électrode négative est placée sur le bras droit et l'électrode positive sur le bras gauche (*Tableau 2.2*).

Dérivation	Position	
	Electrode négative	Electrode positive
I	Bras droit	Bras gauche
II	Bras droit	Jambe gauche
III	Bras gauche	Jambe gauche

*Tableau 2.2- Position des dérivations bipolaires des membres*

### 2.5.2 Dérivations périphériques unipolaires

En 1934, Wilson introduit les dérivations unipolaires. Dans ce cas, il mesure la différence de potentiel entre un point de référence et chacun des points R, L et F. Dans le système dit de Wilson, ce point de référence appelé "borne centrale de Wilson" est virtuel, il est supposé demeurer à un potentiel invariable et de valeur pratiquement nulle. Goldberger propose en 1942, les «dérivations unipolaires augmentées des membres» (aVR, aVL, aVF) [22].



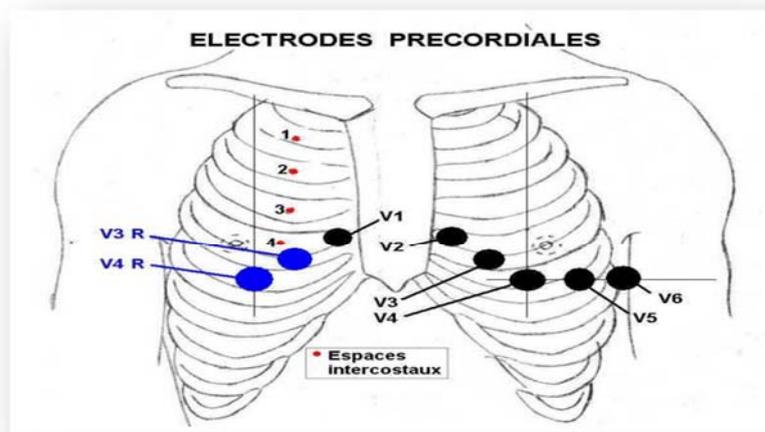
Celles-ci permettent d'obtenir des signaux de plus grande amplitude que ceux du système de Wilson. Ces dérivations mesurent la différence de potentiel entre chacun des trois points et le potentiel moyen des deux autres. On obtient ainsi des déflexions augmentées d'un facteur 1,5 par rapport aux dérivations de Wilson [23] (*Tableau 2.3*).

Dérivation	Position
	Electrode positive exploratrice
aVR	Bras droit
aVL	Bras gauche
aVF	Jambe gauche (pied)

*Tableau 2.3- Position des dérivations unipolaires des membres*

### 2.5.3 Dérivations unipolaires précordiales

En 1935, Kossman propose les dérivations unipolaires précordiales (V1 à V6). Pour mesurer les potentiels proches du cœur, 6 électrodes sont placées sur le thorax, et enregistrent les dérivations dites précordiales introduites dans V1, V2, V3, V4, V5 et V6. Ces 6 dérivations sont localisées du côté gauche du thorax comme illustré par la *Figure 2.4* :



*Figure 2.4 - Emplacement des électrodes précordiales : V1 à V6*



Ces électrodes thoraciques représentent ici aussi le pôle positif de dérivation unipolaire. Toute force ou vecteur électrique dirigé dans le sens d'une de ces dérivations produira une onde positive ; une force s'éloignant de cette dérivation produira une onde négative [23] (*Tableau 2.4*).

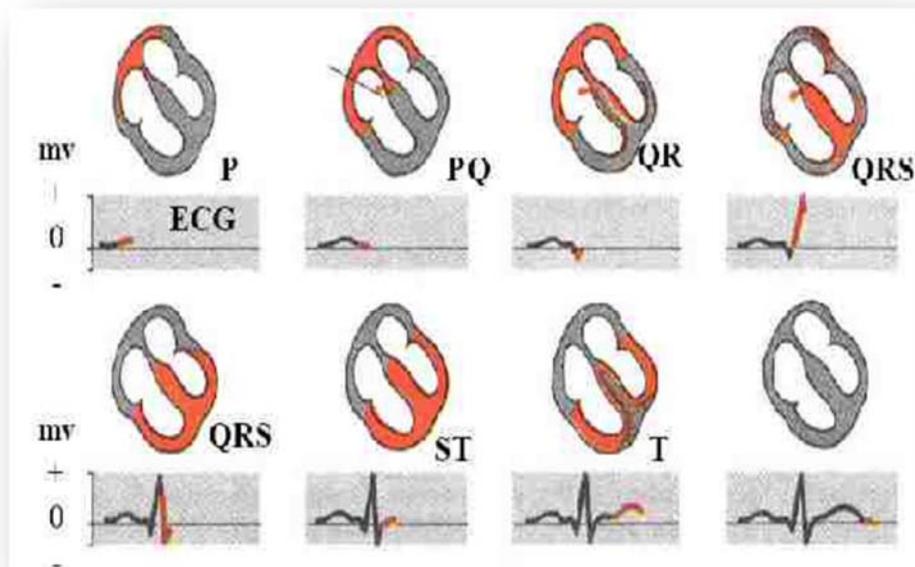
Dérivation	Description		Position
			Electrode positive exploratrice
V1	Dérivations précordiales droites	Dérivations ventriculaires droites	4 <sup>ème</sup> espace intercostal, sur le bord droit du sternum (ligne para sternale)
V2			4 <sup>ème</sup> espace intercostal, sur le bord gauche du sternum (ligne para sternale)
V3	Dérivations précordiales centrales	Dérivations septales(ou transitionnelles)	A mi-distance entre V2 et V4
V4			5 <sup>ème</sup> espace intercostal, sur la ligne verticale médio-claviculaire
V5	Dérivations précordiales gauches	Dérivations ventriculaires gauches	Directement latérale à V4, sur la ligne verticale axillaire antérieure
V6			Directement latérale à V5, sur la ligne verticale médio-axillaire

*Tableau 2.4- Position des dérivations précordiales sur la paroi thoracique antérieure*

## 2.6 Ondes et intervalles de l'ECG

Le processus de dépolarisation et de repolarisation des structures myocardiques se présente dans l'ECG comme une séquence de déflexions ou ondes superposées à une ligne de potentiel zéro, appelée ligne isoélectrique ou ligne de base. Ces déflexions sont dites positives si elles sont situées au-dessus de la ligne isoélectrique sinon elles sont dites négatives.

La visualisation de l'activité électrique du cœur pour un seul battement, donne un tracé constitué de trois ondes successives [5], (*Figure 2.5*).



**Figure 2.5** -L'onde électrique d'un battement de cœur

- **L'onde P** : Au cours du rythme sinusal normal, la dépolarisation du myocarde auriculaire produit une onde positive dans les dérivations I et II et négative en aVR. Habituellement les ondes P sont les mieux visibles dans les dérivations II et V1.

Voici les valeurs normales des paramètres de l'onde P :

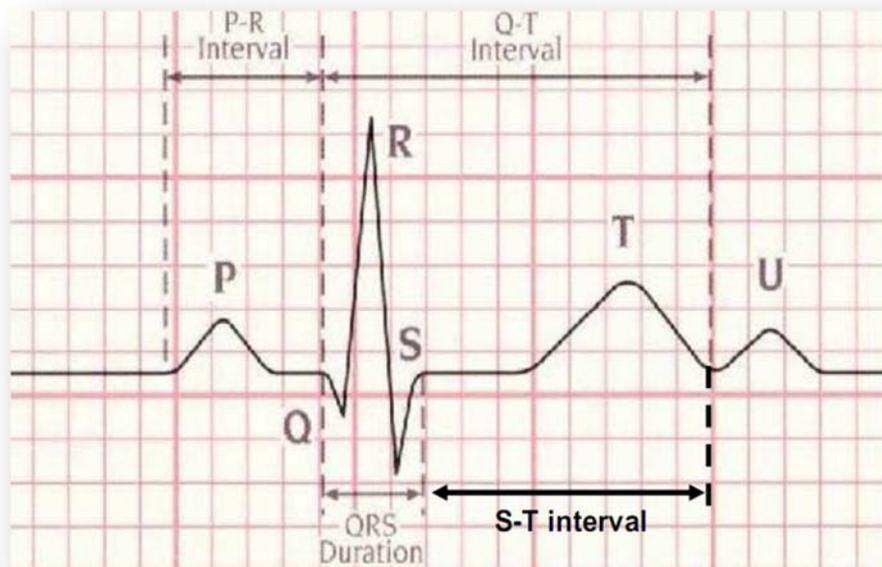
Durée < 0,11s dans la dérivation II, Amplitude < 0,25 mV (2,5 mm) dans la dérivation II et Orientation dans le plan frontal entre 0 et +75° [16].

- **L'onde QRS** : La dépolarisation ventriculaire se traduit par un complexe polyphasique, le complexe QRS. L'onde négative initiale est appelée onde Q : sa durée est généralement inférieure à 0,08 seconde et son amplitude dépasse rarement 1 à 2 mm. La première onde positive est appelée onde R. L'onde négative qui suit l'onde R est appelée onde S [16].
- **L'onde T** : Elle correspond à la re-polarisation des ventricules. Dans l'état normal du cœur, cette onde présente une amplitude moins faible que celle du complexe QRS et une durée plus longue.

L'analyse de l'électrocardiogramme comprend la mesure des amplitudes et durées ainsi que l'examen de la morphologie de l'onde P, du complexe QRS, de l'onde T, de l'intervalle PR, du segment ST, de l'intervalle QT comme on peut le voir sur la **Figure 2.6**. Les valeurs normales citées ci-dessous qui s'appliquent à des adultes d'âge moyen sont données à titre indicatif car il existe un chevauchement parfois important entre les valeurs normales et pathologiques [16].



- ❖ **L'Intervalle PR ou PQ** : L'intervalle PR ou PQ, mesuré du début de l'onde P au début du complexe QRS, représente le temps de propagation de l'influx par les oreillettes, le nœud auriculo-ventriculaire, le faisceau de His, ses branches, le réseau de Purkinje jusqu'au début de l'activation ventriculaire. La durée de l'intervalle PR varie de 0,12 à 0,20 secondes en fonction de la fréquence cardiaque et de l'âge [16].
- ❖ **L'Intervalle QRS** : La durée de cet intervalle représente le temps de dépolarisation ventriculaire [16].
- ❖ **L'Intervalle ST** : Le segment ST est la partie du tracé comprise entre la fin du complexe QRS et le début de l'onde T. Il correspond à la phase 2, en plateau, du potentiel d'action transmembranaire. Le segment ST normal peut être légèrement décalé, vers le haut au repos, ou vers le bas à l'effort [16].
- ❖ **L'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 re-polarisation ventriculaires. La durée de l'intervalle QT varie en fonction de la fréquence cardiaque, de l'âge et du sexe [16].
- ❖ **L'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 [16].



**Figure 2.6 - Différents intervalles dans l'ECG**



Les valeurs des paramètres de la figure (**Figure 2.6**) couramment constatées chez un adulte en bonne santé sont présentées dans le tableau ci dessous (**Tableau 2.5**) :

	Onde P	Complexe QRS	Onde T	Intervalle PQ	Intervalle ST	Intervalle QT	Onde R
Durée (s)	< 0,11	0.08	0.2	0.12-0.2	0.2	0.36	0.07-0.1
Amplitude (mv)	< 0,25	Qa<0, Ra>0, Sa<0	>0	Isoélectrique: 0	Isoélectrique: 0	-	1.60

**Tableau 2.5** - paramètres caractérisant un battement cardiaque

## 2.7 Pathologies cardiaques

Les éléments significatifs pour la reconnaissance d'arythmies cardiaques à l'ECG sont la détermination du rythme de base, de la fréquence cardiaque, de la régularité des ondes P et de leur rapport de conduction vers le ventricule, ainsi que la morphologie du complexe QRS.

Une arythmie cardiaque est un trouble périodique ou constant, régulier ou irrégulier de la pulsation cardiaque. Les arythmies cardiaques peuvent survenir chez des patients ne présentant aucune cardiopathie structurale ou sont la conséquence d'une maladie cardiaque ou extracardiaque.

Afin d'interpréter les arythmies correctement, il convient de procéder comme suit: évaluation de la fréquence cardiaque, du rythme, de la régularité des ondes P (le cas échéant) et de leur rapport de conduction vers le ventricule de l'onde T, la morphologie du complexe QRS ,ainsi que l'intervalle PR , QT, du segment ST [24].

### 2.7.1 Présentation des caractéristiques de l'ECG

Nous introduisons ici les paramètres liés à l'étude du rythme et de la forme des ondes de l'ECG.

#### A. Rythme cardiaque

Le repérage des ondes R, nous permet d'étudier le rythme cardiaque. Ce rythme est caractérisé par deux propriétés : la fréquence des ondes R, exprimée en nombre de battements par minute (bpm) et leur régularité.

En l'absence de toute pathologie, le rythme est régulière sa fréquence est en moyenne de 70 battements par minute chez l'adulte (entre 60-100 bpm la journée et 40-80 bpm la nuit). Cette fréquence diminue avec l'âge et l'entraînement physique. Il peut y avoir des problèmes liés au



trouble du rythme en dehors de ces limites. Ce problème doit faire l'objet d'une étude approfondie pour définir une éventuelle pathologie dépendante.

En effet, l'accélération du rythme est liée à l'activité du patient (période de stress, période d'effort...). Pour cela, il est indispensable de prendre en compte cette activité avant d'effectuer un diagnostic [7].

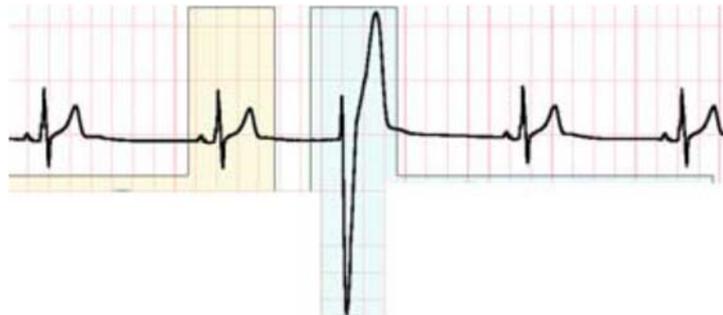
## B. Caractéristiques et types de l'extrasystole

Excitation atriale ou ventriculaire prématurée, se traduisant sur l'ECG par une onde P ou un complexe QRS survenant avec un intervalle p-p ou R-R plus court que ceux qui le précèdent et qui le suivent. une extrasystole peut être suivie d'un intervalle plus long que l'intervalle de base.

- **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 [7].

Le tracé d'un battement *ESV* est représenté sur la figure (**Figure 2.7**) où la durée du complexe est supérieure à la durée d'un complexe QRS normal.



**Figure 2.7-**Extrasystole Ventriculaire (*ESV*)

- **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 (**Figure 2.8**) [7].

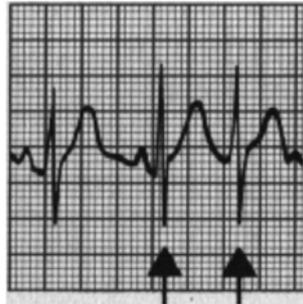


**Figure 2.8**– Extrasystoles Auriculaires (ESA)

- **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.

Le tracé de l'*ESJ* est donné sur la figure (**Figure 2.9**) [7].



**Figure 2.9**– Extrasystoles Jonctionnelles (ESJ)

Elle peut être située avant le complexe QRS, noyée dedans ou placée juste après, entre le QRS et l'onde T.

### 2.7.2. Diagnostic à partir du rythme

L'étude du rythme cardiaque se fait à partir du repérage des ondes R ; ce rythme est caractérisé par deux propriétés : la fréquence des ondes R, exprimée en nombre de *battements par minute (bpm)*, et leur régularité.

En l'absence de toute pathologie, le rythme est régulier et sa fréquence est comprise entre 60 et 100 bpm la journée et 40 et 80 bpm la nuit .Il peut y avoir trouble du rythme qui doit faire l'objet d'une étude approfondie pour définir une éventuelle pathologie sous-jacente, Cependant, toute irrégularité n'est pas pathologique : en effet, le système nerveux autonome, exerçant un contrôle permanent, peut fortement accélérer le rythme en réponse à un contexte particulier : une période de stress ou d'effort, par exemple. Il est donc essentiel de prendre en considération l'activité du patient avant de poser un diagnostic.

Par la suite, on va voir le traitement des troubles de la fréquence et de la régularité dus aux certains pathologies [24].



## A. Fréquence

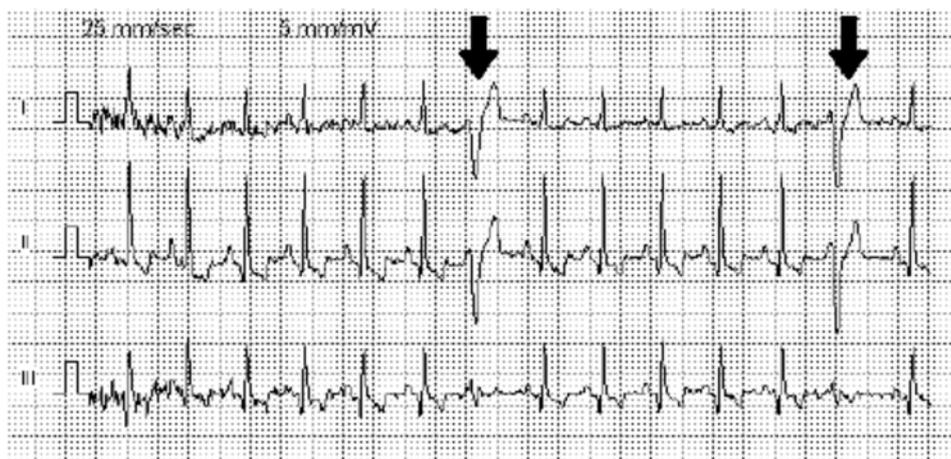
Un rythme cardiaque régulier est normal lorsqu'il est compris en journée entre 60 et 100 bpm, et entre 40 et 80 bpm pendant la nuit. Hors de ces limites, on parle de bradycardie lorsqu'il est trop lent, et de tachycardie lorsqu'il est trop rapide [5].

### • 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 [7].

### • 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 (*Figure 2.10*). Elle est caractérisée par le fait que la fréquence soit supérieure à 100 bpm [7].



*Figure 2.10 – Tachycardie ventriculaire*

## B. Troubles du rythme cardiaque

Les arythmies cardiaques sont des modifications du rythme cardiaque naturel. Elles peuvent ne pas avoir de signification médicale ou être rapidement mortelles.

Les arythmies cardiaques sont plus fréquentes avec l'âge.



### 2.7.3 diagnostique à partir des ondes

L'analyse de la forme des ondes de chaque battement reste pour l'instant essentiellement limitée à la forme de l'onde R, même si elle commence à permettre le repérage de troubles de la repolarisation à partir de la forme de l'onde T.

L'avantage d'une étude individuelle de chacune des ondes, en y incluant l'analyse de l'onde P, est qu'elle permettra de réaliser un véritable pré-diagnostic sur la base de la connaissance experte, grâce à la localisation de l'origine du problème lorsque les battements cardiaques ne sont pas normaux. En effet, nous avons vu que chaque onde correspond à une activité spécifique d'une partie du cœur.

Ainsi, cette méthode permettant un repérage précis et continu de toutes les ondes caractéristiques P, Q, R, S et T du battement, devra permettre de localiser plus précisément toutes les zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal du cœur sur les 24 heures de l'enregistrement [24].

## 2.8 Conclusion

Finalement, l'analyse et la caractérisation du signal *ECG* permet de déceler un grand nombre de pathologies cardiaques et par conséquent dresser un diagnostic précis, fiable et efficace. Cette analyse est notamment liée à celles de *la fréquence cardiaque* et/ou de *la régularité des battements* qui sont anormales (*bradycardies, tachycardies...*).

Dans le cadre de ce projet, nous cherchons à développer un algorithme sur un mobile permettant un repérage précis et continu des instants d'apparition des différentes ondes caractéristiques du signal *ECG*. Cet algorithme devra permettre de localiser plus précisément des zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal du cœur. Le chapitre suivant présente notre application proposée.



### 3.1 Objectif

Le but de ce travail est de repérer les ondes caractéristiques d'un signal ECG à distance sur un terminal mobile pour aider le médecin à effectuer un diagnostic. C'est le cas de la télésurveillance que l'on peut trouver dans de nombreux domaines tels que la télé-médecine, la domotique....

### 3.2 Etude technique

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.

#### 3.2.1 Données de base

L'idée de base de notre projet est d'implémenter une MIDlet pour téléphones portables, ayant la fonction de consulter à distance un serveur de traitement contenant des signaux cardiovasculaire. Il s'agit de détourner les *téléphones mobiles* de leur fonction de base et d'en faire des outils pour la *télé-médecine*. Ce qui permet de développer des plateformes mobiles des services à valeur ajoutées.

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

#### 3.2.2 Rédaction d'un cahier des charges

Cette partie nécessite la rédaction d'un cahier de charge pour satisfaire les objectifs et les besoins de notre application. Il consiste à :

- Créer deux applications :

- Une à installer sur un serveur web (contenant les fichiers numérique).
- La deuxième à installer sur un téléphone pour recevoir le fichier médical (le signal *ECG*).

-L'application est programmée dans un langage qui soit le plus portable possible. Elle doit être simple à utiliser et à installer.



-L'interface utilisateur doit être simple, souple, de haute qualité, facile à exploiter et à manipuler.

### 3.2.3 Environnement de développement

Ci-dessous, voici la liste des composants qui ont été nécessaires au développement du projet. Cette liste représente ce qui a été utilisé, mais ne représente pas la seule possibilité.

#### ▪ 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*.

On y trouve donc tous 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).

#### ▪ 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 une navigation (internet explorer, Firefox...). Il est cependant nécessaire d'avoir suffisamment de compétences pour l'installer et le paramétrer. Il permet de renvoyer les ressources demandées.

#### ▪ Configuration de terminal mobile chez l'opérateur

Pour que notre application puisse établir des connexions via la puce de l'opération (Ooredoo, Mobilis, et Djezzy), il faut configurer la passerelle WAP qui est hébergée chez lui, c'est ce que l'on appelle GPRS. Cette étape est accomplie si 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 être ciblés dans la conception et le développement de notre application.

#### 3.3.1 Support des réseaux

En termes d'exploitation de données envoyées par un serveur web sur un téléphone portable qui les traite par des algorithmes spécifiques, la solution la plus adaptée consiste en de simples téléphones liés par un système de transmission étendu 2G/3G et internet.

##### 3.3.1.a Technologie d'accès mobile

L'exploitation du canal 2G/3G nous a permis de transmettre les données médicales du patient entre les acteurs médicaux. 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.b Communication via internet

- **Protocole http**

Le choix qui a été pris c'est de programmer avec HTTP selon les caractéristiques suivantes [25] :

- HTTP est obligatoirement implémenté sur tous les terminaux MIDP.
- 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 [7].

Une version sécurisée du http cryptant toutes les requêtes échangées a donc été créé 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 telle que bank of American. Son principe, basé sur un procédé cryptographique par clé publique de type asymétrique, procure une plus grande sécurité [26].

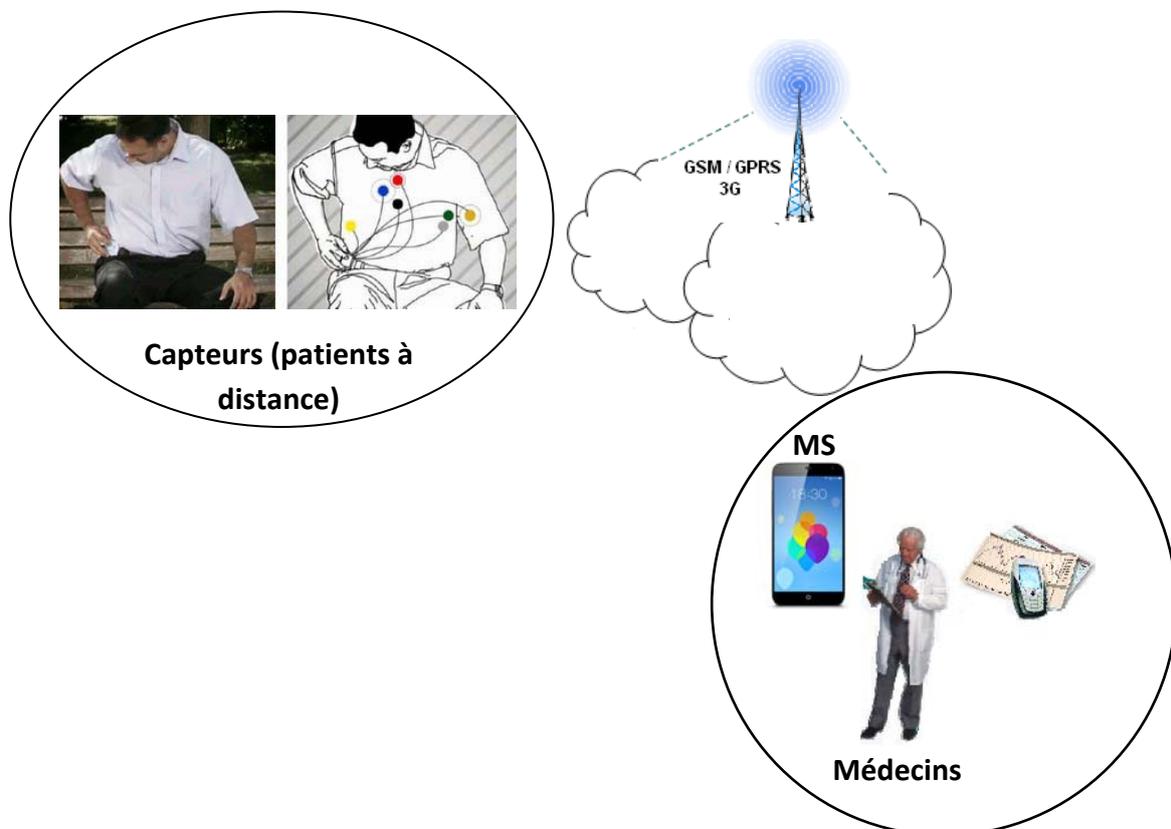


### 3.3.2 Système des terminaux

L'utilisation du système d'exploitation Androïde est généralement le plus répandu pour les terminaux portables de ressource restreintes est plus particulièrement pour Samsung Smartphones *iPhone*. 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 atteint 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 de l'application

La figure suivante présente la plateforme de notre application qui vise la surveillance à distance des personnes cardiaques. Ce service permet d'aider la personne à risque et mieux suivre son rythme cardiaque tout en assurant une sécurité permanente 24h/24h.



*Figure 3.1- Plateforme de l'application*



### 3.4.1 Description fonctionnelle de la solution proposée

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 à installer qui tourne sur un PC (le bureau de l'ordinateur).

La plateforme proposée nécessite la satisfaction des fonctions suivantes (voir **3.4.3 Enchaînement du projet**) :

- ✓ 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 de terminal exploité.
- ✓ Présentation des analyses obtenus et le signal reçu sur l'écran du Smartphone.

### 3.4.2 Présentation des interfaces de l'application

Etant donné 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.

Après les phases d'étude de l'existant nous avons développé une structure organisationnelle et fonctionnelle qui permette de naviguer facilement entre les différentes parties. 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 :

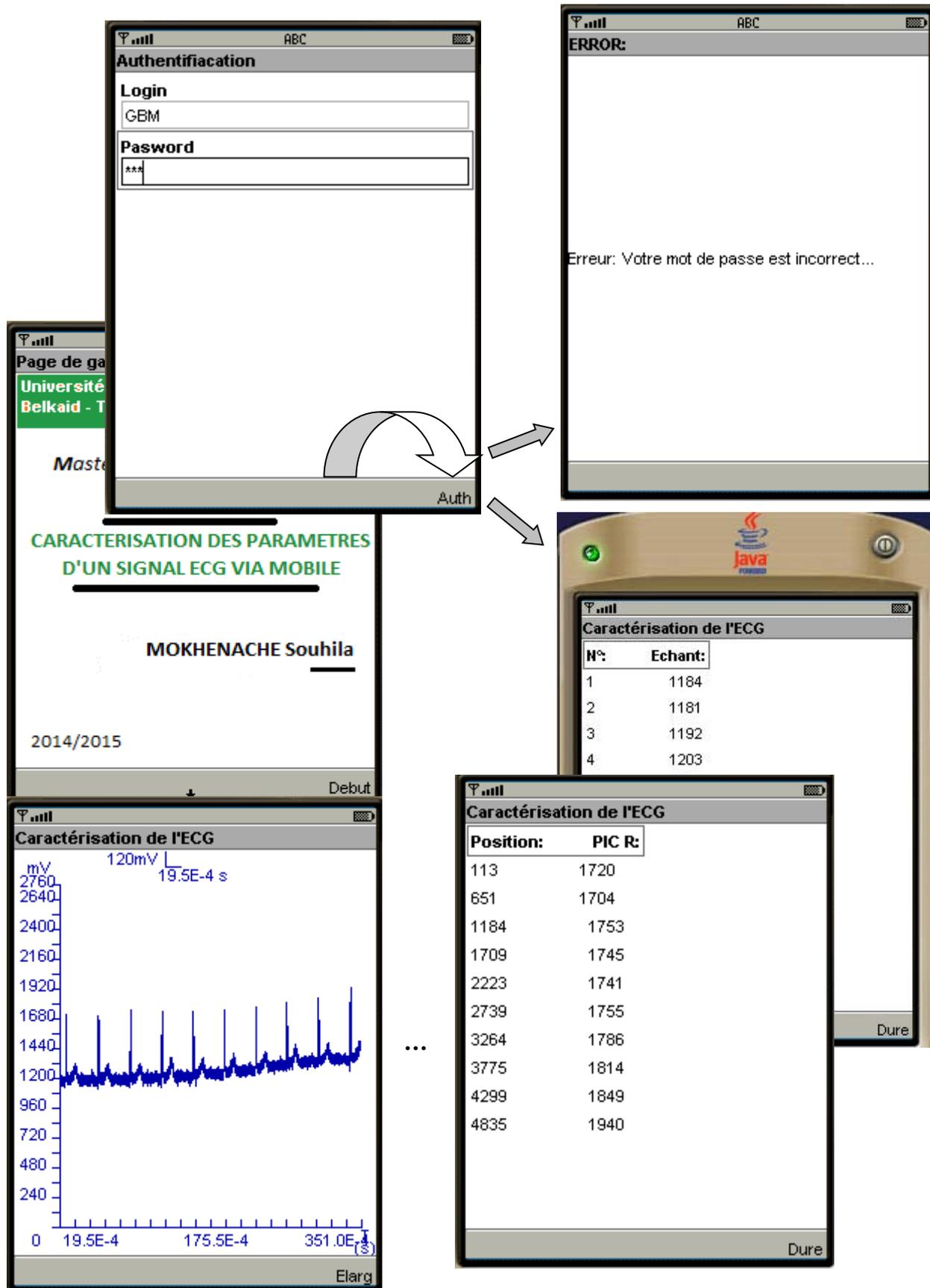


Figure 3.2 - Interface utilisateur



Heureusement, au sein du profil MIDP, le paquetage *javax.microedition.Icdui* fournit les composants nécessaires à la réalisation d'une interface adaptée au téléphone portable.

### 3.4.3 Enchaînement du projet

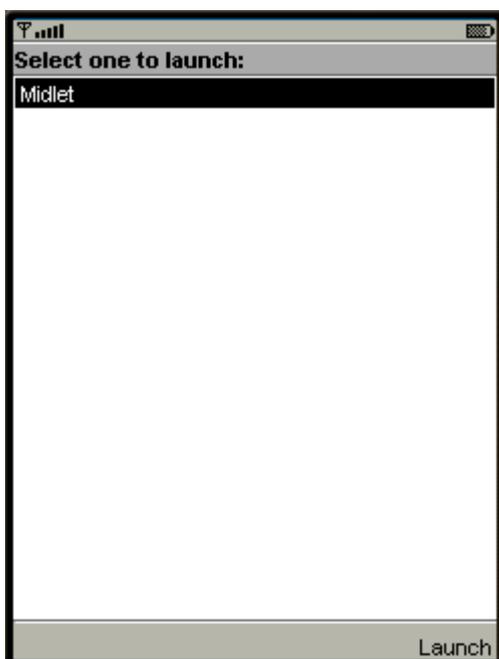
Cette section présente l'interprétation des grandes étapes de l'exécution de notre application. Toute cette série de tests a été effectuée grâce à l'émulateur de téléphone.

#### A. Etablissement de la connexion

Les principaux atouts d'un terminal sans fil sont sa connectivité et son accessibilité, qui permettent de rester connecté avec le monde entier à tout instant et en tout lieu couvert par un réseau de télécommunication [7].

La première partie donc qui devra être réalisée concerne l'interconnexion à distance des équipements appropriés de mesure, des bases de stockages des données et des dispositifs auprès du médecin traitant. Tous ces équipements doivent se mettre d'accord sur le même tunnel (port, adresse...) pour qu'ils puissent échanger toutes sortes de données.

Le lancement de l'application est montré sur la **Figure 3.3** :



**Figure 3.3** – Lancement de l'application



**Figure 3.4** – Thème du projet

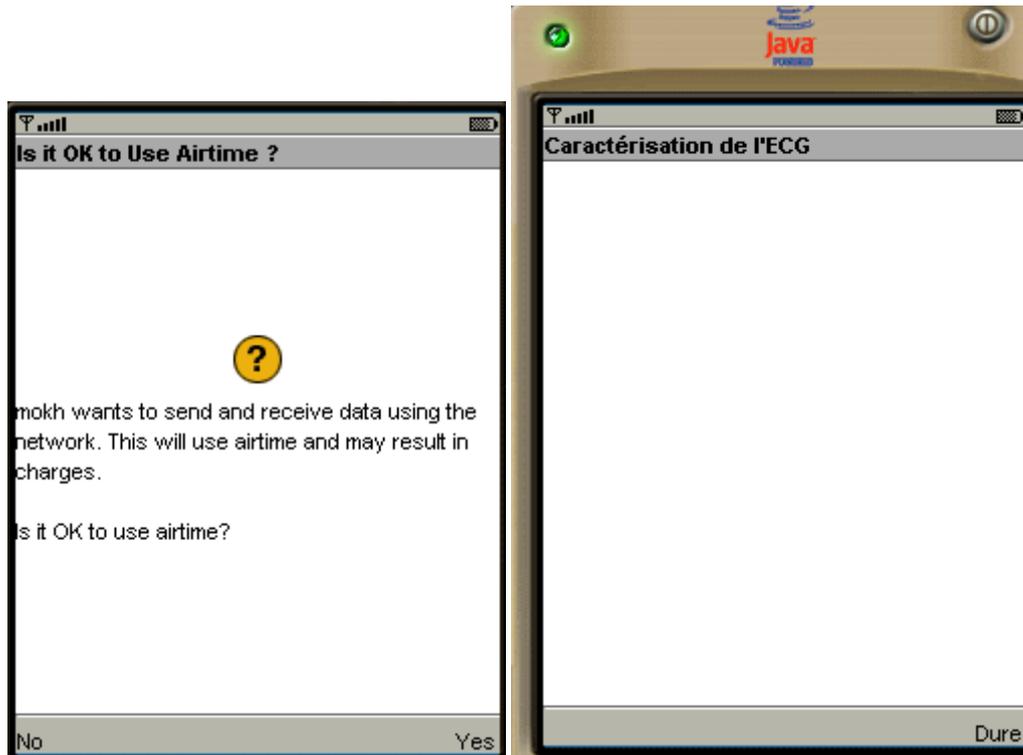
Lors de l'activation du mode de la *télésurveillance* (**Figure 3.3**) une interface de thème s'affiche présentée sur la **Figure 3.4**.



The image shows a mobile application interface for authentication. The title bar at the top reads 'Authentification'. Below the title, there are two input fields. The first is labeled 'Login' and contains the text 'GBM'. The second is labeled 'Pasword' and contains three asterisks '\*\*\*'. The status bar at the top of the device shows signal strength, 'ABC', and battery level. At the bottom right of the screen, there is a button labeled 'Auth'.

*Figure.3.5-Authentification*

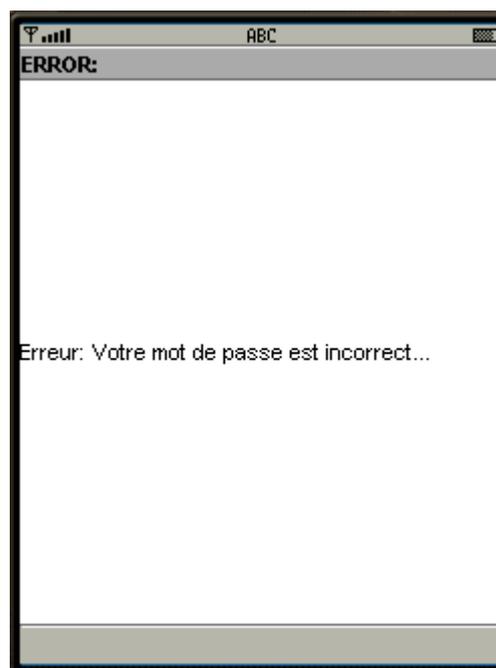
En appuyant sur le bouton « Début », l'application fonctionnera et communiquera de façon autonome avec le serveur de traitement via le support réseau (*Figure 3.6*) après une phase d'authentification, Dans laquelle vous pouvez vous déplacer à l'aide des flèches de navigation (haut, bas) (*Figure.3.5*). Cette étape permet une authentification unique des utilisateurs de l'application, ce qui permet la protection du système de *télésurveillance* des usages malintentionnés.



**Figure 3.6-** Etablissement de la connexion entre le mobile et serveur

La connectivité est assurée par les outils de connections au réseau de communication .Le message présenté dans la **Figure 3.6** confirme la possibilité d'envoyer et de recevoir les données en utilisant le serveur *Apache*

En cas ou le mot de passe est erronée un message va se affiché en signalant une alarme (**Figure 3.7**).



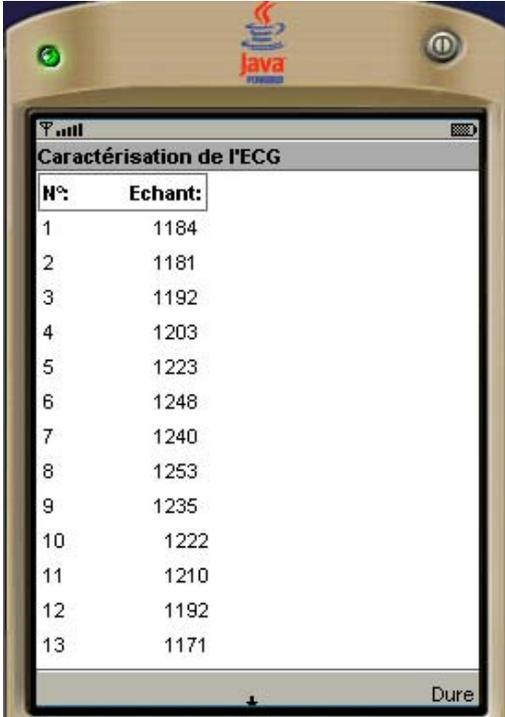
**Figure 3.7** Message d'erreur



## B. Transmission des données ECG

Cette partie ne nécessite pas d'étude particulière, si ce n'est la recherche des bibliothèques qui permettent une telle manipulation des réseaux. Notre but ici, c'est juste de trouver les meilleurs moyens (protocoles de communications...) pour le transfert des données médicales et les résultats du diagnostic aux différents acteurs médicaux mis en jeu (voir **3.3 Bilan de l'analyse**).

Le Smartphone collecte alors des échantillons des fichiers numériques délivrés par le serveur web (**Figure 3.8**). Il se charge de stocker ces données sous forme de vecteurs de 5000 échantillons afin de les impliquer dans la génération des signaux voulus.

A photograph of a smartphone screen displaying a Java application. The screen shows a table titled 'Caractérisation de l'ECG' with two columns: 'N°' and 'Echant:'. The table contains 13 rows of data. The phone's status bar at the top shows signal strength, a green battery icon, and the Java logo. The bottom of the screen shows a 'Dure' button and a scroll indicator.

N°	Echant:
1	1184
2	1181
3	1192
4	1203
5	1223
6	1248
7	1240
8	1253
9	1235
10	1222
11	1210
12	1192
13	1171

**Figure 3.8** -Acquisition de 5000 échantillons du patient (signal ECG)

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 du mémoire disponible et du format dont les données sont représentées sur le terminal. Nous avons abouti par simulation à une valeur maximale de 5000 points, autorisée par l'outil Wireless Toolkit 2.2. Cette valeur est suffisante pour effectuer une analyse sur plusieurs battements le long du signal *ECG*.



Les mesures de la (**Figure 3.8**) 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 un calcul, elle sont converties au format nombres juste pour générer les signaux *ECG*.

Hors de cette limite de 5000 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 flottantes nous avons choisis un procédé de conversion, nombre réel-chaine de caractère 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*.

### C. Traitement des signaux cardiaques

Cette étape du projet représente le cœur de l’application. La MIDlet communiquera de façon autonome avec le serveur pour récupérer les données transférées (**Figure 3.8**).

Comme il a été mentionné auparavant, le but de cette étude se focalise autour de l’analyse des signaux *ECG* des personnes cardiaques. Le diagnostic et le traitement complet pourront se faire à l’aide de l’implémentation d’un algorithme de calcul sur le mobile (cœur de la plateforme). Il détermine les paramètres les plus significatifs nécessaires à la caractérisation des ondes caractéristiques d’un *ECG*. Cela va permettre de localiser plus précisément les zones du signal susceptibles de porter la trace d’un comportement anormal du cœur sur les 24 heures d’enregistrement.

Dans ce cas, l’analyse complète sur le mobile, comporte une palette des diagnostics : un diagnostic à partir du rythme cardiaque et un diagnostic à partir de la forme des ondes (distances relatives, durées...). La combinaison de ces deux types rend plus visible la relation entre certaines observations anormales du tracé *ECG* et les pathologies les plus courantes.

Nous exposons dans la suite les paramètres caractéristiques (**Figure 3.9**) qui sont justement ceux que l’algorithme sera amené à analyser.



Caractérisation de l'ECG		Caractérisation de l'ECG		Caractérisation de l'ECG	
Position:	PIC R:	Position:	Durée:	Q-R:	Durée:
113	1720	1-2	1.05078125	9-8	0.033203125
651	1704	2-3	1.041015625	8-7	0.03125
1184	1753	3-4	1.025390625	7-6	0.029296875
1709	1745	4-5	1.00390625	6-5	0.025390625
2223	1741	5-6	1.0078125	5-4	0.0234375
2739	1755	6-7	1.025390625	4-3	0.037109375
3264	1786	7-8	0.998046875	3-2	0.025390625
3775	1814	8-9	1.0234375	2-1	0.03125
4299	1849	9-10	1.046875		
4835	1940				

(a)

(b)

(c)

Caractérisation de l'ECG		Caractérisation de l'ECG	
R-S:	Durée:	Position:	Durée:
9-8	0.07421875	9-8	0.07421875
8-7	0.056640625	8-7	0.056640625
7-6	0.068359375	7-6	0.068359375
6-5	0.056640625	6-5	0.056640625
5-4	0.05859375	5-4	0.05859375
4-3	0.064453125	4-3	0.064453125
3-2	0.07421875	3-2	0.07421875
2-1	0.060546875	2-1	0.060546875
		<b>Durée moyenne est : 0.064208984375</b>	

(d)

(e)

**Figure 3.9-Paramètres générés du signal ECG.**

(a) Localisation des pics R, (b) Durée R-R, (c) Durée Q-R, (d) Durée R-S, (e) Complexe QRS.

Nous avons implémenté, les deux types de diagnostic (rythme et durées des ondes) dans notre plateforme pour déceler d'éventuelles pathologies cardiaques chez un patient. Le principe consiste à parcourir les échantillons du signal en cours afin de positionner, en



premier lieu, tous les pics R en raison de leurs amplitudes dominantes. Ils sont obtenus grâce à une référence (seuil) tracée au début de l'analyse pour détecter les ondes R (**Figure 3.9(a)**).

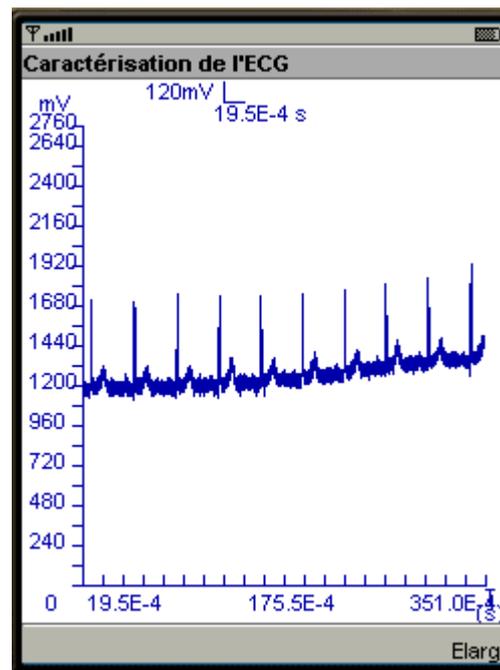
Pour cela, le programme scrute chaque point du signal et teste si ce point a un niveau au-dessus du seuil. Lorsqu'un point vérifie cette condition, tous les points suivants également supérieurs au seuil, sont stockés jusqu'à ce qu'une valeur passe en dessous du seuil. Ainsi, à ce stade, l'algorithme a stocké tous les points du pic R situé au-dessus du seuil.

Il suffit donc de trouver le maximum de cet ensemble de points (l'amplitude du pic R correspond à ce maximum et l'instant d'apparition du pic correspond à l'indice de la position du maximum dans le vecteur du signal ECG). Pour localiser ces pics, il faut connaître leurs amplitudes (Voir **Tableau 2.5**).

Une fois l'étape de détection des pics R achevée, l'algorithme de balayage gauche et droit, est activé autour de chaque pic R pour la seconde détection (localisation des autres ondes). Cette étape définit les paramètres caractéristiques nécessaires à la classification tels que les positions et le nombre des ondes R, Q et S, le nombre des échantillons entre chaque deux pics R, fréquence cardiaque et les durées QRS (**Figure 3.9 (b), (c), (d) et (e)**). La phase finale, permet d'évaluer et déceler les différentes pathologies cardiaques susceptibles d'être repérées selon les paramètres caractéristiques obtenus.

Les paramètres caractéristiques obtenus sont comparés avec ceux présentés sur le tableau : **Tableau 2.5**.

Le médecin peut également observer les signaux *ECG en temps réel sur écran* (**Figure 3.10**).



**Figure 3.10** – Signal ECG du patient

Le signal de la (**Figure3.10**) présente un exemple 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 « Canvas » 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 (meilleure utilisation). Ainsi, la courbe est définie sur une échelle arbitraire correspondant à la taille de l'interface d'affichage selon l'axe des abscisses et l'axe des ordonnées. En outre, le repère des axes doit être modifié pour ne pas avoir le cas d'un graphe inversé.

Cette stratégie déployée par l'outil de génération d'interface graphique permet au MIDlet et d'offrir un service d'affichage 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 la partie du signal *ECG* qui présente une anomalie, a été également implémentée dans notre plateforme. 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 3.11*).

Elargissement du signal

Début  
20

Fin  
80

256.4102564102564  
1025.6410256410256

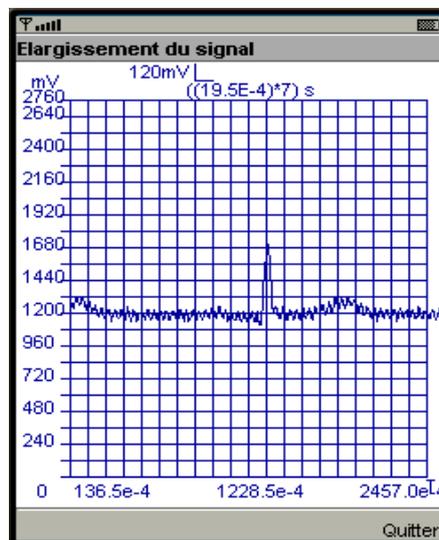
Point\_début  
256

Point\_fin  
1026

Valider

*Figure 3.11-point de départ et arrivée de signal*

L'affichage de Zoom est affiché sur la *Figure 3.12* :



*Figure 3.12-Zoom une partie de la courbe*



## 3.5 Mode d'emploi du programme

### 3.5.1 Configuration minimale

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

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

### 3.5.2 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 fourni à l'utilisateur sont :

- ServTelesurv.jad
- ServTelesurv.jar

Ces 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.
- ❖ ...

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

### 3.5.3 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.

Voici ci-dessous le fichier \*.jad utilisé dans ServTelesurv :

```
MIDlet-1: ServTelesurv, ServTelesurv
MIDlet-Jar-Size: 70380
MIDlet-Jar-URL: ServTelesurv.jar
MIDlet-Name: ServTelesurv
MIDlet-Vendor: MOUKHNACH Souhila
MIDlet-Version: 1.0
MicroEdition-Configuration: CLDC-1.1
MicroEdition-Profile: MIDP-2.0
```



### 3.6 Conclusion

Aujourd'hui les téléphones portables sont devenus indispensables dans notre vie quotidienne et donne l'accès dans tous les domaines. En outre, l'utilisation de nouvelle technologie J2ME pour les mobiles est devenue de plus en plus populaire, ce qui permet déjà d'envisager une multitude d'applications pour ces appareils et de les exploiter pour des domaines hors le domaine de communication.

La télésurveillance proposée consiste à suivre l'état d'un patient à distance en utilisant la méthodologie développée dans ce projet. Ainsi, le médecin traitant d'une personne à risque cardiaque peut à tout moment contrôler l'état de son patient en consultant en temps réel sur son terminal son ECG.

# *Conclusion générale*

Cette étude porte sur le développement d'un service de télémédecine qui répond aux objectifs et aux besoins de la télésurveillance mobile des personnes cardiaques. Il vise à fournir une plate-forme pour les médecins afin de gérer les situations critiques à distance via des technologies de l'information et de la communication (TIC).

L'application proposée dans ce projet de fin d'étude, n'a pas nécessité de gros moyens ainsi qu'une grosse infrastructure, puisque aujourd'hui un simple téléphone portable peut contribuer efficacement à la sauvegarde des vies humaines en exploitant un nouveau langage de programmation **J2ME (Java de Micro Edition)** pour la partie logicielle. Aujourd'hui en plus de transmettre du son et des SMS, les téléphones actuels sont capables de se connecter à internet. Ce qui permet déjà d'envisager une multitude d'applications.

Dans ce contexte, le travail réalisé, constitue un premier pas dans ce domaine. Il s'agit de développer un service de traitement et de transfert de signal ECG sur un Smartphone pour le suivi des patients à distance destiné aux experts de la santé. L'algorithme implémenté sur le Smartphone permet de localiser toutes les ondes caractérisant le signal ECG pour réaliser la classification. Ce service intègre des traitements complexes et échangent des données entre les acteurs médicaux via des classes implémentées sur le terminal mobile. Ce type d'environnement présente une hétérogénéité importante, une grande variabilité et de nombreuses possibilités d'évolution. Il est donc nécessaire d'implémenter l'adaptabilité à ces services déployés pour une exploitation adéquaté vis-à-vis des contraintes des terminaux mobiles.

Les résultats de ce projet ont été satisfaisants. Le travail effectué facilite la tâche d'un médecin traitant pour prendre les décisions nécessaire sans avoir demandé au patient d'être présent. C'est dans cette vision que d'autres applications et services destinées au domaine de santé seront développés par la suite.

# Bibliographie

- [1] F. DUCHÊNE, «Fusion de données multicapteurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile», *Thèse de doctorat en Traitement de signal et image de l'Université Joseph Fourier*, Grenoble, France, Octobre, 2004.
- [2] C. SUAREZ, « La télémédecine : quelle légitimité d'une innovation radicale pour les professionnels de santé », *Revue de l'Institut de Recherches Economiques et Sociales (IRES)*, Vol. 39, pp. 157–186, 2002.
- [3] A. NEMO, « La télémédecine : Faire voyager les informations plutôt que le malade », *Journal du Téléphone*, Vol. 13, pp. 4, 1994.
- [4] F. ZERROUKI, «conception et réalisation d'une carte d'acquisition ambulatoire de transmission sans fils et de traitement de signaux biomédicaux», *Magister en électronique en télédétection de l'Université Mouloud Mammeri*, Tizi Ouzou, Algérie, 2014.
- [5] A. MALTI & H. LANTRI, «Transfert du signal ECG sur mobile pour la télésurveillance médicale», *Master en signaux et images en médecine de l'université Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algérie, 2014.
- [6] S. KRIM & Y. BENMANSOUR, «Teleimagerie Médicale Mobile», *Master en électronique biomédicale de l'université Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algérie, 2012.
- [7] R. MERZOUGUI, « conception et développement d'applications et services dédiés à la santé sur des terminaux mobiles », *Doctorat en télécommunications de l'université Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algérie, juillet 2011.
- [8] K. BENSAFIA, « Télésurveillance : Transmission sans fil, par voie GSM, et traitement du signal électrocardiographie (ECG) », *Magister en Electronique de l'université MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU*, Algérie, 27 juin 2012.
- [9] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *5ème Editions, Groupe EYROLLES*, 2006.  
**ISBN** : 2-212-11987-9.
- [10] ZigBee Alliance, « Nouveau profil ZigBee Health Care : aider les personnes à mener des vies plus saines et indépendantes », *Document (Projet) publié par PRNewswire*, BARCELONE, Espagne, 25 Mars 2009.
- [11] G. PUJOLLE, « Les réseaux », Édition EYROLLES, Paris, France, 2008.  
**ISBN** : 978-2-212-11757-8.

- [12] E. GUÉGUEN, «Étude et optimisation des techniques UWB haut débit multi bandes OFDM», *Thèse de doctorat en Électronique, Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (Institut d'Électronique et de Télécommunications)*, France, 14 janvier 2009.
- [13] A. RADU, «Évaluation de la Qualité de Service par l'utilisateur final dans les systèmes mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique et Télécom de l'Université de Mame-La-Vallée*, France, Mars, 2004.
- [14] P. GODLEWSKI, X. LAGRANGE, S. TABBANE, «Réseaux GSM-DCS», *4e Édition Hermès*, Paris, France, 1999.  
**ISBN** : 2-7462-0028-7.
- [15] U. HORN, R. KELLER et N. NIEBERT, « Services mobiles interactifs – La convergence de la radiodiffusion et des communications mobiles », *UER – Revue Technique*, N° 281, pp. 1–10, Automne 1999.
- [16] A. BELKHIRI & S. SLIMI, «Elaboration d'une application d'analyse automatique d'EC12 dérivations au repos sous LABVIEW», *Master en Imagerie et Appareillage Biomedical de l'université M'Hamed Bougara ,Boumerdes*, Algérie, 2013
- [17] Etienne-Paul D'Alché, « COMPRENDRE LA PHYSIOLOGIE CARDIOVASCULAIRE », Flammarion Médecine-Sciences, 2003.
- [18] J. ADAMEC & R. ADAMEC, « ECG HOLTER : MANUEL D'INTERPRETATION ELECTROGARDIOGRAPHIQUE », Edition Médecine et Hygiène, 2000.
- [19] D. G. CLIFFORD, F. AZUAJE, P. E. MCSHARRY, « Advanced Methods And Tools for ECG Data Analysis ». ARTECH HOUSE, INC, 2006.
- [20] M. L. TALBI, « Analyse et traitement du signal électrocardiographique(ECG) », *Doctorat en sciences de l'université Mentouri*, Constantine, Algérie, 2011
- [21] W. EINTHOVEN, « Die galvanometrische Registrierung des menschlichen Elektrokardiogramms, zugleich eine Beurtheilung der Anwendung des Capilar-Elektrometers in der Physiologie ». *Pfluegers Arch.*, 1903, Vol. 99, p. 472-80.
- [22] E. GOLDBERGER, «A simple, indifferent, electrocardiographic electrode of zero potentials and a technique of obtaining augmented, unipolar, extremity leads». *Am Heart J.*, (1942), Vol. 23, p. 483-92.

[23] A. I. MANRIQUEZ, « Segmentation de l'électrocardiogramme pour la modélisation de la dynamique du QT lors de l'exercice du handgrip », *thèse de Doctorat*, L'Université de Rennes 1, 2008.

[24] J-P. BASSAND, « Introduction à la pathologie cardiaque et vasculaire », *Cours de Professeur à l'université de Besançon*, France, 25 Octobre 2005.

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

[26] 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.