

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



THESE

Présentée

À L'UNIVERSITE DE TLEMCEM
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT

Spécialité : " Télécommunications "

Par

MERZOUGUI Rachid

CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT D'APPLICATIONS ET SERVICES

DÉDIÉS À LA SANTÉ

SUR DES TERMINAUX MOBILES

Soutenu en Juillet 2011 devant le Jury:

F. DIDI	Maîtres de Conférences à l'Université de Tlemcen	Président
S.M. SENOUCI	Professeur à l'Université de Bourgogne, France	Examineur
A. MHAMED	Maîtres de Conférences à l'Institut de Télécom Sud Paris	Examineur
M. BENABDELLAH	Professeur à l'Université de Tlemcen	Examineur
A. TALEB	Professeur à l'Université de Tlemcen	Examineur
M. FEHAM	Professeur à l'Université de Tlemcen	Directeur de Thèse

**CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT D'APPLICATIONS ET
SERVICES DEDIÉS À LA SANTÉ SUR DES TERMINAUX MOBILES.**

Auteur : MERZOUGUI Rachid
Prof. Responsable : FEHAM Mohamed
Sujet proposé au sein du labo *STIC*

Á la mémoire de mon frère

Á mes parents ;

Mes frères, mes sœurs ;

Et tous mes amis.

« L'extraordinaire nous attire un instant, la simplicité nous retient plus longtemps, parce que c'est en elle seule que réside l'essentiel ».

Garry Winogrand.

« L'imagination est plus importante que le savoir ».

Albert Einstein.

Remerciement

Nous remercions ALLAH le Tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme le présent travail.

Ce thème de recherche a été effectué au Laboratoire de *Systèmes et Technologies de l'information et de la Communication (STIC)* au Département de Génie Électrique et Électronique de la Faculté de Technologie à l'Université Abou-bekr Belkaïd Tlemcen, au sein du groupe, *SID: Systèmes Intelligents et Domotique*, dirigé par Mr. **Mohammed FEHAM**, Professeur à l'Université Abou-bekr Belkaïd Tlemcen, je lui exprime particulièrement toutes mes reconnaissances pour m'avoir fait bénéficier de ces compétences scientifiques, ses qualités humaines, sa clairvoyance, son charisme, son dynamisme et sa constante disponibilité.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Madame **Fedoua DIDI**, Maîtres de Conférences à l'université Abou-bekr Belkaïd Tlemcen, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

Je remercie sincèrement Mr. **Sidi Mohammed SENOUCI**, Professeur à l'Université de Bourgogne France, Mr. **Abdallah MHAMED**, Maître de Conférences à l'Institut de Télécom Sud-Paris, Mr. **Mohamed BENABDELLAH**, Professeur à l'université Abou-bekr Belkaïd de Tlemcen et Mr. **Abdesselam TALEB**, Professeur en Médecine à l'Université Abou-bekr Belkaïd de Tlemcen, d'avoir accepté de juger les travaux de cette Thèse.

J'exprime également, mes remerciements au Médecin Mr. Amine ABOU pour la transmission d'informations essentielles à la compréhension du contexte de recherche étroitement lié à sa spécialité de praticien-hospitalier en cardiologie.

Merci également à toutes les personnes dont l'amitié m'a apporté des moments de réconfort et distraction nécessaires lors du déroulement d'un tel projet, notamment, le groupe de recherche du laboratoire *STIC*, pour sa disponibilité à toutes heures, leur aide et leur soutien. Je voudrais remercier en particulier les enseignants et les étudiants doctorants du laboratoire *EBM* qui m'ont permis d'accéder à un ensemble de données expérimentales qui se sont avérées indispensables à la réalisation de cette étude.

Je dédie cette thèse à ma famille. J'y puise une ouverture d'esprit, un soutien, une confiance et un amour indéfectibles que j'espère rendre pareillement et transmettre à mon tour.

Enfin j'adresse mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Résumé

La conception et le développement d'applications et services sur des périphériques mobiles ne cessent de croître, du fait de l'adoption de plus en plus forte de terminaux mobiles et de l'émergence de nouveaux usages et services.

Toutefois le manque de maturité des solutions proposées par les différents constructeurs rend la plupart de leurs systèmes embarqués peu ouverts et non interopérables. Ainsi, il est souvent nécessaire, lors d'un développement sur un mobile, de trouver un compromis entre les performances globales et la portabilité des applications que l'on veut concevoir.

Les travaux effectués dans le cadre de cette thèse de doctorat se situent autour des recherches dédiées aux personnes âgées, aux personnes confrontées à des risques d'accident quotidiennement ou à des dégradations de leur état de santé. L'objectif principal est de permettre une prise en charge médicale 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 réel et de bien gérer les données informatisées des patients entre les différents acteurs médicaux 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.

Dans cette thèse, notre attention s'est portée sur le choix d'un travail pertinent. Il s'agira de concevoir et développer une plateforme mobile de services permettant le suivi (protection, sécurité permanente, détection des situations critiques...) d'un patient dans un milieu non hospitalier. Ces travaux de recherche retracent alors, une architecture complète d'un système de transmission sans fil économique avec l'implémentation des algorithmes de calculs efficaces, adaptés au terminal mobile (Smartphone) permettant au médecin d'avoir les résultats d'analyse et de synthèse des données médicales (ECG...) par le moyen d'une liaison sans fil.

En outre, et comme objectif secondaire, cette thèse de doctorat cible aussi des services mobiles hors le domaine de *télé médecine*, destinés au grand public pour offrir aux utilisateurs des services à valeurs ajoutés. Ces nouveaux services mobiles proposés, font appel souvent à l'utilisation de ce qu'on appelle les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC).

Les enjeux de la mise en place de tels systèmes (plateforme) sont nombreux, tant pour les personnes malades, le personnel du secteur médical et la société en général.

Ces travaux de recherche s'inscrivent également dans les activités de l'équipe de recherche *SID* (Systèmes Intelligents et Domotique) du laboratoire de recherche des Systèmes et Technologies de l'Information et de la Communication (*STIC*) de l'Université de Tlemcen.

Mot-clé—Mobile, Développement des applications mobiles, Services de Télé médecine, Télésurveillance médical, Téléassistance médical, ECG, Pathologie, J2ME, Réseaux de capteurs sans fils.

Abstract

In this paper we propose a real time mobile health system for monitoring elderly patients from indoor or outdoor environments.

The design and the development of applications of mobiles peripherals are still growing by the fact of more strong mobiles terminals adoption and the emergence of new uses and services.

Therefore, the lack of maturity for the proposed solutions by different constructors makes the majority of their embarked systems less open no interoperable. Thus, it is always necessary, during a development on mobile, to find a compromise between the global performances and the portability of applications which we want to conceive.

The works carried out within the framework of this Thesis are linked to a set of researchers that touch the elderly population and persons exposed to accident's risks in their daily life or degradation of their health. The principal aim is to permit a taking off for medical and social dependent people as elderly patients, handicapped ones..., in order to the adaptation with their environment domestically and make up their incapacities. In this case, it is indispensable to make a real time diagnosis and to manage well the patient's computerized data between the various medical actors with the permanent security insurance of highly risky patients. Furthermore, the need to make a reliable and speed diagnosis of patients, to detect their health state (critical situation), allows saving time.

In this Thesis, our attention has been focused on the choice of a relevant work. It concerns the design and the implementation of a mobile platform of the services allowing the follow-up (protection, permanent security, detection of the critical situations ...) of the patient in a nonhospital setting. These research works recall then, a complete architecture of an economic wireless transmission system with the implementation of the effective calculation algorithms, adapted to the mobile terminal, allowing to the doctor to have the results of analysis and synthesis of the medical data (ECG...) via a wireless connection.

Moreover, and as secondary objective, this Thesis aims also, mobile services out the *telemedicine* field, intended for general public to offer to the users more services. These new proposed mobile services even use *New Technologies of Information and Communication (NTIC)*.

Thus, the stakes of setting up such systems are numerous, so much for patients, medical staff and the society in general.

These research works contribute also in the activities of *ISH* (Intelligent Systems and House automation) research team in the laboratory of Systems and Technologies of Information and Communication (*STIC*) at Tlemcen University.

Keywords—Mobile terminals, mobile applications, Telemedicine Services, Medical Remote monitoring, ECG, J2ME, Wireless sensors network.

Table des matières

Remerciement.....	7
Résumé en arabe.....	9
Résumé.....	11
Abstract.....	13
Table des matières.....	15
Table des figures.....	22
Liste des tableaux.....	24
Glossaire.....	26

Introduction et contribution de cette thèse.....	30
Problématique.....	30
Contribution de cette thèse.....	31
Organisation de cette thèse.....	32

Premier Chapitre:
Contexte de recherche, état de l'art et motivation.

I.1 – Contexte de recherche	36
I.1.1 – Télémédecine.....	36
I.1.1.1 – Les apports et les enjeux de la télémédecine.....	37
I.1.1.2 – Les freins au développement.....	38
I.1.2 – Services mobiles de santé.....	39
I.1.2.1 – Objectif.....	39
I.1.2.2 – Principe de télémédecine sur des terminaux mobiles.....	40
I.1.2.3 – Enjeux.....	41
I.2 – État de l'art et motivation	42
I.2.1 – Concepts généraux.....	42
I.2.1.1 – Quelques définitions.....	42
I.2.1.2 – Acteurs de développement de services.....	42
I.2.1.3 – Organismes, technologies et standards existants.....	43
A – Réseaux sans fil.....	43
A.1 – Bluetooth (IEEE 802.15.1).....	43
A.2 – ZigBee (IEEE 802.15.4).....	43
A.3 – Wifi (ou IEEE 802.11).....	44

A.4 – UWB (IEEE 802.15.3)	44
B – Réseaux d'accès radio mobile	44
B.1 – GSM (2G)	44
B.2 – GPRS (2.5G)	44
B.3 – HSCSD ou EDGE	45
B.4 – UMTS (3G)	45
B.5 – Technologie HSDPA (3.5G).....	45
B.6 – Technologie HSUPA (3.75G)	45
B.7 – Technologie 4G	45
C – Modèle TCP/IP	46
D – WAP	48
I.2.2 – Projets variés dans le monde	48
I.2.2.1 – Conception et expérimentation globale de systèmes d'information.....	48
I.2.2.2 – Systèmes de surveillance au domicile	49
I.2.2.3 – Un systèmes de gestion et de stockages des données.....	49
I.2.2.4 – Analyse de données.....	49
I.2.2.5 – Détection des situations critiques d'un patient à domicile.....	49
I.2.3 – Projets et travaux connexes.....	50
I.2.3.1 – Projet STETAU.....	50
I.2.3.2 – Projet BAN: RF Communication and Higher Layer Protocol Design	51
I.2.3.3 – Projet PAN	51
I.2.3.4 – Projet QALAB-DOMIS.....	52
I.2.3.5 – Projet "Privacy Framework for Mobile health and Home-Care system"	52
I.2.3.6 – Projet "Mobile Phones Assisting With Health Self-Care: a Diabetes Case Study"	53
I.2.3.7 – Projet "Activity-aware ECG-based Patient Authentication for Remote Health Monitoring"	53
I.2.4 – Notre contribution	54
I.2.4.1 – Les terminaux mobiles et leurs caractéristiques	54
I.2.4.2 – Besoins de développement des services	55
A – Mobilité.....	55
B – Choix d'un modèle de simulation des services sans fil.....	56
C – Personnalisation de services.....	56
D – Adaptation des applications au contexte	56
I.2.4.3 – Environnement d'exécution des services	56
I.3 – Conclusion et motivation de cette thèse.....	57

Second Chapitre:

Problématique de la conception d'applications sur des environnements mobiles pour télémédecine.

II.1 – Adaptation au support sans fil.....	67
II.1.1 – Variation de la bande passante.....	67
II.1.2 – Déconnexions réseau.....	67
II.1.3 – Sécurisé	67
II.1.4 – Qualité de service	67
II.2 – Adaptation au comportement de l'utilisateur	67
II.3 – Adaptation au terminal portable.....	68
II.3.1 – Ressources limitées.....	68

II.3.2 – Autonomie limitée	68
II.3.3 – Ajout de ressources.....	68
II.4 – Notre vision	68
II.5 – Plate-forme proposée	69
II.5.1 – Adaptation au contexte	69
II.5.1.1 – Stratégie de gestion des données	69
A – Transformation de données	69
A.1 – <i>Compression</i>	69
A.2 – <i>Dégradation</i>	69
B – Pré-chargement et le stockage	69
B.1 – <i>Record Management System (RMS): Record Store</i>	70
B.2 – <i>Gestion du record store</i>	70
C – Cohérence	71
C.1 – <i>Accès à des copies qu’en lecture</i>	71
C.2 – <i>Accès à des copies qu’en écriture</i>	71
II.5.1.2 – Le cadre de conception.....	71
II.5.1.3 – Déploiement et exécution	72
II.5.2 – Principe de résolution	74
II.5.2.1 – Notions de base en électrophysiologie du cœur et les pathologies cardiaques.....	74
A – Electrocardiographie.....	74
B – Pathologies cardiaques	75
B.1 – <i>Présentation des caractéristiques de l’ECG</i>	75
B.2 – <i>Diagnostic à partir du rythme</i>	78
B.3 – <i>Diagnostic à partir des ondes</i>	79
C – Résumé.....	80
II.5.2.2 – Adaptation des applications au contexte mobile	81
A – Préambule.....	81
B – Définition	81
C – Adaptation statique vs adaptation dynamique	81
C.1 – <i>Adaptation statique</i>	81
C.2 – <i>Adaptation dynamique</i>	82
D – Les systèmes adaptables dans les environnements mobiles	82
D.1 – <i>Approches masquant la mobilité aux applications</i>	83
D.1.1 – <i>Transparence de l’adressage IP</i>	83
D.1.2 – <i>Transparence au niveau du protocole TCP</i>	83
D.1.3 – <i>Transparence des systèmes de fichiers: NFS</i>	83
D.1.4 – <i>Transparence au niveau du protocole HTTP</i>	84
D.2 – <i>Approches intégrant l’adaptabilité aux applications</i>	84
E – Scénarios des applications médicales	84
II.6 – Caractéristiques de notre stratégie	84
II.7 – Conclusion	85

Troisième Chapitre:

Analyse et synthèse des possibilités techniques pour le déploiement des services sur les terminaux mobiles.

III.1 – Description générale de notre projet	93
III.1.1 – Établissement de la connexion	93
III.1.2 – Adaptabilité des services au contexte mobile	94

III.1.2.1 – Adaptation de comportement.....	94
III.1.2.2 – Adaptation de contenu.....	94
III.1.2.3 – Adaptation de présentation.....	94
III.1.3 – Transmission des données.....	94
III.1.3.1 – Transmission par réseau de capteur.....	95
III.1.3.2 – Transmission par téléphone portable.....	95
A – Transmission entre deux terminaux mobiles.....	95
A.1 – Service SMS.....	95
A.2 – Service MMS.....	96
A.2.1 – Contenu.....	96
A.2.2 – Acteur.....	96
A.2.3 – Les interfaces du service MMS.....	97
A.3 – Utilisation du SMS et MMS en J2ME.....	97
B – Mobile et serveur (base de données).....	97
B.1 – Connexion réseau sur un Serveur de la base de données.....	98
B.2 – Courrier électronique.....	98
B.2.1 – SMTP.....	98
B.2.2 – Format du message.....	99
B.2.3 – Les types MIME.....	99
III.2 – Les concurrents du l’outil de simulation sans fil J2ME.....	99
III.2.1 – Microsoft .net.....	99
III.2.2 – Binary Runtime Environment for Wireless (BREW).....	99
III.3 – Présentation des systèmes d’exploitation utilisés dans les appareils sans fil (Wireless)...	100
III.3.1 – Téléphone portables.....	100
III.3.2 – Symbian.....	101
III.3.3 – Savaje.....	101
III.3.4 – Palm OS.....	101
III.3.5 – Microsoft Windows CE.....	102
III.4 – Bilan de l’analyse.....	102
III.4.1 – Support de transmission sans fils.....	102
III.4.1.1 – Technologie PAN : Bluetooth.....	102
A – API Bluetooth.....	103
B – Fonctionnement.....	103
III.4.1.2 – Technologie d’accès mobile.....	103
III.4.2 – Communication via réseau radio mobile.....	103
III.4.3 – Communication via Internet.....	103
III.4.3.1 – Protocole http.....	103
III.4.3.2 – Les Servlets.....	103
A – Utilisation.....	104
B – Modèle.....	104
III.4.4 – Outil de développement.....	104
III.4.5 – Système des terminaux.....	104
III.5 – Conclusion et motivation de cette thèse.....	105

Quatrième Chapitre:

Stratégie, méthodologie et implémentation de la plateforme proposée.

IV.1 – Coût du système.....	110
-----------------------------	-----

IV.2 – Démarche incrémentale	110
IV.3 – Implémentation de la plateforme de fourniture des services	111
IV.3.1 – Principe d'implémentation du modèle proposé.....	111
IV.3.2 – Structure globale de l'implémentation.....	113
IV.3.3 – Stratégie de la plateforme de fourniture des services	115
IV.4 – Implémentation du modèle	116
IV.4.1 – Développement sur le Smartphone.....	116
IV.4.2 – Côté matériel	118
IV.4.3 – Côté logiciel	118
IV.4.4 – Traitement et analyse de l'ECG des personnes cardiaques.....	119
IV.5 – Conclusion	119

Cinquième Chapitre:

Analyse et validation des données de la plateforme.

V.1 – Les séquences de données générées d'ECG par les algorithmes implémentés	123
V.2 – Les données de la plateforme	123
V.2.1 – Fréquence cardiaque moyenne	123
V.2.2 – Durée du complexe QRS	123
V.2.3 – Onde R	124
V.2.4 – Onde P	124
V.2.5 – Onde T.....	124
V.2.6 – Incorporation des signaux de la base MIT-BIH	124
V.3 – Validation des résultats de la classification des personnes cardiaques	124
V.3.1 – Contexte de validation.....	124
V.3.1.1 – Validation par les experts.....	125
V.3.1.2 – Validation par un logiciel de calcul numérique (MATLAB).....	125
V.3.2 – Quelques enregistrements exploités de la base MIT-BIH	129
V.4 – Évaluation	132
V.5 – Conclusion	132

Sixième Chapitre:

Résultat : Séquences de données générées.

VI.1 – Mise en œuvre du système conçu	137
VI.1.1 – Notre vision.....	137
VI.1.2 – Les méthodes implémentées pour la simulation	138
VI.1.3 – Remarques sur les méthodes	140
VI.2 – Les séquences de données générées: Système de télésurveillance médicale	140
VI.2.1 – Problématique	141
VI.2.2 – Positionnement du travail	141
VI.2.4 – Plateforme du système de télésurveillance médicale.....	141
VI.2.4.1 – Modèle conçu pour les risques cardiovasculaire	142
VI.2.4.2 – Résultats	143

VI.3 – Les séquences de données générées: Système de téléassistance médicale	154
VI.3.1 – Téléassistance médical de personnes transportées à risques.....	154
VI.3.2 – Problématique	154
VI.3.3 – Plateforme de Téléassistance médicale	155
VI.3.4 – Résultats	155
VI.4 – Évaluation de la qualité des résultats	157

Conclusion générale et perspectives	160
Bibliographies & Références	163

Annexes

A – Les approches et les techniques d’adaptation non abordés	176
A.1 – Mobile-IP	177
A.2 – Snoop	177
A.3 – Mobile-TCP.....	177
A.4 – WTCP.....	178
A.5 – NFS/M	178
A.6 – MFS	178
A.7 – Coda	178
A.8 – WebExpress.....	179
B – Étude Statistique: handicapés et les personnes âgées en Algérie	183
B.1 – Statistiques relatifs aux accidents de la route	184
B.2 – Statistiques en rapport avec les personnes âgées.....	184
B.3 – Statistiques concernant les catastrophes naturelles	184
B.4 – Statistiques sur les handicapés en Algérie	185
B.5 – Maladies cardio-vasculaires.....	185
C – Quelques services conçus au cours de ce projet de thèse pour le grand public	189
C.1 – Système de Télésurveillance mobile	190
C.1.1 – Cahier des charges.....	190
C.1.2 – Plateforme envisagée	190
C.1.2.1 – Application d’envoi des ordres	191
C.1.2.1 – Application de surveillance	191
C.1.3 – Évaluation	191
C.2 – Service de localisation (Navigation): Chemin Optimal.....	192
C.2.1 – Fonctionnalités	192
C.2.2 – Solution proposée	192
C.2.2.1 – Architecture logicielle	192
C.2.2.2 – Interface et affichage	192
C.2.3 – Conclusion	193
C.3 – M-Commerce	194
C.3.1 – Système envisagé	194
C.3.2 – Cahier des charges.....	194
C.3.3 – Avantage du M-Commerce.....	195
C.3.4 – Conclusion	195

C.4 – Autres services	195
C.5 – Conclusion générale	195
D – Les configurations et les besoins (Soft et Hard) de la plateforme proposée.....	199
D.1 – Configuration minimale	200
D.1.1 – Caractéristique du Smartphone	200
D.1.2 – Package Java: API Technologies	200
D.1.3 – Caractéristique du fichier JAD de l’outil sans fil.....	200
D.2 – Propositions et choix des équipements pour la plateforme	201
D.2.1 – Smartphone.....	201
D.2.2 – Le marché des réseaux de capteurs sans fils	201
D.2.3 – Capteur Mulle.....	204
D.3 – Teste réel sur Smartphone Nokia, N96.....	205
E – Publications associées à cette thèse	210
E.1 – Chapitre dans un ouvrage de publication	211
E.2 – Publication international.....	211
E.3 – Publication international en cours	211
E.4 – Communication international	211
E.5 – Les articles de recherches associés	212

Table des figures

FIG. I.1 – Plate-forme d'un système de conception et de fourniture des services.....	40
FIG. I.2 – Systèmes en couches.....	46
FIG. I.3 – Architecture de projet STETAU.....	50
FIG. I.4 – Architecture de BAN.....	51
FIG. I.5 – Architecture du projet PAN.....	51
FIG. I.6 – La chaîne couverte par le projet QALAB-DOMIS.....	52
FIG. I.7 – Plateforme de diagnostic des patients.....	53
FIG. I.8 – Système mobile intelligent de diagnostic pour les diabètes.....	53
FIG. I.9 – Système mobile de surveillance des patients cardiaques.....	54
FIG. II.1 – Fonctionnalités du cadre de conception.....	71
FIG. II.2 – Cycle cardiaque complet.....	75
FIG. II.3 – Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement.....	76
FIG. II.4 – Extrasystole Ventriculaire (ESV).....	77
FIG. II.5 – Extrasystoles Auriculaires (ESA).....	78
FIG. II.6 – Extrasystoles Jonctionnelles (ESJ).....	78
FIG. II.7 – Tachycardie ventriculaire.....	79
FIG. II.8 – Adaptation statique.....	81
FIG. II.9 – Adaptation dynamique.....	82
FIG. III.1 – Format de message SMS.....	96
FIG. III.2 – Les interfaces du MMS.....	95
FIG. III.3 – Le marché des téléphones portables.....	100
FIG. IV.1 – Les étapes de mise en place d'un service de la plateforme.....	111
FIG. IV.2 – Principe de l'implémentation de la plateforme proposée.....	112
FIG. IV.3 – Diagramme générale du modèle proposé.....	114
FIG. IV.4 – Architecture de J2ME.....	116
FIG. IV.5 – Arborecence des classes javax.microedition.io.....	117
FIG. V.1 – Durées QRS de quelques battement du signal 119.....	126
FIG. V.2 – Durées QRS de quelques battement du signal 209.....	126
FIG. V.3 – Durées QRS de quelques battement du signal 208 (tronçon 1).....	127
FIG. V.4 – Durées QRS de quelques battement du signal 208 (tronçon 2).....	127
FIG. V.5 – Exemple d'ECG sous MATLAB.....	129
FIG. V.6 – Battements du signal 119 sur respectivement Matlab et J2ME.....	130
FIG. V.7 – Battements du signal 209 sur respectivement J2ME et Matlab.....	131
FIG. V.8 – Battements du signal 208 (premier tronçon) sur respectivement Matlab et J2ME.....	131
FIG. V.9 – Battements du signal 208 (deuxième tronçon) sur respectivement Matlab et J2ME.....	132
FIG. VI.1 – Mise en œuvre de la plateforme des services de télémédecine.....	137
FIG. VI.2 – Format ASCII de fichier médical reçu.....	138
FIG. VI.3 – Enchaînement des méthodes implémentées.....	140
FIG. VI.4 – Architecture de la Plateforme du système.....	142
FIG. VI.5 – Modèle pour les risques cardiovasculaires.....	143
FIG. VI.6 – Acquisition de 10000 échantillons du patient (Signal ECG).....	144
FIG. VI.7 – Génération des séquences de données.....	146
FIG. VI.8 – Génération, affichage et stockage des paramètres du signal ECG.....	147
FIG. VI.9 – Les informations médicales reçues (Base de données).....	148

FIG. VI.10 – Pathologie détectée, envoyée immédiate.....	149
FIG. VI.11 – Signal ECG du patient A (avec et sans Grid).....	149
FIG. VI.12 – Signal ECG du patient B.....	150
FIG. VI.13 – Zoom une partie de la courbe.	151
FIG. VI.14 – (a) : Deux maximums égaux (le centre avec le suivant).....	152
FIG. VI.14 – (b) : Deux maximums égaux (le centre avec le précédent).	152
FIG. VI.15 – (a): Deux maximums égaux.....	153
FIG. VI.15 – (b): Deux maximums de valeurs différentes.....	153
FIG. VI.16 – (a): Pic inversé.	154
FIG. VI.16 – (b): Deux pics successives.	154
FIG. VI.17 – Architecture de la Plateforme du système.	155
FIG. VI.18 – Bilan Médical.....	156
FIG. VI.19 – Bilan Médical reçu.....	157
FIG. A.1 – Support de la mobilité dans Mobile-IP.....	177
FIG. C.1 – Système de Télésurveillance mobile.....	190
FIG. C.2 – Liste des sites.	191
FIG. C.3 – Chemin optimal sur une MAP.	193
FIG. C.4 – Système du M-Commerce.	194
FIG. D.1 – Fichier JAD de notre plateforme.	200
FIG. D.2 – Photo du capteur Mulle.	204
FIG. D.3 – Photo du capteur Mulle v3.2.	205
FIG. D.4 – Photo du signal ECG.....	205
FIG. D.5 – Paramètres d’ECG générés.	205
FIG. D.6 – Paramètres d’ECG générés.	206
FIG. D.7 – Reconstitution du signal ECG.....	206
FIG. D.8 – Intervalle de temps à introduire.	206
FIG. D.9 – Zoom une partie de la courbe.....	207
FIG. E.1 – Cover of AJICT Journal.	216
FIG. E.2 – Cover of IJWIN Journal.	216
FIG. E.3 – Cover of Book Chapter (Biomedical and Environmental Sensing).....	216

Liste des tableaux

TAB. I.1 – Méthodes de communication http	47
TAB. II.1 – Paramètres pour le fichier JAR (manifest)	73
TAB. II.2 – Paramètres pour le fichier JAD	73
TAB. II.3.a – Valeurs habituelles des différents paramètres caractérisant un battement cardiaque	77
TAB. II.3.b – Valeurs habituelles des différents paramètres caractérisant un battement cardiaque	77
TAB. III.1 – Les différents systèmes d'exploitation que chaque fabricant utilise	101
TAB. V.1 – Données du fichier fréquence cardiaque calculée	128
TAB. D.1 – Les types des microcontrôleurs utilisés dans les réseaux de capteurs	202
TAB. D.2 – Modules d'émission-réceptions utilisés dans les réseaux de capteurs	203

Glossaire

A

AFS: *Andrew File System.*
AID HOUSE: *Assisted Interactive Dwelling House.*
API: *Application Programming Interface.*
ARM: *Advanced RISC Machines.*
ASCII: *American Standard Code for Information Interchange.*
ASP: *Application Service Provider.*

B

BAN: *Body Area Network.*
BDS: *BREW Distribution System.*
BNEP: *Bluetooth Network Encapsulation Protocol.*
BREW: *Binary Runtime Environment for Wireless.*

C

CDMA: *Code Division Multiple Access.*
CDC/CLDC: *Connected Device Configuration/Connected Limited Device Configuration.*
CNPSR: *Centre National de Prévention et de Sécurité Routière.*
CPU: *Central Processing Unit.*

D

DHCPv6: *Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6.*

E

ECG: *ElectroCardioGramme.*
EDGE: *Enhanced Data for GSM Evolution.*
EPIC: *European Prototype for Integrated Care.*
ESA/ESJ/ESV: *ExtraSystoles Auriculaires/ExtraSystoles Nodales ou Jonctionnelles/ExtraSystole Ventriculaire.*

F

FTP: *File Transfer Protocol.*

G

3GPP: *3rd Generation Partnership Project.*
GPS: *Global Positioning System.*
GPRS/GSM: *General Packet Radio Service/Global System for Mobile communication.*

H

HAT: *Home Asthma Telemonitoring.*
HCI: *Host Controller Interface.*
HIS: *Habitat Intelligent pour la Santé.*
HSCSD: *High-Speed Circuit-Switched Data.*
HSDPA: *High Speed Downlink Packet Access.*
HSUPA: *High Speed Uplink Packet Access.*
HTML: *HyperText Markup Language.*
HTTP: *Hypertext Transfer Protocol.*
HTTPS: *Hypertext Transfer Protocol Secure.*

I

IC: *Integrated Circuit.*
ICMP: *Internet Control Message Protocol.*
IEEE: *Institute of Electrical and Electronic Engineers.*
IGP: *Interior Gateway Protocol.*
IMInet: *Intelligent Medical Information Network.*

IP: *Internet Protocol.*
 IT: *Intervalles de Temps.*
 IUG: *Interface Utilisateur Graphique*

J

JAD/JAR: *Java Application Descriptor/Java Archive.*
 JDBC: *Java DataBase Connectivity.*
 J2ME: *Java 2 platform Micro Edition.*
 JPEG: *Joint Photographic Expert Group.*
 J2SE: *Java 2 platform Standard Edition.*
 JSR: *Java Specification Request.*
 JTWI: *Java Technology for the Wireless Industry.*
 JVM: *Java Virtual Machine.*

K

KVM: *KiloByte Virtual Machine.*

L

LAC: *Location Area Code.*
 LAN: *Local Area Network.*
 L2CAP: *Logical Link Control & Adaptation Protocol.*
 LLC: *Logical Link Control.*
 LZ: *A. Lempel-J. Ziv.*

N

NFS: *Network File System.*
 NTIC: *Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.*
 NTP: *Network Time Protocol.*

M

MAC: *Media access control.*
 MCU: *Multipoint Control Unit.*
 MFS: *Mobile File System.*
 MIDAS: *Miniature Intelligent Domiciliary Alarm System.*
 MIDP: *Mobile Information Device Profile.*
 MIME: *Multipurpose Internet Mail Extensions.*
 MIT-BIH: *Massachusetts Institute of Technology-B. I. Hospital.*
 MMS: *Multimedia Messaging System.*
 MMSC: *Multimédia Message Service Center.*
 MUSA: *Multi User interface Single Application model.*

O

OBEX: *Object Exchange.*
 OLPv2: *Ostmark Link Protocol version 2.*
 OMS: *Organisation Mondiale de la Santé.*
 OPERA: *Open PLC European Research Alliance.*
 OPL: *Optimization Programming Language.*
 OS: *Operating System.*
 OSI: *Open Systems Interconnection.*

P

PAN: *Personnel Area Network.*
 PBP: *Personal Basis Profile.*
 PC: *Personnel Computer.*
 PCS: *Personal Communication System.*
 PDA: *Personnel Data Assistant.*
 PDAP: *Portable Data Acquisition Package.*
 PDC: *Personal Digital Cellular.*
 PHP: *Hypertext Preprocessor.*

PLMN: *Public Land Mobile Network.*
 POP: *Post Office Protocol.*
 PPP: *Point to Point Protocol.*
 PROSAFE: *Product Safety Enforcement Forum of Europe.*
 PSK: *Phase Shift Keying.*

R

RAM: *Random Acces Memory.*
 RFC: *Request For Comments.*
 RMS: *Record Management System.*
 RTC: *Réseau Téléphonique Commuté.*

S

SAMU: *Service d'Aide Médicale Urgente.*
 SDK: *Software Development Kit.*
 SDP: *Service Discovery Protocol.*
 SGBD: *Système de Gestion de Base de Donnée.*
 SGML: *Standard Generalized Markup Language.*
 SIP: *Session Initiation Protocol.*
 SMS: *Short Message Service.*
 SMTP: *Simple Mail Transfer Protocol.*
 SOAP: *Simple Object Access Protocol.*
 Soluphone: *Solution Phone.*
 SPI: *Serial Peripheral Interface.*
 SSL: *Secure Sockets Layer.*
 STETAU: *Système et Technologies d'Enregistrement et de Traitement des Sons Auscultatoires.*
 STIC: *Systèmes et Technologies de l'Information et de la Communication.*
 SVG: *Scalable Vector Graphics.*

T

TCP: *Transport Control Protocol.*
 TDMA: *Time Division Multiple Access.*
 TISSAD: *Technologies de l'Information Intégrées aux Services des Soins À Domicile.*

U

UART: *Universal Asynchronous Receiver Transmitter.*
 UDHL: *User Data Header Longer Length.*
 UDP: *User Datagram Protocol.*
 UML: *Unified Modeling Language.*
 UMTS: *Universal Mobile Telecom System.*
 URL: *Uniform Resource Locator.*
 USB: *Universal Serial Bus.*
 UWB: *Ultra WideBand.*

W

WAP: *Wireless Application Protocol.*
 WAN: *Wide Area Network.*
 WECA: *Wireless Ethernet Compatibility Alliance.*
 Wi-Fi: *Wireless Fidelity.*
 Windows CE: *Windows Embedded Compact.*
 WMA: *Wireless Messaging APIs.*
 WSP: *Wireless Session Protocol.*
 WTCP: *Wireless Transmission Control Protocol.*

X

XHTML: *eXtensible HyperText Markup Language.*
 XML: *eXtensible Markup Language.*

Introduction et contribution de cette thèse

Depuis quelques années, de nombreuses évolutions réalisées dans les environnements mobiles et les réseaux sans fil suscitent un intérêt croissant pour l'informatique mobile. L'exploitation de ces nouveaux terminaux introduit de nouvelles problématiques [1] et crée de nouveaux besoins. Ils permettent à des usagers (éventuellement mobiles) d'avoir accès à des services indépendamment de leurs positions physiques. Dans cette nouvelle vision, une grande variété de services sera offerte non seulement au grand public mais aussi aux personnes dépendantes, comme les personnes âgées, handicapées, etc. Ces services sont proposés par deux acteurs: les opérateurs réseau et les fournisseurs de services. L'élaboration d'une plateforme ouverte est donc nécessaire pour la fourniture de services sur les terminaux mobiles. La conception et le développement de cette plateforme de services à valeurs ajoutées doit se baser sur des technologies de gestion, de traitement, de contrôle et d'exécution de services. De plus, des mécanismes et des approches du domaine des télécommunications et de la communauté *Internet* doivent être exploités pour répondre aux besoins des utilisateurs.

Dans cette thèse, nous désignons par environnement mobile ou nomade tout environnement faisant référence à la mobilité de l'utilisateur et/ou à la mobilité du terminal. Dans notre cas, nous exploitons les Smartphones pour des services hors service de communication vocale. Pour cela, nous proposons au sein de notre laboratoire de recherche des Systèmes et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC) une plateforme de services à valeurs ajoutées adaptée à ces types de terminaux mobiles.

Problématique

Dans le cadre de ces travaux de thèse, nous nous intéressons à la conception et le développement d'une plateforme mobile de services. Cette plateforme doit, d'une part, répondre aux besoins des utilisateurs et, d'autre part, se baser sur un ensemble de problèmes liés aux personnes à risques (cardiaques...). L'utilisateur de ces services sera confronté à une situation marquée par une grande hétérogénéité sous divers aspects: grand choix de réseaux fixes et mobiles, multiples acteurs et système de communications, une grande quantité de données et contenus de services très variés, etc. Il est donc essentiel de pouvoir masquer cette hétérogénéité pour permettre à l'utilisateur une exploitation efficace et un accès transparent à des services utilisables dans toutes les configurations possibles.

Notre axe de recherche s'articule autour de la conception et du développement de services de *télé médecine* sur des systèmes de communication sans fil. De nombreux axes de recherche sont impliqués dans ce domaine. Ils concernent notamment la conception d'architectures de communication entre les acteurs de ces systèmes, la surveillance et l'amélioration de la qualité de vie des personnes, des bases de stockage de données collectées à distance et d'outils d'analyse et de traitement de ces grandes quantités de données. Il s'agit alors de détecter et de prévenir l'occurrence de situations critiques d'une personne à distance, impliquant la transmission de messages et d'alarmes aux acteurs concernés prêts à intervenir en cas de nécessité. La plupart des travaux entrepris dans ce domaine effectuent leurs analyses et leurs synthèses des données sur de grands serveurs. Nous proposons dans le cadre de cette thèse d'introduire ce traitement complet pour la détection des situations critiques et des pathologies sur un simple téléphone portable. Les informations extraites relatives à une situation donnée doivent être pertinentes pour l'aide au

diagnostic et à la décision des praticiens submergés par la masse de données disponibles. Cette importante démarche réside plus particulièrement dans la diversité des données, ainsi que dans la nécessité d'un traitement personnalisé pour chaque patient. Ce qui exige la nécessité d'une approche centrée sur la classification et la détermination des paramètres des signaux biologiques spécifiques de chaque personne (caractéristiques physiologiques variantes en fonction des individus). Le problème aussi, se pose au niveau de l'implémentation des algorithmes et des méthodes efficaces destinés à résoudre toutes les contraintes imposées par les téléphones mobiles pour s'exécuter correctement.

Contribution de cette thèse

Cette thèse retrace une plateforme mobile permettant la prise en charge des patients dans un milieu non hospitalier. Les contributions de cette thèse sont les suivantes.

Identification des besoins d'une plateforme de services de télémédecine.

Nous avons commencé par identifier l'ensemble des besoins requis par notre contexte de travail. Ces besoins sont essentiellement liés, à la mobilité, aux problèmes de l'adaptabilité aux terminaux mobiles, à l'hétérogénéité des acteurs du système et les problématiques de détection. Trois points ont été étudiés en détail le long de ce mémoire. Il s'agit d'étudier les caractéristiques, les paramètres et les signaux des personnes cardiaques, du déploiement de services sensibles au contexte et de l'adaptabilité des services au contexte de leur exécution.

Analyse de l'existant.

Nous présentons ici, un panorama des projets, des travaux de recherche et de standardisation qui est impliqué dans le développement de la *télémédecine*. Nous discutons des avantages et des inconvénients et des limites de ces travaux et nous montrons en quoi ces solutions répondent ou non aux besoins que nous soulevons dans cette thèse. Nous aborderons aussi la conception et le développement d'infrastructures de communications dédiées à la *télémédecine*, capables de gérer les données médicales informatisées des patients entre les différents acteurs médicaux.

Étude de l'adaptation des services au contexte mobile.

Pour étudier l'intérêt de l'adaptation des services proposés en *télémédecine*, nous avons comparé les terminaux mobiles aux autres moyens d'exécution. En effet, les ressources offertes au niveau du terminal peuvent être extrêmement différentes selon que l'on utilise un assistant personnel, un téléphone portable, un ordinateur ou une station de travail. Il est nécessaire donc de concevoir et de développer des applications en fonction du type du terminal exploité. Les résultats de cette étude montrent que les solutions et les services proposés sur des terminaux mobiles s'avèrent intéressante en particulier dans les applications qui entraînent la consultation des services en tout lieu et à tout moment, tout en assurant la mobilité.

Présentation d'une plateforme mobile de services sensibles au contexte

La plateforme mobile de services pour le domaine de la santé que nous proposons répond aux besoins abordés et étudiés dans cette thèse. L'infrastructure prévue pour supporter cette plateforme comprend trois acteurs principaux: le terminal mobile (Cœur de la plateforme), le support réseau (l'opérateur...) et les systèmes médicaux. Cette plateforme a été définie dans le cadre d'un projet national de recherche PNR intitulé «Services Mobiles de Télésurveillance Médicale (SMTM)».

Proposition d'une stratégie pour l'adaptation des services

La plateforme que nous proposons permet l'adaptation des services au contexte de leur exécution (besoins des utilisateurs, caractéristiques techniques du terminal, ressources du réseau...). Cette adaptation est réalisée de manière statique au moment de l'accès aux services, et de manière dynamique au moment de l'exécution des services sur le terminal mobile. La solution proposée est basée sur l'utilisation et l'exploitation des Smartphones intermédiaires. Des services de *télémédecine* ont été conçus et développés pour valider les concepts proposés dans cette thèse.

Proposition d'une méthodologie pour la composition de services

Afin d'assurer l'adaptation des services au contexte, les services développés doivent supporter plusieurs configurations possibles. Chaque configuration correspond à un état particulier du contexte d'exécution. Pour ce faire, nous utilisons pour la conception des services, une approche à base de méthodes offrant une vue modulaire des services. Chaque service est constitué d'un ensemble de méthodes enchaînées sous forme de couches, pouvant être supervisé et reconfiguré si nécessaire. Chaque couche de cette plateforme contient des unités autonomes d'encapsulations des fonctions qui remplissent des tâches prédéfinies. Cette approche de conception de services modulaire permet de prendre en compte les traitements et les problèmes complexes, en facilitant leurs gestions et leurs tâches et assure l'adaptabilité de ces services aux contraintes du contexte mobile.

Organisation de cette thèse

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse et les résultats obtenus sont regroupés dans un mémoire de thèse organisé suivant six chapitres. Ils concernent successivement (I) Contexte de recherche, État de l'art et motivation, (II) Problématique de la conception d'applications sur des environnements mobiles pour la *télé médecine*, (III) Analyse et synthèse des possibilités techniques pour le déploiement des services sur les terminaux mobiles, (IV) Stratégie, méthodologie et implémentation de la plateforme proposée, (V) Analyse et validation des données de la plateforme, (VI) Résultats: Séquences de données générées.

La première partie de ce document, a pour but de situer le contexte de cette thèse et ses enjeux. Elle met en évidence la diversité des concepts généraux, les technologies existantes et les objectifs concernés par les différents projets sur la base d'exemples de travaux de recherche engagés.

La deuxième partie présente la problématique de la prise en charge et du suivi médical par des unités portatives d'une personne à distance en la situant en particulier par rapport au contexte général des services de *télé médecine*. Nous identifions les besoins d'une plateforme de services et nous nous intéressons en particulier aux besoins suivants: le traitement, la classification, l'implémentation, le déploiement des services et l'adaptabilité des services au contexte d'exécution.

Dans la troisième partie de cette thèse, nous dressons une analyse et une synthèse sur les possibilités techniques pour le déploiement des services dans les environnements mobiles. Nous identifions les différentes technologies, standards, software (outil de simulation) et protocoles utilisés dans le monde de la téléphonie mobiles afin d'aboutir à un bilan optimal pour l'implémentation de cette plateforme. Les sujets abordés sont liés à la transmission d'informations entre des systèmes homogènes et hétérogènes via une palette de supports réseau.

La quatrième partie concerne les stratégies et les méthodologies suivies dans cette thèse pour la mise en place et le déploiement de la plateforme proposée. Dans ce contexte, nous visons plus particulièrement la conception et le développement de services de *télé médecine* sur les terminaux mobiles. Il s'agit de définir l'architecture de l'implémentation des méthodes et des fonctions de la plateforme et de les adapter à leur contexte d'exécution.

Dans la cinquième partie, nous présentons une démarche systématique consistant cependant en la validation progressive des différentes étapes de la plateforme de services. La validation des résultats générés pour les services de *télé médecine*, s'appuie finalement sur un ensemble d'informations hétérogènes issues de la diversité des sources d'information disponibles. Le modèle proposé s'appuie également sur plusieurs techniques pour s'adapter à l'hétérogénéité des paramètres ciblés.

La dernière partie décrit deux services de *télé médecine*, il s'agit de la *télé surveillance* médicale et de la *télé assistance* médicale. Nous détaillons les résultats et les paramètres générés par les différentes étapes (classification...) de la plateforme mobile proposée. Ces deux services sont destinés particulièrement aux personnes cardiaques ou aux personnes à risques.

Enfin, la conclusion générale et les perspectives de ce travail sont présentées, en résumant les principales contributions et en présentant nos futurs travaux de recherche.

Un ensemble d'annexes liées aux différentes parties du document est également proposé. Nous présentons en particulier en **annexe E** la liste des publications relatives à ces travaux.

Chapitre 1

Contexte de recherche, état de l'art et motivation.

SOMMAIRE

- I.1 – Contexte de recherche
 - I.2 – État de l'art et motivation
 - I.3 – Conclusion et motivation de cette thèse
-

Ce chapitre a pour objectif principal de situer le contexte de notre travail et ses enjeux, en mettant en évidence la diversité des concepts généraux, les technologies existantes et les objectifs concernés par les différents projets sur la base d'exemples de travaux de recherche engagés.

I.1 – Contexte de recherche

Les travaux effectués au cours de cette thèse de doctorat se focalisent sur les services destinés au *télédiagnostic*, à la *téléconsultation*, à la *téléassistance* et à la surveillance médicale à distance sur des terminaux mobiles, qui sont des dimensions de la *télé médecine*.

I.1.1 – Télé médecine

De nombreux auteurs définissent la *télé médecine* comme l'union des télécommunications et de la médecine. Elle représente l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) dans le secteur médical [2]. Elle médiatise l'acte médical en interposant un outil de communication entre les médecins ou entre un médecin et son patient. La *télé médecine* ne remplacera jamais le contact immédiat médecin-malade mais vient s'ajouter aux outils du médecin au service du patient [3].

En général, la *télé médecine* a pour rôle l'accès aux soins à distance, et l'échange de l'information médicale afin d'évaluer l'état du patient. Elle représente un enjeu considérable pour l'amélioration des conditions de soin et de vie de beaucoup de personnes [4], [5].

Dans les années soixante à soixante-dix, les premiers programmes de *télé médecine* 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 [3]. En effet, ce type d'organisation propose une solution liée à la difficulté d'accès aux centres de soins spécialisés. Selon [3], les premières expérimentations ont ainsi été implémentées et installées, 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 (*télésoin*).

Aujourd'hui, de nombreux champs d'applications et services en *télé médecine* ont été déployés sur le terrain. Ces applications se déclinent en différents termes dont il est difficile de déterminer une typologie unanime [6], [7]. Nous présentons finalement cinq catégories d'applications en *télé médecine*:

Télésurveillance – Le suivi à distance et l'enregistrement *télé métrique*, généralement au domicile, de paramètres physiologiques tel que taux de diabète, la tension, rythme cardiaque..., ou ciblant l'environnement ou le comportement d'un patient, transmis ensuite aux praticiens concernés.

Téléconsultation – La *téléconsultation* d'un patient est l'examen ou l'analyse de leur donnée sans interaction physique directe. Ce type d'application est un terme large, pouvant regrouper les deux types de fonctions suivantes: (1) soit le patient consulte de sa propre initiative un médecin par un réseau de communication interposé; (2) soit le médecin consulté, sollicite un avis diagnostic (*télé diagnostic*) ou thérapeutique (*télé expertise*) auprès d'un confrère situé à distance. On peut également citer dans ce cadre le transfert et la consultation d'images médicales à distance (*télé-imagerie*, *télé radiologie*). Elle permet aussi d'emprunter plusieurs formes en particulier une consultation médicale synchrone (visioconférence) ou asynchrone (messagerie).

Téléassistance – La fonction de *télé assistance* a pour objectif l'aide thérapeutique directement apportée au patient à distance, c'est une conséquence possible de la *téléconsultation*.

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

Téléformation – C'est un service bénéfique destiné aux professionnelles de la santé. Il s'agit en particulier de l'exploitation d'un outil informatique 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.

Finalement, les applications dénommées couramment services mobiles de santé ou de *télé médecine* est fondamentale pour l'amélioration de la qualité de soins et de vie des personnes dépendantes

(personnes âgées, handicapés...). En Algérie, le nombre de ces personnes ne cessent de croître d'année en année selon les statistiques exposées en **Annexe B**.

Les applications de *télé médecine* 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.

Nos travaux dans le cadre de cette thèse portent sur le développement d'une plateforme de services, implémentés sur des terminaux mobiles, permettant la concrétisation de plusieurs applications:

- *Télé surveillance*, pour l'acquisition, l'enregistrement et le suivi à distance d'un ensemble de paramètres médicaux liés au patient pour le diagnostic.
- *Télé consultation*, à l'initiative des algorithmes implémentés sur le terminal mobile dans la plateforme conçue de service pour l'analyse et la synthèse des données recueillies.
- *Télé assistance*, pour fournir quand c'est possible à distance une aide directe à la personne à risque (par exemple une personne transportée par une ambulance: service *SAMU*).

Ainsi, cet outil de médiation entre le médecin et son patient doit aussi répondre à certains critères tels que:

- **Responsabilité:** La *télé médecine* doit répondre à une démarche médicale.
- **Sécurité:** Les données doivent être protégées lors de leur transmission.
- **Confidentialité:** Le principe ici est de respecter le secret professionnel médical entre le médecin et le patient.
- **Transparence:** L'échange d'informations doit être acheminé de façon transparente entre le médecin et le patient.
- **Utilité:** La *télé médecine* ne peut pas être une expérimentation d'opérations n'ayant aucun intérêt réel pour le patient.

En outre, la considération conjointe des éléments cités précédemment dans le contexte des services de santé à distance impose en particulier de définir un compromis entre:

- ✓ La nécessité de minimiser les contraintes du contrôle et le suivi médical pour le patient.
- ✓ Maximiser l'information disponible sur le patient et établir un diagnostic rapide avec précision (sans erreurs). Cela, permet d'optimiser le temps de prise en charge du patient.

I.1.1.1 – Les apports et les enjeux de la *télé médecine*

Le domaine de la *télé médecine* s'avère être une réalité médicale. Elle s'impose déjà à travers l'usage des *unités portatives* comme les téléphones portables. Les progrès actuels des nouvelles technologies de l'information et de la communication appliquées au domaine médical (imagerie médicale, débit de transmission, convivialité des systèmes, etc.), la miniaturisation des dispositifs, ouvrent des horizons et des perspectives pour le développement de la *télé médecine* en termes d'accroissement de l'efficacité et de la qualité des soins, de partage des informations ou encore de réduction des coûts de la santé publique [7], [8].

Ainsi, nous constatons la présence d'opérateurs de services spécialisés qui conçoivent et réalisent des réseaux médicaux dédiés, capables de gérer les données médicales informatisées des patients. Il s'agit de développer et déployer une plus grande coopération entre les différentes entités des réseaux médicaux: professionnel de santé, généraliste-spécialiste, ville-hôpital, public-privé. L'objectif principal est de créer des passerelles de communication, d'information et de transmission de savoir.

Un des enjeux, qui contribue à un fort développement de la *télé médecine*, porte sur les aspects de partage de données, telles que la définition des protocoles de communication, la création d'un dossier médical, etc.

La *télé médecine* permet d'améliorer la qualité des soins grâce à l'expertise possible à distance et, par conséquent, à la réduction des délais du diagnostic et de la prise en charge thérapeutique. Elle

permet également de répondre au problème d'isolement géographique: dans les zones rurales ou les petits centres urbains souffrant du manque d'équipement et de pénurie de médecins, tout en assurant l'égalité d'accès aux soins. La *télé médecine* répond au besoin d'autonomie, de sécurité et d'intégration sociale des malades souhaitant rester à leur domicile, et s'inscrit alors dans la dynamique des alternatives à l'hospitalisation; ce qui permet d'envisager plusieurs avantages:

- La *télé médecine* 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 *télé médecine* 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.

Pour les chercheurs, une conséquence du développement des services de santé, et plus particulièrement de celui du contrôle et du suivi à distance (*télé diagnostic, télé consultation...*), 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.

Aussi, le développement de la *télé médecine* intéresse beaucoup certains secteurs médicaux, comme par exemple la médecine maritime, la médecine sportive...

Vu le bénéfice et l'importance de la *télé médecine* sur l'amélioration de la qualité de vie des personnes dépendantes, des projets de recherche pilotes, variés dans les concepts et objectifs, sont menés à travers le monde. Ils visent par exemple à définir et concevoir une plate-forme générique des services convenables pour tels systèmes de surveillance.

I.1.1.2 – Les freins au développement

Le développement des services de la *télé médecine* 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 *télé médecine* est également un problème à résoudre. La conception d'une telle technique des services de *télé médecine* 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 [9]. 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.

I.1.2 – Services mobiles de santé

Les travaux de recherche effectués au cours de cette thèse de doctorat se situent dans le cadre des services de santé représentant les dimensions de la *télémedecine*. Ces applications prennent en compte, en particulier, des éléments de surveillance permanente, de gestion des besoins des patients, la prise en charge, de diagnostic et de détection des situations critiques. Ainsi, nous pouvons être en mesure de surveiller à distance l'évolution de l'état de santé des patients tout en assurant la mobilité.

I.1.2.1 – Objectif

L'objectif de telles plateformes de services de *télémedecine* est de permettre aux patients de vivre dans des conditions plus performantes, dans un environnement de confort et de sécurité. Ainsi, cette plateforme envisagée permet, à tout moment et en tout lieu, à un patient d'être en contact permanent avec son praticien traitant, pourvu qu'il dispose d'un terminal mobile. En effet, ils pourraient bénéficier de la sécurité d'un suivi médical 24h/24h, sans l'inconvénient de la prise en charge hospitalière et sans dépenses excessives.

Il s'agit de détecter et de prévenir l'occurrence de situations critiques ou la dégradation de l'état de santé d'une personne. Le patient n'est alors plus contraint de renoncer à distance (domicile...) et à la vie en société. Il conserve une large autonomie dans son environnement social et privatif, tout en bénéficiant de services préventifs de santé.

Ces services concernent particulièrement les personnes dépendantes, comme les personnes âgées ou handicapés, 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, etc.).

De nos jours les services mobiles sont de plus en plus nombreux (**Fig. I.1**), chaque fois on entend qu'un nouveau service mobile est apparu dans un secteur donné, que ce soit médical, commercial ou industriel, etc. Ces nouveaux services mobiles font appel souvent à l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (*NTIC*). L'**Annexe C**, présente un panorama des services (hors *télémedecine*) destinés au grand public.

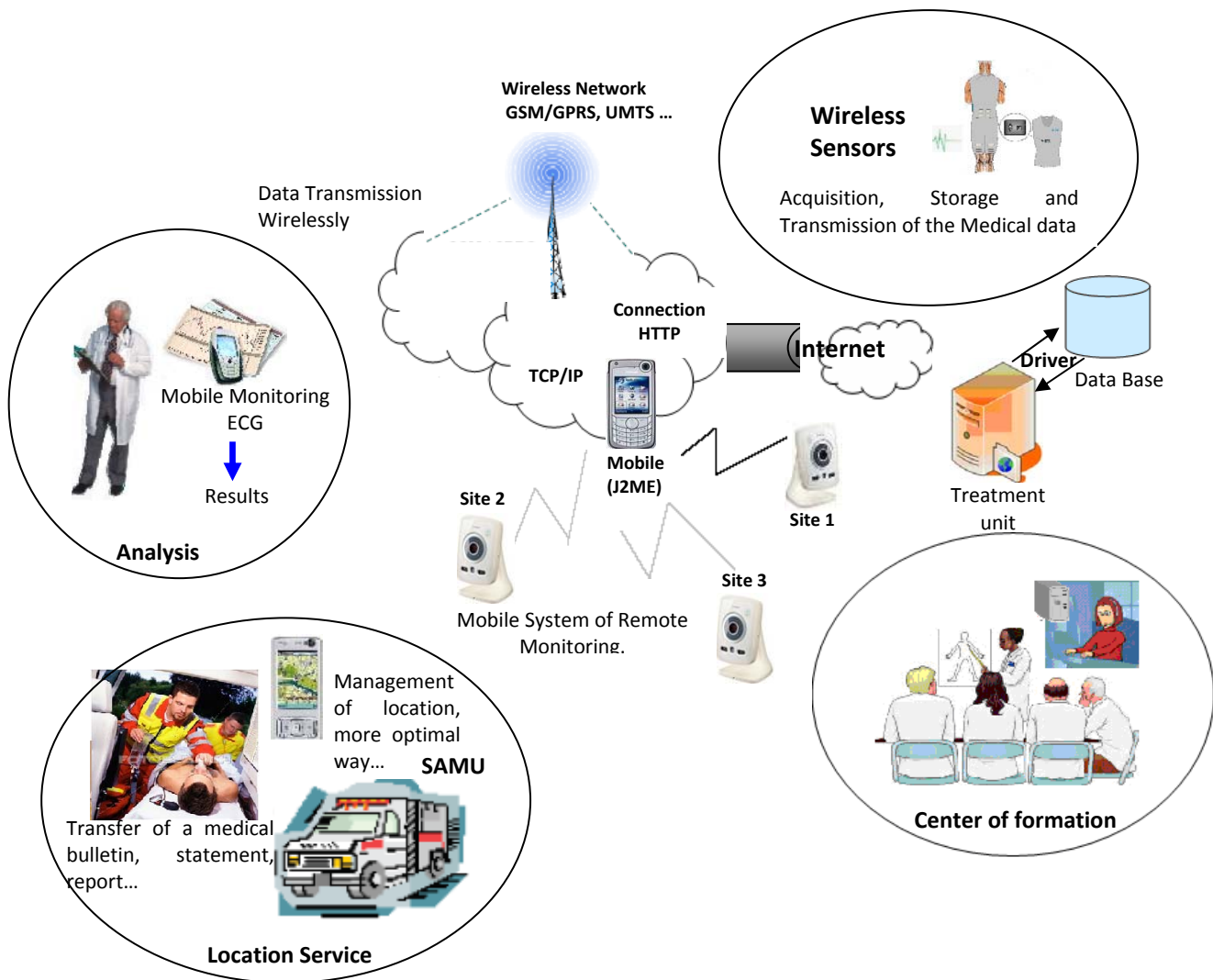


FIG. I.1 – Plateforme de services de télémédecine

I.1.2.2 – Principe de télémédecine sur des terminaux mobiles

Le développement des services sur les terminaux mobiles destinés au grand public (**Annexe C**) et plus particulièrement aux personnes à risques s'appuie sur un système d'information global comprenant les éléments suivants (Voir **FIG. I.1**) :

- Un ensemble de capteurs sans fil de différents types (physiologie, environnement, activité, signal *ECG*...) portés par la personne ou installés quelques parts, reliés entre-eux formant un réseau de capteurs sans fil pour la collecte en temps réel de données et leur transmission périodique.
- Des appareillages automatiques pour adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives.
- Des services importants développés sur les terminaux mobiles caractérisent la plateforme déployée pour les utilisateurs selon le type d'application et le domaine d'utilisation. Ils implémentent un traitement spécifique, au niveau de chaque entité définie responsable de l'acquisition, du stockage et du traitement des signaux reçus des capteurs. Ces services permettent aussi la gestion d'une base de données relative à la personne télésurveillée, le transfert immédiat des données (un bulletin médical, PV, rapport, messages d'alarmes...) et la mise en œuvre des systèmes intelligents pour le public en général.

- Un transfert immédiat d'informations en temps réel à travers les réseaux sans fil universels, tout en assurant la mobilité, la sécurité et la fiabilité. Les échanges de données entre les différentes entités communicantes dans la plateforme conçue doivent être clairs, exactes (sans erreurs), fiables et efficaces afin de mieux exploiter les services proposés et améliorer les performances ciblées de la plateforme.

- L'exploitation des terminaux mobiles dans des domaines extra communication vocale. Le principe est donc de détourner ces appareils de leur fonction de base et d'en faire des outils pour la génération des services de la *télémédecine*. Ce qui permet de développer des plateformes mobiles des services à valeurs ajoutées et par conséquent d'insérer d'autres options sur ce type de terminaux.

- Suivre une stratégie d'adaptation au contexte mobile afin d'exploiter correctement les potentialités des services proposés.

I.1.2.3 – Enjeux

Les fonctionnalités primordiales, nécessaire à la mise en place d'une plateforme de fourniture de services pour le domaine médical sont l'acquisition, la perception, l'analyse, le développement, la conception, le stockage et la transmission de données et d'informations relatives à la personne télésurveillée.

Pour cela, nous pouvons énumérer les sous systèmes clés de conception, du développement et de déploiement des services de soin à distance:

- 1- *Système des capteurs de surveillance local* – Il s'agit d'un réseau de capteurs sans fil local portés par la personne pour l'enregistrement et la transmission *téléométrique* de données relatives à une personne, à un environnement et à une activité.
- 2- *Système d'analyse et de synthèse des données* – La grande quantité de données collectées nécessite la conception et le traitement efficace 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 bases de données* – Les données collectées ou les informations extraites doivent être stockées dans des bases de données et accessibles pour leur consultation ou leur mise à jour.
- 4- *Système d'interfaces* – Les données et les informations issues de la *télémédecine*, le traitement, la synthèse et 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 sous systèmes à travers un réseau médical qui relie les capteurs de patients, les centres hospitaliers, les centres de *télévigilance* et plus généralement les différents acteurs du système.

La complexité des systèmes cités précédemment, réside dans l'hétérogénéité des acteurs du système impliqués, dans les nombreuses techniques informatiques exploitées pour le stockage, l'analyse et la transmission des informations. Elle est aussi liée à la quantité importante des données collectées, au traitement spécifique dans le contexte de chaque comportement d'un patient et à la difficulté de modélisation de l'état de santé d'une personne. La spécificité de services des soins à distance est la contrainte de traitement rapide, efficace et précis de larges ensembles de données évoluant au cours du temps, afin de répondre à l'objectif de détection «*au plus vite*» sans erreurs des situations critiques. 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.

À travers cette thèse de doctorat, nous cherchons à définir et implémenter une bonne stratégie d'adaptation au contexte de l'environnement mobile, tout en respectant les contraintes pré-requis de ce type de terminaux mobiles, afin de mieux exploiter au maximum les services ciblés de la plateforme.

I.2 – État de l'art et motivation

Les réseaux de télécommunication mobiles entrent dans une nouvelle phase de leur évolution. Ils offrent actuellement, en plus de la téléphonie mobile, des systèmes de fourniture de services à grande échelle [10]. Ainsi, une grande variété de ces services est proposée non seulement par des opérateurs réseau mais aussi par des fournisseurs ou développeurs de services. Ces services sont destinés non seulement au grand public mais également aux personnes à risques afin d'adapter leur environnement de vie quotidienne et surmonter leurs incapacités (*télé médecine*) [11].

Afin d'offrir des services multi-réseaux, multi-terminaux, adaptables et portables, il est indispensable de concevoir, développer et déployer de nouvelles applications qui feront le lien entre les fournisseurs de services et les utilisateurs connectés au réseau. Ces applications doivent être utilisables dans des contextes variés et doivent répondre aux différents besoins liés à la nature des environnements mobiles et aux spécificités du service requis.

Il existe une très large gamme de travaux qui sont menés dans le monde sur le thème de développement des services dédiés à la santé.

I.2.1 – Concepts généraux

Cette section définit le vocabulaire que nous utiliserons dans la suite de cette étude.

I.2.1.1 – Quelques définitions

1 – Service

Un service est un ensemble de fonctions ou méthodes (liées aux applications, fonction de télécommunications, contenus, produits, etc.) offertes aux utilisateurs par des fournisseurs ou développeurs selon un accord de service implicite ou explicite [12].

Dans le cadre de notre thèse, les services à valeur ajoutée conçus, sont des services offerts au public en exploitant le support réseau. Ils sont développés explicitement, c'est à dire des applications externes au *PLMN* (l'opérateur réseau).

2 – Terminaux mobiles

Dans notre travail, nous désignons par terminaux mobiles ou nomade tout environnement faisant référence à la mobilité de l'utilisateur et/ou la mobilité du terminal. Dans ce cas, les utilisateurs peuvent accéder et utiliser l'information indépendamment de leurs positions physiques.

Donc, nous pouvons dire qu'un terminal mobile peut être vu comme une intégration des appareils portables et d'un réseau sans fil, ou d'une combinaison des appareils portables et d'un réseau fixe. Dans les deux cas, la connexion est temporaire avec possibilité de déconnexion [13].

I.2.1.2 – Acteurs de développement de services

Les acteurs prenant part à la conception et au développement de services dans un environnement mobile sont nombreux: ils vont du concepteur à l'utilisateur de service. Nous ne considérons ici, que ceux qui entrent en jeu au moment de la fourniture et de l'activation du service. Ces acteurs sont de trois types:

a/ Usager ou utilisateur mobile (utilisateur final)

L'utilisateur mobile possède des informations d'accès individuelles lui permettant d'utiliser et d'exploiter les services à partir de tout terminal mobile. Dans le modèle de conception et développement de services, les propriétés et les tâches suivantes caractérisent l'utilisateur mobile (utilisateur final):

- Il possède un téléphone mobile *Java Wireless Toolkit* qui accepte des applications *J2ME* ;
- Il est l'utilisateur de service, il veut toujours une transmission en temps réel avec une bonne qualité à la réception ;

- Il peut appeler à tout moment et n'importe où, le service qu'il souhaite à l'aide de l'application chargée sur son mobile ;
- Il reçoit les résultats obtenus par les algorithmes de calcul sur son terminal mobile ;
- Il valide les résultats obtenus sanctionné par une prise de décision ;

b/ Opérateur de téléphone mobile (PLMN)

L'opérateur réseau (ou *PLMN*) a pour objectif de gérer l'abonnement de l'utilisateur. Il fournit les informations d'accès à chaque abonné ainsi que l'infrastructure d'exécution et les applicatifs nécessaires à l'exécution des services de communications mobile ou public. Il peut également proposer ses propres services aux utilisateurs mobiles. Il est caractérisé par les propriétés et les tâches suivantes :

- Il possède un réseau d'accès mobile (*GSM, GPRS...*) ;
- Il est à l'écoute de ses utilisateurs mobiles et il propose les supports nécessaires pour la transmission ;
- Il assure la confidentialité par des mécanismes de sécurité (chiffrement...) avec une bonne qualité de données reçues [14].

c/ Fournisseur ou développeur de services

Un *PLMN* offre également des services proposés par des fournisseurs ou développeurs de services indépendants. L'utilisateur final n'a pas nécessairement connaissance de l'existence de ces fournisseurs, car l'opérateur réseau dans ce cas, ne fait que de l'intermédiaire et par conséquent il est en mesure de masquer leur existence.

I.2.1.3 – Organismes, technologies et standards existants

Avant de présenter notre projet de thèse lié à la fourniture des services de la santé sur des unités portatives, nous présentons d'abord les organismes de normalisation, les technologies et les standards qui nous intéressent le plus.

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 (*télé médecine* 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.

A.1 – 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 [15].

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.

A.2 – 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 *ZigBee* propose un protocole lent dont le rayon d'action est relativement faible, mais nécessitant nettement moins de ressource que le *Wi-Fi* ou le *Bluetooth* et dont la fiabilité est assez élevée.

Au dessus de la couche *LLC*, la *ZigBee Alliance* s'occupe désormais de concevoir les spécifications de cette technologie. Elle travaille alors, sur des spécifications pouvant opérer sur des implémentations *802.15.4* et couvrantes les couches réseau, sécurité et application [16]. Sa portée est d'une dizaine de mètre, et peut atteindre 150 mètres en extérieur. Les débits autorisés sont relativement faibles, entre 20 et 250 kbps.

Cette technologie couvre plusieurs domaines : la *domotique*, *télé médecine*, etc. En effet, elle participe grandement à l'essor du marché des réseaux de capteurs sans fil et fournit un cadre souple pour répondre aux exigences des patients pour les aider à mener une vie plus saine et indépendante. *ZigBee Alliance* a annoncé avoir terminé la mise au point de son profil d'application public *ZigBee Health Care* [17]. Cette nouvelle initiative a le potentiel de réduire les coûts de santé et les séjours hospitaliers des patients, en fournissant plusieurs types de services de contrôle médical à distance.

A.3 – Wi-Fi (ou IEEE 802.11)

Le *Wi-Fi* est soutenu par l'alliance *WECA*. Sa norme *IEEE 802.11* offre des débits de 1 ou 2 Mbps. Des révisions ont été apportées à la norme originale afin d'optimiser le débit (c'est le cas des normes *802.11a*, *802.11b* et *802.11g*) et d'assurer la sécurité, la qualité de service ou la mobilité [15].

A.4 – 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) [18]. 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.

B – Réseaux d'accès radiomobiles

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*) [14]. L'évolution du réseau radio mobile *GSM* (dit de 2^{ème} génération «*2G*») vers l'*UMTS* (dit de 3^{ème} génération «*3G*») ensuite vers la «*4G*» (4^{ème} 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.

B.1 – 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. Il se distingue par un accès spécifique: *la liaison radio*.

La satisfaction de *l'utilisateur final* se traduit par trois contraintes de fonctionnement:

- L'abonné doit pouvoir joindre n'importe qui, n'importe quand et n'importe où ;
- Après établissement de la communication, la conversation est audible et compréhensible par les deux interlocuteurs ;
- La ligne téléphonique n'est pas coupée en cours de communication.

Pour *l'opérateur*, ceci se traduit par trois contraintes techniques:

- Une couverture nationale ;
- Un dimensionnement correct des liens radio et réseau (pour la disponibilité des ressources) ;
- La mise en place de mécanismes efficaces de gestion du lien radio (pour la minimisation du taux de coupure) [14].

B.2 – 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 classer 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* [19]. 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.

Les débits théoriques autorisés par cette génération (de 9.6 Kbps à 171.2 Kbps) permettent d'envisager de nombreuses applications tels que la consultation du Web, le transfert de fichiers, la transmission de vidéo compressée, etc. La facturation en *GPRS* se fait selon le volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût.

B.3 – HSCSD ou EDGE

EDGE représente une seconde forme d'évolution des systèmes 2G. Il s'agit d'une simple évolution de la technologie *GSM/GPRS* et du système *TDMA* permettant d'obtenir un débit qui peut aller jusqu'à 384 Kbps. Mais c'est beaucoup moins performant que la 3G et son rendement optimal est obtenu lorsqu'il est combiné avec un réseau de commutation par paquet (*GPRS*).

Ce standard utilise une nouvelle modulation du signal (*8PSK*) qui permet d'améliorer l'efficacité spectrale et la capacité du réseau. Un terminal mobile dans un réseau *EDGE* est capable de transmettre et de recevoir sur plusieurs intervalles de temps (IT) [14]. Cette technique permet de définir des circuits allant jusqu'à 6 IT alloués aux mobiles par trame *TDMA* ; ce qui permet d'envisager des débits de l'ordre 19.2 Kbps, 28.8 Kbps, 38.4 Kbps, 48 Kbps, 56 Kbps ou 64 Kbps suivant le nombre des canaux alloués.

B.4 – 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* [20].

B.5 – Technologie HSDPA (3.5G)

La troisième génération (*UMTS*) impose des investissements énormes pour des débits qui ne sont pas éloignés de ceux du *GPRS* et se voit rapidement remplacée par la nouvelle génération 3,5G, appelée *HSDPA*. Cette nouvelle technologie offre des débits pouvant aller au delà de 10 Mbps sur le lien descendant [21]. Le *HSDPA* peut être installé et déployé sans changer radicalement l'architecture de l'*UMTS*. Il permet du coup aux opérateurs de réaliser cette évolution à moindre coût.

B.6 – Technologie HSUPA (3.75G)

La 3.75G est une variante de *HSDPA* sur la voie montante. *HSUPA* peut être considéré comme le successeur de *HSDPA*, il porte un débit montant (*Uplink*) à 5,8 Mbps théorique, le flux descendant (*Downlink*) étant de 14 Mbps comme en *HSDPA* [22]. L'intérêt de cette technologie sera d'offrir la possibilité d'émettre vers d'autres mobiles toutes sortes des documents électroniques (images, vidéos...) favorisant ainsi le développement de l'*Internet* haut débit mobile.

B.7 – Technologie 4G

Les futures générations de réseaux opérés (4G) reposent sur l'intégration de plusieurs systèmes et technologies d'accès sans fils. Ce système de télécommunication représente la convergence entre la 3ème génération et les diverses technologies radio complémentaires. Cela permet de réduire les coûts de déploiement et d'augmenter la couverture à moindre frais [23]. Les terminaux de cette

technologie devront donc être capables de sélectionner à chaque instant la meilleure solution pour accéder à un réseau donné. L'objectif ici, est de fournir aux utilisateurs mobiles des services rapides et sans interruption dans un environnement hybride. Cette génération offre des taux de données supérieurs à 100 Mbps.

C – Modèle TCP/IP

TCP/IP est né de la réflexion de chercheurs américains. *IP* est un protocole qui permet d'envoyer des informations élémentaires de machine à machine. Les chercheurs ont développé un autre protocole de nom *TCP*. Le nom de *TCP/IP* a donc été choisi en référence à ces deux principaux protocoles qui le caractérisent. Aujourd'hui, ce modèle intègre beaucoup d'autres protocoles (*FTP*, *SMTP*, *HTTP* ...). *TCP/IP* est un protocole qui nécessite une coopération des *OS* (*Systèmes d'exploitation*) des machines.

TCP/IP est très répandu, car sa robustesse a été prouvée (quelques millions de machines interconnectées dans le monde). Tous les applicatifs réseaux doivent pouvoir communiquer entre eux, quelque soit l'architecture ou la plateforme utilisée. Pour cela, les opérations sur les réseaux ont été divisées en plusieurs phases de base, de manière à simplifier la portabilité des applicatifs sur toutes les plateformes [24], [25], c'est ce qu'on appelle en couche. Un standard a alors été créé, normalisé par l'*OSI* sous la référence *OSI-RM*, utilisant 7 couches distinctes.

L'architecture *TCP/IP* (Fig. I.2) est similaire à ce modèle en couche, mais ne dispose que de 4 couches dans la plupart des cas.

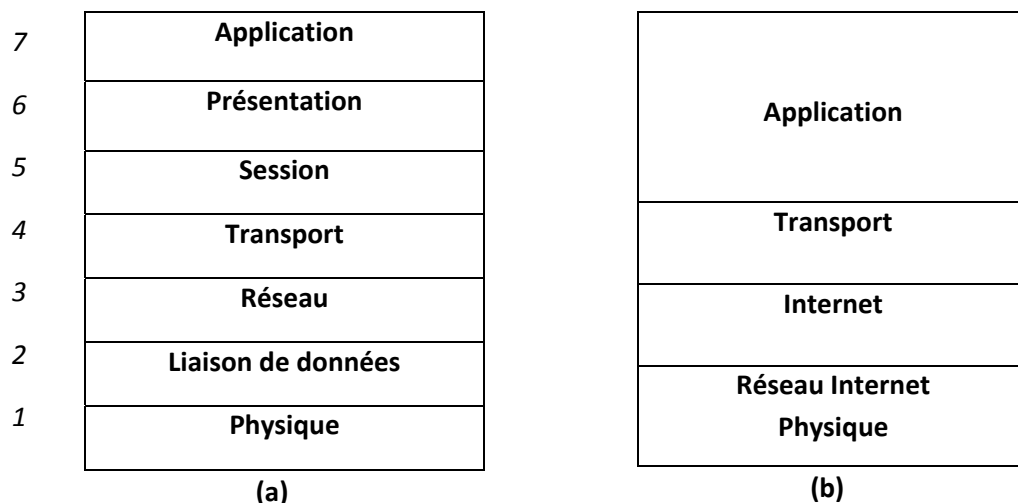


FIG. I.2 – Systèmes en couches
(a): Modèle de référence OSI, (b): Modèle TCP/IP (Internet)

Les couches 5 à 7 du modèle *OSI* sont des couches dites d'application. Elles sont orientées application, et fournissent une interface entre une application et le réseau. Les couches 1 à 4 sont des couches dites de liaison. Ce sont elles qui se chargeront du routage, afin de correctement acheminer les paquets d'un point à un autre.

❖ **Protocole 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.

❖ **Le protocole UDP:** Ce protocole utilise *IP* pour acheminer, d'un ordinateur à un autre, en mode non fiable des datagrammes qui lui sont transmis par une application. *UDP* n'utilise pas d'accusé de réception et ne peut pas donc garantir que les données ont bien été reçues. Il ne réordonne pas les

messages si ceux-ci n'arrivent pas dans l'ordre dans lequel ils ont été émis et il n'assure pas non plus de contrôle de flux. Cependant, *UDP* fournit un service supplémentaire par rapport à *IP* car il permet de distinguer plusieurs applications destinataires sur la même machine par l'intermédiaire des *ports*.

❖ **Protocole TCP:** Contrairement à *UDP*, *TCP* est un protocole qui procure un service de flux d'octets orienté connexion et fiable. Les données transmises par *TCP* sont encapsulées dans des datagrammes *IP* en y fixant la valeur du protocole à 6.

❖ **Le protocole http:** *http* est un protocole de niveau application suffisamment léger et rapide pour une communication *Client-serveur*. Il peut fonctionner sur n'importe quelle connexion fiable.

Les Clients *http* les plus connus sont les navigateurs Web permettant à l'utilisateur final d'accéder à un serveur de données. Il existe aussi des systèmes pour récupérer automatiquement les données sur *Internet* tel que les *aspérateurs*. Mis à part la récupération de données, les systèmes d'information évolués nécessitent d'autres fonctions telles que la possibilité d'effectuer des recherches, les fonctions de remise à jour et l'annotation. Les messages sont transmis sous une forme similaire à celle de la messagerie électronique (E-mail) et des extensions *MIME*.

Ce protocole permet d'utiliser un ensemble de méthodes pour définir l'objet d'une requête. Il s'appuie sur des méthodes de communications dont les plus fréquents sont regroupés dans le tableau **TAB. I.1**:

Méthode	Description
GET	Requête de la ressource située à l'URL spécifiée
HEAD	Requête de la ressource située à l'URL spécifiée
POST	Envoi de données au programme situé à l'URL spécifiée
PUT	Envoi de données à l'URL spécifiée
DELETE	Suppression de la ressource située à l'URL spécifiée

TAB. I.1 – Méthodes de communication *http*

La communication entre les deux entités (*Client-serveur*) se fait en deux temps :

- 1- Le navigateur effectue une requête *http*.
- 2- Le serveur traite la requête puis envoie une réponse.

La requête la plus simple se compose d'une seule ligne qui comprend trois éléments: la méthode, l'URL (elle identifie la ressource) et la version du protocole *http* exploité (*http/1.0* ou *http/1.1*) [26].

```
GET http://www.eivd.ch HTTP/1.0
```

Les champs d'en-tête de la requête est un ensemble de lignes facultatives permettant de donner des informations supplémentaires sur la requête et le client. Chacune de ces lignes est composée d'un nom qualifiant le type d'en-tête, suivi de deux points et de la valeur de l'en-tête:

```
Content-Type : text/plain
```

En ce qui concerne le corps de la requête, il représente tous simplement un ensemble de lignes optionnelles devant être séparé des lignes précédentes par une ligne vide et permettant par exemple un envoi de données par une commande *POST*.

Les deux méthodes de communication les plus utilisées sont *GET* et *POST*. *GET* est la plus simple, elle consiste à récupérer le contenu d'un document se trouvant à une URL précise. La réponse à une telle requête contient des informations sur le document, suivies des données du document lui-même. La totalité des informations transmises au serveur se trouve soit dans l'URL, soit dans les champs d'en-tête. La méthode de requête *POST* est utilisée pour envoyer des informations d'un formulaire à une URL précise. Les méthodes *GET* et *POST* peuvent toutes deux être utilisées pour envoyer des données à une *Servlet* se trouvant sur le serveur.

La méthode *HEAD* sert essentiellement à obtenir des informations sur un document sans récupérer le document lui-même. La réponse à cette requête contient uniquement des informations sur le document [27].

Dans la pratique bien peu de serveurs autorisent les actions de type *PUT* et *DELETE* pour des raisons évidentes de sécurité.

Une version sécurisée du *http* cryptant toutes les requêtes échangées a donc été créée à cet effet et se nomme *https*. Elle est essentiellement idéale pour les transactions du commerce électronique (E-Commerce), en particulier les services bancaires en ligne. 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 America [15]. Son principe, basé sur un procédé cryptographique par clé publique de type asymétrique, procure une plus grande sécurité.

D – WAP

Le protocole *WAP*, destiné aux applications sans fil, est un ensemble de standards et technologie permettant de faire fonctionner des applications sur un terminal mobile (les téléphones portables, *PDA*, les assistants numériques personnels...).

Le point de convergence entre l'*Internet* et la téléphonie mobile est le standard *WAP*. Il permet à l'utilisateur mobile d'accéder à des services (e-mails, charger des pages Web allégées...) sur *Internet* adaptés aux faibles débits des réseaux *GSM* actuels (9,6 kbps) [27].

1.2.2 – Projet variés dans le monde

Des travaux et projets sont réalisés à travers le monde dans les concepts et les objectifs de la *télé médecine*. Ils visent par exemple à définir une architecture générique pour de tels systèmes médicaux, à expérimenter un système de suivi médical sur une catégorie spécifique de patients (insuffisants cardiaques et pulmonaires, asthmatiques, diabétiques...), à concevoir des habitats intelligents, des capteurs et des systèmes d'alarmes [9] ou encore à développer des applications et des services adaptés aux exigences des services de *télé médecine*. Les deux références [28], [29], sont consacrées à plusieurs projets de concepts relatifs au domaine de la *télé médecine*.

1.2.2.1 – Conception et expérimentation globale de systèmes d'information

Plusieurs travaux ont traité la conception d'architectures appropriées aux objectifs des systèmes de surveillance médicale à distance. Cette architecture doit être capable de répondre aux exigences d'interopérabilité et de fiabilité des sous-systèmes impliqués. Ceci, afin d'assurer la sécurité permanente des patients et le suivi à distance de l'évolution de leurs états de santé.

Un projet a été réalisé au Royaume-Uni par Williams et al. [30], [31] visant la conception d'une architecture générique complète d'un système de *télé surveillance* médicale. La mise en œuvre de cette plateforme a été déployée selon le prototype *MIDAS* [32].

En Espagne, le même type d'architecture a été développé par Rodriguez et al. [33] dans le cadre du projet *EPIC* de l'Union Européenne.

Thomasse et al. [34], en France, ont développé le projet *TISSAD*. Il a pour objectif principal la définition d'une architecture modulaire et ouverte pour les systèmes de *télé surveillance* des patients à domicile présentant diverses pathologies [9] (suivi de personnes âgées, d'insuffisants cardiaques et rénaux).

En termes de développement et de l'expérimentation de ces systèmes, le projet de Roth et al. [35], en Israël est probablement le plus abouti puisque plus de 40 000 patients y ont déjà souscrit [9], en raison du développement et de l'expérimentation de ces systèmes. Il permet de fournir un service d'urgence, de détection et de prévention de risques cardiaques et pulmonaires.

En outre, il y a des projets et des prototypes qui sont expérimentés sur une catégorie spécifique, par exemple, le projet *HAT* [36] pour les asthmatiques, développé aux États-Unis, le projet suédois de

Linde et al. [37] pour les diabétiques, ou encore en France, le projet *PROSAFE* [38] concernant les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer.

1.2.2.2 – Systèmes de surveillance à domicile

D'autres projets sont menés dans le but de concevoir des habitats et des capteurs adaptés aux la *télé-surveillance* médicale afin de répondre aux exigences des personnes à risque. On peut citer les projets suivants:

Par exemple, au Japon, Ogawa et al. [39], ont évalué la faisabilité de l'enregistrement de mesures physiologiques à distance (à domicile).

L'étude de la possibilité d'évaluation de l'état de santé d'une personne à partir d'un ensemble de capteurs a été achevée par Celler et al. [40], [41], [42].

Un capteur porté sur le corps d'une personne pour la surveillance de l'activité physique par la détection des postures du corps (allongée, assise et debout) et des périodes de marche a été proposé par Najafi et al. [43].

Certains projets se focalisent sur la conception d'un habitat adapté aux exigences de la *télé-surveillance* médicale, tels que le projet d'Elger et Furugren développé au Suède [44], le projet *AID HOUSE* au Royaume-Uni [45], le "*Smart House in Tokushima*" au Japon [46], le projet de Van Berlo et al. au Pays-Bas [47].

Enfin, un habitat intelligent pour la santé, nommé *HIS*, connecté à un réseau permettant la gestion des utilisateurs, des informations sur les personnes surveillées et des alarmes, a été conçu et déployé par Noury, Rialle et al. [48], [49], [50].

1.2.2.3 – Un système de gestion et de stockage des données

Les contraintes liées à la gestion et au stockage des données réside dans la définition des méthodologies et stratégies permettant facilement le partage et l'échange des informations entre les différentes entités communicantes. D'autres projets se focalisent également sur la définition de protocoles de gestion de données [51], d'ontologies ou encore d'un dossier médical électronique partagé pour les patients [52].

1.2.2.4 – Analyse de données

De nombreux projets visent la conception de systèmes *intelligents*, autonomes et non intrusifs afin d'éviter l'intervention de la personne télé-surveillée.

En termes d'exploitation des données enregistrées, des approches non intrusives se sont intéressées par exemple à l'activité d'une personne dans une pièce (Chan et al) [38]. Il s'agit de la détection des situations critiques à partir de l'étude des données enregistrées par un ensemble de capteurs infrarouges. Ces capteurs permettent de détecter les mouvements de la personne dans différentes zones de la pièce.

Les données collectées à distance sont également exploitées pour d'autres services de *télé-médecine*. La conception des *assistants intelligents* pour l'analyse de données collectées à distance doit être caractérisée par sa capacité d'autonomie et ses facultés de perception, de raisonnement et de prise de décision [34]. La problématique réside dans les contraintes de robustesse, de fiabilité, d'efficacité et de pertinence des informations disponibles. Ce qui exige en particulier un choix judicieux d'un ensemble cohérent de capteurs pour le suivi médical. Le principe est de trouver un compromis entre la nécessité de disposer des informations optimales en termes de contrôle à distance et les besoins des patients.

1.2.2.5 – Détection des situations critiques d'un patient à domicile

La particularité de la conception d'*assistants intelligents* réside dans la détection des situations critiques d'un patient à partir des données collectées à distance. Il s'agit d'analyser en temps réel,

une grande quantité de données hétérogènes pour l'identification des situations inquiétantes ou critiques. Dans ce contexte, des projets et travaux s'intéressent jusqu'à présent à une pathologie particulière ou bien à un ensemble restreint de paramètres [9].

I.2.3 – Projet et travaux connexes

Les travaux et les projets qui nous intéressent (qu'on peut cibler dans cette thèse) sont ceux liés à la conception et le développement des plateformes dédiées aux services et applications mobiles de *télémédecine* (détection, suivi continu médical, géo-localisation des patients...). Dans les sections suivantes nous présentons quelques projets et publications similaires aux travaux qu'on voudrait développer à travers cette thèse.

I.2.3.1 – Projet STETAU

Le projet *STETAU* (Fig. I.3) modernise l'auscultation par un stéthoscope communicant, enregistre des sons grâce à un microphone ultraperformant sans filtrage et les transmet via *Bluetooth* vers des terminaux mobiles pour enregistrer le signal. Ensuite le signal est retransmis via un réseau *Internet* ou *GSM/3G* vers un centre d'archivage et de monitoring des patients [53]. Le médecin y accède et analyse l'enregistrement sonore et visuel.

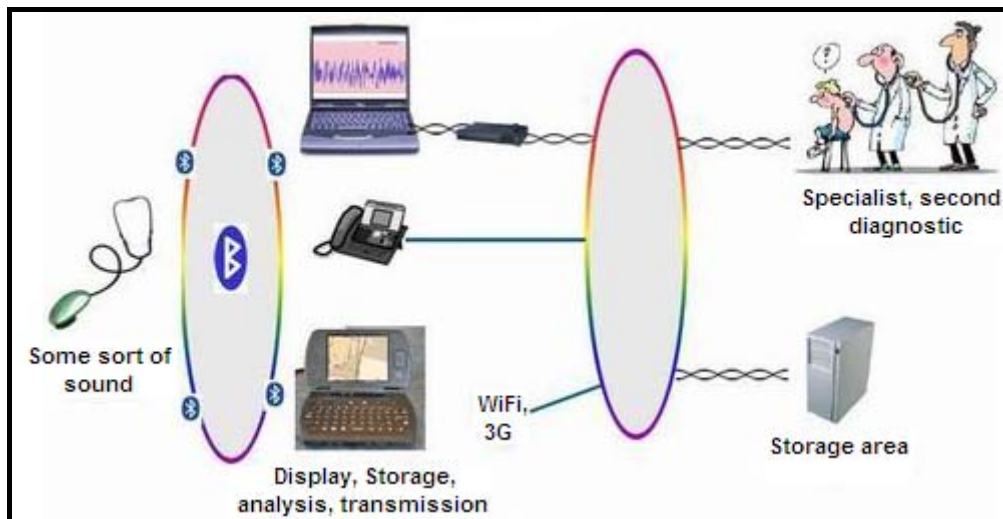


FIG. I.3 – Architecture de projet STETAU

Plusieurs acteurs impliqués dans le domaine médical en tirent profit de cet appareil révolutionnaire:

- Les médecins sont en mesure de mieux suivre les résultats des traitements ;
- Les patients peuvent être suivis à distance surtout pour les pathologies cardiaques ou broncho-pulmonaires;
- Les étudiants en médecine seront formés à pratiquer l'auscultation à l'aide des supports sonores et visuels intelligents.

L'avantage principal d'un tel instrument ne réside pas seulement dans une amélioration du processus d'auscultation, mais également dans des actes tels que:

- Le monitoring du cœur et des poumons;
- L'enregistrement des sons et leur stockage dans une archive médicale, ce qui permettra la réécoute et l'analyse du signal;
- Une possibilité d'effectuer une écoute à distance;
- La détection des anomalies;
- Une présentation du son sous format graphique.

I.2.3.2 – Projet BAN: RF Communication and Higher Layer Protocol Design

Ce projet est un système de surveillance à domicile des personnes à risques, par exemple des personnes âgées. Ces patients doivent être équipés de capteurs qui transmettent les paramètres vitaux mesurés à un système de surveillance.

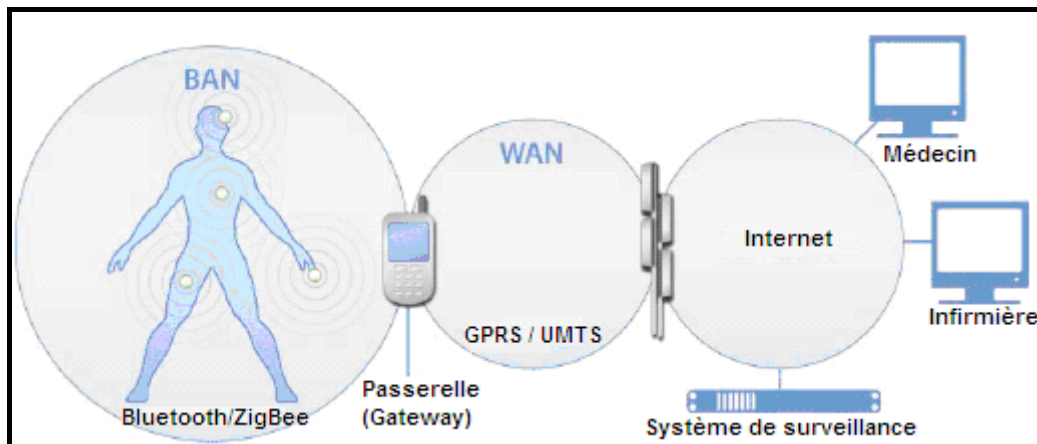


FIG. I.4 – Architecture de BAN

Les mesures effectuées par ces capteurs sont ensuite collectées par une passerelle locale avant d'être renvoyées vers le système de surveillance distant (Fig. I.4) [54].

I.2.3.3 – Projet PAN

Le projet PAN permet actuellement de mettre en évidence une liaison entre le patient et le médecin par le biais d'un serveur Web, et la transmission d'alarmes vers le praticien traitant par le biais de messages transportés par téléphone mobile (Fig. I.5).

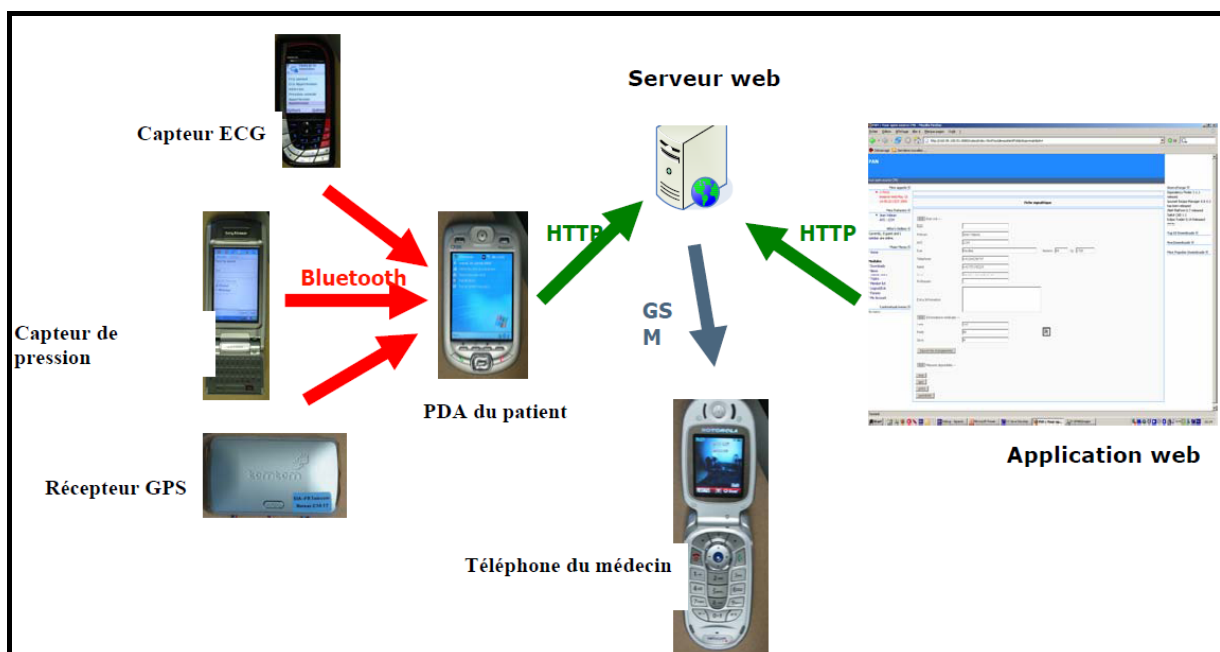


FIG. I.5 – Architecture du projet PAN

Le réseau PAN est simulé par des téléphones mobiles/terminaux Bluetooth [55] (bien que Bluetooth ne soit probablement pas une solution viable à moyen terme, vu la consommation excessive des terminaux).

I.2.3.4 – Projet QALAB-DOMIS

Le projet *QALAB-DOMIS*^{I.1} consiste à générer automatiquement des questionnaires structurés par un praticien traitant (chef de service, chef de clinique), ainsi que toutes les structures de données associées. Ces enregistrements vont plus tard permettre la définition de statistiques, de l'aide au diagnostic...

La chaîne couverte par ce projet est illustrée sur la figure Fig. I.6.



FIG. I.6 – La chaîne couverte par le projet QALAB-DOMIS [55]

I.2.3.5 – Projet “Privacy Framework for Mobile health and Home-Care system”.

^{I.1} *QALAB-DOMIS* est un mandat proposé par la société *MERCATOR*, qui a pu être réalisé dans le cadre de la plate-forme *IMInet*.

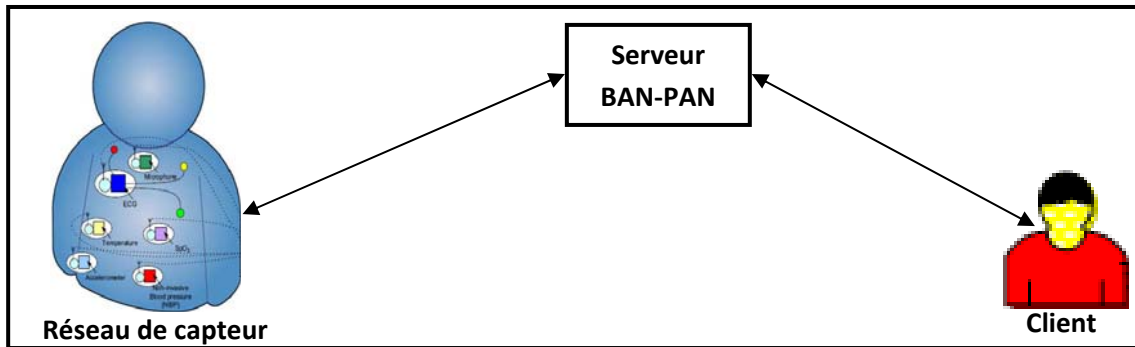


FIG. I.7 – Plateforme de diagnostic des patients

L'auteur dans cet article, exploite un réseau de capteur relié directement avec un serveur *BAN-PAN* (FIG. I.7), sans l'utilisation d'un nœud intermédiaire (téléphone mobile, PDA...). Un client à distance peut facilement consulter les résultats du diagnostic concernant les patients sur le serveur [56].

I.2.3.6 – Projet “Mobile Phones Assisting With Health Self-Care: a Diabetes Case Study” [57].

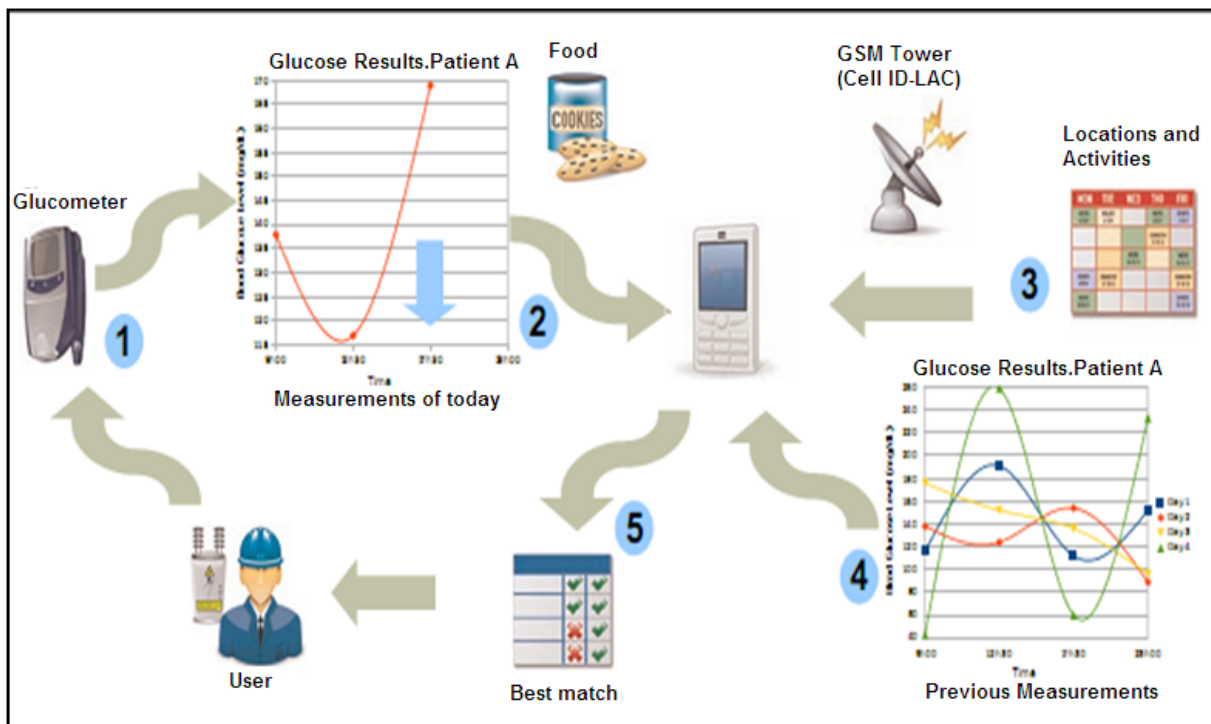


FIG. I.8 – Système mobile intelligent de diagnostic pour les diabètes

Cette publication retrace une étude complète d'un système *intelligent* du diagnostic diabétique d'un malade par le biais d'un téléphone portable (FIG. I.8). L'auteur a introduit aussi la notion de localisation pour localiser l'endroit où le patient a pris sa dose d'insuline.

I.2.3.7 – Projet “Activity-aware ECG-based Patient Authentication for Remote Health Monitoring”.

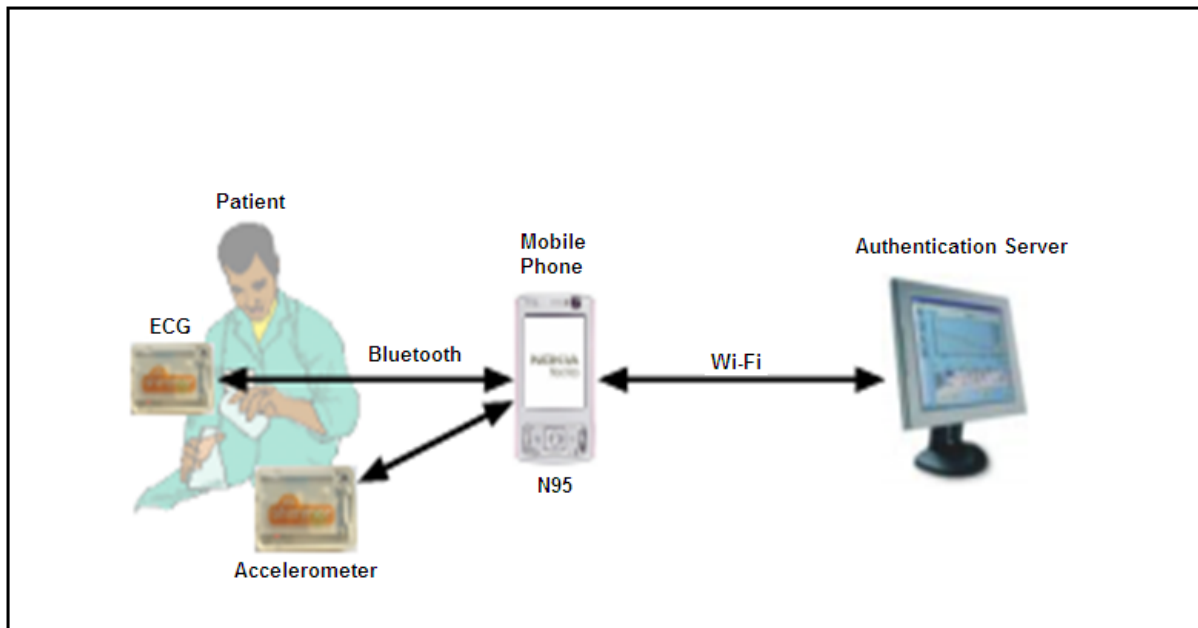


FIG. I.9 – Système mobile de surveillance des patients cardiaques [58]

L'architecture de ce projet est montrée sur la figure **FIG. I.9**. Le but ici, est d'utiliser un accéléromètre avec le module *ECG* et une Smartphone (type *N95*) intermédiaire qui ne joue que le rôle d'un transmetteur. Le traitement et l'analyse se fait au niveau du serveur.

I.2.4 – Notre contribution

La plupart des travaux entrepris dans ce domaine effectuent l'analyse des signaux sur des grands serveurs (grande capacité mémoire, meilleure résolution...). Nous proposons dans le cadre des travaux de notre thèse de doctorat d'introduire cette analyse complète pour la détection des situations critiques sur un simple téléphone portable, offrant ainsi une simplicité de gestion, un faible coût d'exploitation et une mobilité.

Notre attention s'est portée alors sur l'implémentation de la détection des situations critiques sur des unités portatives comme outils de base, permettant ainsi le suivi du patient dans un milieu non hospitalier. Cette thèse retrace les différents éléments nécessaires à la résolution de ce problème. Pour cela, il est en effet nécessaire de formuler d'abord précisément la problématique pour identifier les axes de recherche qui nécessitent effectivement d'être abordés.

I.2.4.1 – Les terminaux mobiles et leurs caractéristiques

Les environnements mobiles se caractérisent par la présence d'un ou de plusieurs terminaux portables ayant chacun un ou plusieurs moyens de communication sans-fil. Ces interfaces de communication sans-fil permettent aux terminaux, tout en se déplaçant, de communiquer entre eux ou avec des stations fixes. Ces environnements présentent de grandes différences par rapport aux environnements fixes [59]. Pour des raisons de taille et de poids, les terminaux portables disposent de ressources moins importantes par rapport à celles qu'offrent des stations fixes. De plus, l'utilisation de ces ressources est limitée dans le temps puisqu'elle dépend d'une source d'énergie limitée (la batterie). En ce qui concerne les réseaux de communication sans-fil, ils offrent une bande passante beaucoup plus faible et variable que les réseaux filaires. En effet, ces communications sont soumises à de fortes variations résultant des interférences du signal avec le milieu environnant. Ces variations conduisent, dans le cas extrême, à la rupture de la communication lorsque le signal ne parvient plus au terminal portable.

Les terminaux portables peuvent être décrits par trois caractéristiques: *les ressources*, *l'encombrement* et *l'autonomie*. Ces différentes caractéristiques ne sont pas indépendantes. En effet, réduire grandement la taille et le poids du terminal portable ne permet pas d'avoir d'importantes

ressources mais permet d'avoir une bonne autonomie. A l'inverse, un terminal portable plus volumineux peut offrir plus de ressources, mais il consomme alors plus d'énergie et bénéficie donc d'une autonomie moindre.

Les assistants personnels numériques (PDA) sont conçus pour tenir dans la main ou être mis dans une poche. Ils existent deux compromis pour les ressources et l'autonomie: (i) les organisateurs (*Organizers, Palmtops*) possèdent des ressources moindres pour une excellente autonomie; ces restrictions limitent grandement leurs fonctionnalités aux applications de consultation et saisie d'informations personnelles (agenda, répertoire, liste de tâches ...), et (ii) les assistants personnels de type *Pocket PC, Palm-size PC* possèdent de plus grandes ressources pour une autonomie moindre; les fonctionnalités offertes permettent d'implanter les systèmes d'exploitation (*Windows CE, Linux*) avec la plupart des applications prévues pour ces systèmes (*Internet Explorer, Netscape...*). Les ordinateurs de poche sont un peu plus grands que les assistants personnels.

Les ordinateurs portables, nécessitant l'utilisation d'une sacoche pour le transport, disposent de ressources comparables à celles d'une station fixe. Ces ressources permettent d'utiliser les mêmes systèmes d'exploitation et les mêmes applications que sur une station fixe, ce qui limite l'autonomie entre 2 et 4 heures [60].

De plus, quel que soit le terminal portable, de nouveaux périphériques peuvent être insérés en cours d'exécution en exploitant les possibilités d'extension qu'offrent les standards *PC Card1* et *USB*. Ainsi, il est possible d'ajouter aux terminaux portables des périphériques permettant d'améliorer (i) le confort d'utilisation des entrées/sorties avec, par exemple, le branchement possible d'un clavier, (ii) les possibilités de stockage avec des disques durs, (iii) l'autonomie avec l'ajout de batteries.

1.2.4.2 – Besoins de développement des services

Les principales contraintes techniques que le concepteur et le développeur d'applications (services) doit prendre en compte sont présentées dans cette section.

A – Mobilité

Le concept de mobilité est la caractéristique principale dans les systèmes de communication pour mobiles. Il est pris en compte par la mise en place de mécanismes assurant la continuité de communication dans la mobilité. Cet aspect renvoie à la mobilité globale qui regroupe la mobilité personnelle, la mobilité du terminal et la mobilité de service.

1. **Mobilité personnelle** correspond à la possibilité de l'utilisateur final d'accéder à des services personnalisés quel que soit le terminal utilisé (fixe ou mobile) et la capacité d'offrir des services par le réseau selon les préférences de l'utilisateur. Donc, elle permet aux utilisateurs d'exploiter leurs services personnalisés indépendamment du terminal utilisé.
2. **Mobilité du terminal** correspond à l'aptitude du terminal à accéder au service à n'importe quel moment, n'importe où, et quel que soit la vitesse de son déplacement.
3. **Mobilité de services**, appelée aussi **portabilité de services**, il s'agit de la capacité du réseau à fournir les services souscrits à l'endroit où se trouve le terminal (utilisateur). L'exploitation des services sur le terminal de l'utilisateur dépendent des capacités du terminal et du réseau qui sert ce terminal.

Ce concept de base, qui est le facteur clé de l'informatique, et l'apparition d'une grande variété de nouveaux moyens permettent à l'utilisateur d'accéder et d'utiliser l'information qui l'intéresse en tout lieu et à tout moment.

Nos travaux de recherche dans cette thèse exploitent la mobilité des réseaux sans fil pour traiter, contrôler et surveiller l'état des malades et des personnes âgées à domicile ou en mobilité (dans une ambulance...). Pour cela nous exploitons des terminaux mobiles pour développer des services de *télé médecine*.

B – Choix d'un modèle de simulation des services sans fil

Les développeurs ou concepteurs de services ont intérêt à ce que leurs services soient utilisables depuis tous les terminaux d'accès et quel que soit le réseau utilisé. Ceci pose le problème de la portabilité des services dans des environnements différents.

L'utilisation d'un outil sans fil de développement et de gestion de services, jouant le rôle de médiateur entre les différentes entités impliquées dans le processus de fourniture de services (terminaux et opérateur réseau), est donc nécessaire. Cet outil doit fournir des mécanismes pour assurer le déploiement et la gestion dynamique des applications pour examiner toutes les communications sans fil dans n'importe quel environnement. Ces mécanismes regroupent l'ensemble des procédures nécessaires à fournir un socle de développement aux applications embarquées (portables, sûres et indépendantes de l'infrastructure des réseaux) [61].

C – Personnalisation de services

Les services offerts laissent aux utilisateurs le moyen de spécifier, de modifier et de personnaliser la manière dont les services leurs sont livrés afin de satisfaire leurs besoins.

La personnalisation est l'un des éléments clés d'un système de conception, de développement et de fourniture de services pour les futures communications sans fil. Un tel système doit offrir à l'utilisateur d'un service un environnement de travail construit sur la base de la notion de *profils*. En effet, un profil est un ensemble d'applications structurées des besoins de l'utilisateur. Il comprend un ensemble de paramètres que l'utilisateur aura spécifié sous forme d'un choix au cours de son exécution du service. L'utilisateur doit:

- Avoir un environnement sécurisé.
- Modifier les informations (données) personnalisées.
- Sélectionner l'application qu'il veut lancer pour satisfaire ses besoins.

D – Adaptation des applications au contexte

Une application médicale propose un ensemble des services aux professionnelles de santé (liste des patients, affichage du profil médical d'un patient, enregistrement d'une visite...). Ces services effectuent des traitements à complexités variables (gestion de données via une base de données, traitement d'images, calcul numérique...) et échangent des données avec l'utilisateur final à travers une interface graphique sur un terminal mobile. Ce type d'environnement présente une hétérogénéité importante, une grande variabilité et de nombreuses possibilités d'évolution, aussi bien au niveau des moyens d'exécution que des moyens de communication. En effet, les ressources offertes au niveau du terminal peuvent être extrêmement différentes selon qu'on utilise un assistant personnel, un ordinateur portable ou une station de travail. Il est nécessaire donc d'implémenter une stratégie d'adaptation pour concevoir et développer des services en respectant ces contraintes pré-requis.

En plus de ces caractéristiques liées à la nature des environnements mobiles, l'utilisateur mobile veut pouvoir toujours accéder, à partir de différents points de connexion, à des applications auxquelles il a besoin. Ainsi, la conception et l'exécution des services doivent nécessairement prendre en compte le contexte de l'utilisateur et ses besoins pour garantir le respect de la qualité de service souhaitée.

I.2.4.3 – Environnement d'exécution des services

Les terminaux jouent un rôle clé tant dans le développement des nouveaux services que des nouvelles architectures des futures réseaux mobiles. Des environnements standards d'exécution doivent être exploités pour permettre aux services de s'exécuter indépendamment des plateformes embarquées sur les terminaux. Dans ce contexte, deux principales tendances ont émergé ces dernières années et dominent l'univers du développement de services sur ces petits appareils qui tiennent dans notre poche. Ce sont les environnements de Java et de *Symbian* [26].

- **Java 2 Micro Edition (J2ME)** : Pour des raisons tenant à l'évolution rapide de la technologie, il est toujours préférable d'éviter de réaliser des applications spécifiques à un type d'équipement mobile propriétaire [61]. Le J2ME le permet. Cette nouvelle technologie est une évolution de la plateforme

Java destinée à la micro informatique embarquée. Elle s'adresse aux terminaux de consommation courante et aux appareils de taille réduite. Elle inclut des outils pouvant s'exécuter sur tous les mobiles compatibles et gérer divers profils et sessions.

- **Symbian C++:** À la différence de *Java* qui est une sorte d'environnement d'exécution pour les programmes, *Symbian* est un système d'exploitation. Apparue en premier sur des organiseurs de poche tels que, par exemple, les *Psions*, il a su s'imposer comme le système d'exploitation le plus utilisé actuellement dans les nouveaux Smartphones.

Il existe d'ailleurs plusieurs compilateurs pour *Symbian*, ce qui permet de coder en *Java*, *C++*, *Visual Basic* ...

C++: *Symbian* a été écrit en *C++*. Ce dernier est donc le langage natif de *Symbian*. Une application *C++* sera plus rapide qu'une application équivalente dans un autre langage. Le code natif requiert aussi moins d'espace [62]. Ce qui permet de dire qu'il n'y a pas vraiment de raison technique de vouloir utiliser un autre langage pour développer un logiciel sur la plateforme *Symbian*.

Plateforme Série 60: Elle a été développée par *Nokia*, mais utilisée sous licence par d'autres fabricants. Elle comprend une interface utilisateur graphique (*IUG*), une suite bureautique et un kit pour développeurs logiciel (*SDK*) Série 60 qui permet de créer des applications en *Java*, *C++* ou *Python*. Tous ces éléments fonctionnant sous *Symbian*. Cette plateforme fournit donc un environnement commun à toute une série de téléphones portables.

Python: *Python* est un langage objet interprété de haut niveau, modulaire et à syntaxe positionnelle. Il est créé au début des années quatre-vingt-dix. *Python* est distribué sous forme de logiciel ouvert et libre, qui ne dépend d'aucune entreprise particulière. Il est couvert par sa propre licence [63].

Comme la plupart des langages, *python* est tout d'abord portable puisqu'une même application peut être exécutée sur un grand nombre de systèmes d'exploitation comme *Linux*, *Windows*, *Mac Os*...

Python possède également l'avantage d'être entièrement gratuit tout en proposant la possibilité de pouvoir réaliser des applications commerciales à l'aide de ce langage. Son principal inconvénient face au langage *C++* est sa vitesse d'exécution, plus lente.

1.3 – Conclusion et motivation de cette thèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art sur les principaux travaux qui ont été proposés dans le contexte des services de *télé médecine*. Ces travaux ont bénéficié d'un effort important de la part des communautés scientifique et industriel. Nous avons identifié l'ensemble des besoins relatifs à la conception et le déploiement des services dans les environnements mobiles. Ces besoins sont liés à la gestion de la mobilité, la personnalisation, l'hétérogénéité de ces environnements, l'adaptabilité et la sensibilité au contexte. Ces défis techniques posés, sont autant de besoins nécessaires pour la création et le développement des services interactifs et adaptables.

Aussi, la plupart des propositions issues du domaine de la *télé médecine* disposent d'une analyse et d'un traitement complet des signaux médicaux sur des ordinateurs ou des serveurs à grandes capacités.

Les travaux menés dans cette thèse de doctorat introduisent le suivi médical et l'analyse complète de l'état des patients à distance à l'aide des terminaux mobiles sans fil caractérisés par des contraintes spécifiques. C'est pourquoi nous nous sommes orientés vers la conception et le développement des services de *télé surveillance sur des terminaux mobiles*.

Dans ce cadre, plusieurs projets ont été développés au sein du laboratoire de recherche *STIC* à l'université de Tlemcen. Ces projets concernent le développement d'une plateforme logicielle de fourniture de services mobiles de *télé diagnostic*, de *télé consultation*, de *télé assistance* et de *télé surveillance* des personnes à risques (personnes cardiaques, handicapés...) par l'intermédiaire d'un simple téléphone portable (Smartphone).

Dans ce contexte, cette étude a été menée en trois étapes concernant successivement (I) la problématique de la conception d'applications sur des environnements mobiles pour *télé médecine*,

(II) l'analyse et la synthèse des possibilités techniques pour le déploiement des services sur les terminaux mobiles, (III) la plateforme logicielle proposée pour les services mobiles de *télé médecine*.

Donc, le chapitre suivant sera consacré à la problématique de la conception d'applications sur des environnements mobiles en la situant en particulier dans le contexte général des services de *télé médecine*.

- [2] M. CAUVILLE, «Diagnostic, soins et prévention par la télémédecine: explications de J. Demongeot», *Sciences et Technologies*, Vol. 2, pp. 32–34, 1999.
- [3] A. FRANCO, «La télémédecine au service de l'autonomie», *La revue de médecine interne*, vol. 24(s.4), pp. 390–393, Décembre 2003.
DOI: S0248-8663(03)80347-8
<http://www.em-consulte.com/article/32034>.
- [4] P. STAB, «Téléconsultation en psychiatrie: évaluation d'une expérience originale dans le haut-pays niçois», *Thèse de doctorat en Médecine de l'Université Louis Pasteur*, Strasbourg, France, 2001.
http://www.minkowska.com/article.php3?id_article=145.
- [5] E. CAUCHY, «Pôle d'excellence en médecine de montagne au pays du Mont Blanc», *Projet en médecine*, Institut de formation et de recherche en médecine de montagne, France, 2010.
<http://www.ifremmont.com/ifrelab/index.php?2006/01/3-tmt>.
- [6] L. BAJOLLE, «E-médecine: Amélioration, Optimisation et Humanisation de la médecine de ville par l'usage de l'internet et des nouvelles technologies», *Thèse de doctorat en Médecine de l'Université Joseph Fourier*, Grenoble, France, Janvier 2002.
<http://www.sudoc.abes.fr/xslt/DB=2.1/SET=1/TTL=10/CLK?IKT=63&TRM=The%CC%80se>.
- [7] 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.
<http://telemedecine.aphp.org/doc/Legitimite.pdf>
- [8] A. NEMO, «La télémédecine: Faire voyager les informations plutôt que le malade», *Journal du Téléphone*, Vol. 13, pp. 4, 1994.
<https://www.e-santepaca.fr/portail/thematiques/dispositions-nationales,228,1087.html>
- [9] 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.
<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/78/63/PDF/tel-00008795.pdf>
- [10] O. FOUIL et I. DEMEURE, «Fourniture de services adaptables dans les environnements mobiles», *Proceeding of European Conference of Systems with adaptable and extensible components*, ENST: Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, France, 2004.
http://www.infres.enst.fr/~demeure/PUBLIS/Notere_Version_Finale_FOUIAL.pdf
- [11] M.T. SEGARRA, R. KERYELL, A. PLAZAOLA, A. THÉPAUT, M. MOKHTARI «AMETSA: un système de contrôle de l'environnement domestique générique fonde sur UPNP», *Conférence internationale Sciences Electroniques, Technologies de l'Information et des Télécommunications (SETIT)*, Sousse, Tunisie, 17-21 mars 2003.
<http://enstb.org/~keryell/publications/conf/2003/SETIT/Ametsa.pdf>
- [12] J. STEWART, L. PITT, M. WINSKEL, R. WILLIAMS, I. GRAHAM, J. AGUIAR, et al «Flows scenarios and definition of services», *IST FLOWS Project Deliverable D1*, European Commission IST (Information Society Technologies) office, Brussels, Belgium, December 2002.
http://homepages.ed.ac.uk/jkstew/work/FLOWS_D6.pdf

- [13] O. FOUIAL, «Découverte et fourniture de services adaptatifs dans les environnements mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique et Réseaux de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications ENST*, Paris, France, 30 Avril, 2004.
http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/97/97/PDF/These_Fouial_2004.pdf
- [14] 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.
<http://pelleas.univ-mlv.fr/document/UMLV-2004-000235-PDF.pdf>
- [15] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *5ème Éditions, Groupe EYROLLES*, 2006.
ISBN: 2-212-11987-9.
http://www.editions-vm.com/Chapitres/9782212119879/Chap21_Pujolle.pdf
- [16] M. CAMUS, «Architecture de réception RF très faible coût et très faible puissance. Application aux réseaux de capteurs et au standard ZigBee», *Thèse de doctorat en Micro et Nano Technologies de Toulouse III - Paul Sabatier*, Toulouse, France, 29 Février 2008.
http://thesesups.ups-tlse.fr/282/1/Camus_Manuel.pdf
- [17] 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.
<http://www.caducee.net/breves/breve.asp?idb=9005&mots=all>.
- [18] E. GUÉGUEN, «Étude et optimisation des techniques UWB haut débit multibandes OFDM», *Thèse de doctorat en Électronique, Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (Institut d'Électronique et de Télécommunications)*, France, 14 janvier 2009.
http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/42/37/53/PDF/These_E-Gueguen.
- [19] P. GODLEWSKI, X. LAGRANGE, S. TABBANE, «Réseaux GSM-DCS», *4e Édition Hermès*, Paris, France, 1999.
ISBN: 2-7462-0028-7.
<http://www.decitre.fr/livres/RESEAUX-GSM-DCS.aspx/9782746200289>.
- [20] 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.
http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_281-umts_f.pdf
- [21] G. PUJOLLE, «Les réseaux», *Édition EYROLLES*, Paris, France, 2008.
ISBN: 978-2-212-11757-8.
http://www.friendlyduck.com/AF_TA/rel/index.cfm?RST=UNF&TAD=420036.
- [22] K. IBRAHIMI, «Gestion des ressources des réseaux mobiles de nouvelle génération par rapport à la mobilité des utilisateurs», *Thèse de doctorat en Informatique, Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse France & Université Mohammed V-Agdal Rabat - Maroc*, Laboratoire LIA, Avignon, France, Laboratoire LIMIARF, Rabat, Maroc, 20 Novembre 2009.
http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/45/36/44/PDF/2009AVIG0169_0_0.pdf
- [23] Rabah MERAIHI, «Gestion de la qualité de service et contrôle de topologie dans les réseaux ad hoc», *Thèse présentée en Informatique et Réseaux pour obtenir le grade de docteur de l'Ecole nationale supérieure des télécommunications, ENST*, Paris, France, 2003.
http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/99/43/PDF/Rabah_Meraihi.pdf
- [24] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *Éditions EYROLLES*, Paris, France, 2000.
ISBN: 978-2-212-09119-9.
<http://www-rp.lip6.fr/~pujolle/Documents/CVGP%20janvier%202009.pdf>
- [25] A. TANENBAUM, «Réseaux», *3eme Édition DUNOD*, 1996.

ISBN: 0133499456/0-13-349945-6.

<http://www.abebooks.fr/servlet/BookDetailsPL?bi=4774150740&searchurl=an%3Dtanenbaum%2Bandrew%26sortby%3D3>.

[26] D. JEANMONOD, «MMSCam, pilotage à distance d'un téléphone MMS», *Rapport d'un travail de diplôme, Département d'électricité et d'informatique, Ecole d'Ingénieurs du Canton de Vaud, France*, 2003.

<http://www.iict.ch/HomePages/SRT/Rapport-Jeanmonod.pdf>

[27] R. MERZOUGUI, «Télésurveillance à travers les réseaux IP & Mobiles», *Thèse présentée pour obtenir le grade de Magister de l'université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie*, Juin 2006.

[28] K.Z. HAIGH et H.A. YANCO, «Automation as Caregiver: A Survey Of Issues and Technologies», in *Proceedings of the AAAI-2002 Workshop on Automation as Caregiver: The Role of Intelligent Technology in Elder Care*, Edmonton, Alberta, Canada, pp. 39–53, August 2002.

<http://www.cs.cmu.edu/~khaigh/papers/AAAIWS02-HaighYanco.ps>

[29] V. RIALLE, F. DUCHÊNE, et al, «Health "Smart" Home: Information Technology for Patients at Home», *Telemedicine Journal and E-Health*, Vol. 8, Number 4, pp. 395–410, Winter 2002.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12626109>.

[30] G. WILLIAMS, K. DOUGHTY, D.A. BRADLEY, «A system approach to achieving CarerNet – an integrated and intelligent telecare system», *IEEE Trans Biomed Eng*, Vol. 2, pp. 1–9, 1998.

ISSN: 1089-7771.

<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http://ieeexplore.ieee.org/iel4/4233/15888/00737585.pdf%3Farnumber%3D737585&authDecision=-203>.

[31] G. WILLIAMS, K. DOUGHTY, D.A. BRADLEY, «Distributed intelligent nodes as information filters in advanced telecare systems», in *Proceeding of the 21st Annual IEEE Engineering in Medicine & Biology Society*, Atlanta, USA, Vol. 2, pp. 703, 1999.

ISBN: 0-7803-5674-8.

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=803858.

[32] K. DOUGHTY, R. ISAK, et al «MIDAS – Miniature Intelligent Domiciliary Alarm System - a practical application of telecare», in *Proceeding. of the 1st Joint BMES/EMBS Conf Serving Humanity, Advancing Technology*, Atlanta, USA, Vol. 2, pp. 691, October 13-16 1999.

ISBN: 0-7803-5674-8.

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=803846.

[33] M.J. RODRIGUEZ, M.T. ARREDONDO, et al «A home telecare management system», *Journal of Telemedecine Telecare*, Vol. 1, Number 2, pp. 86–94, 1995.

<http://eciencia.urjc.es/dspace/bitstream/10115/2290/1/A%20HOME%20TELECARE%20MANAGEMENT%20SYSTEM.pdf>

[34] J.P. THOMESSE, R. BEUSCART, et al, «TISSAD: Technologies de l'Information Intégrées aux Services des Soins À Domicile», *Télémedecine et e-santé, Springer-Verlag, collection "Informatique et Santé"*, Paris, France, Vol. 13, pp. 27–34, 2002.

<http://hal.inria.fr/inria-00100907/en/>

[35] A.ROTH, Z. CARTHY, M. BENEDK, «Telemedicine in emergency home care – the 'Shahal' experience», *Journal of Telemedecine Telecare*, Vol. 3 Number 1, pp. 58–60, 1997.

<http://www.mendeley.com/research/telemedicine-emergency-home-carethe-shahal-experience/>

[36] J. FINKELSTEIN, G. O'CONNOR, R.H. FRIEDMAN, «Development and implementation of the Home Asthma Telemonitoring (HAT) system to facilitate

asthma self-care», in *Proceeding of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO)*, London, UK, pp. 810–814, 2001.
http://www.experts.scival.com/jhu/pubDetail.asp?t=pm&id=11604847&n=FINKELSTEIN,+JOSEPH&u_id=1736

[37] L. LIND, E. SUNDVALL, H. AHLFELDT, «Experiences from development of home health care applications based on emerging Java technology», in *Proceeding of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO)*, London, UK, pp. 830–834, September 2001.
https://www.imt.liu.se/mi_old/Publications/pdfs/lind01.pdf

[38] M. CHAN, H. BOCQUET, E. CAMPO, T. VAL, J. POU, «Alarm communication network to help carers of the elderly for safety purposes: a survey of a project», *International Journal of Rehabilitation Research*, Vol. 22, Issue 2, pp. 131–136, 1999.
http://journals.lww.com/intjrehabilres/Citation/1999/06000/Alarm_communication_network_to_help_carers_of_the.8.aspx

[39] M. OGAWA, T. TOGAWA, «Attempt at monitoring health status in the home», In *Proceeding Of the 1st IEEE-EMBS on Microtechnologies in Medicine and Biology*, Lyon, France, Dittmar and Beebe (eds), pp. 552–556, 12-14 October 2000.
 ISBN: 0-7803-6603-4.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=893845.

[40] B.G. CELLER, T. HESKETH, W. EARNSHAW, E. IISAR «An instrumentation system for the remote monitoring of changes in functional health status of the elderly at home», In *Proceeding of the 16th Annual IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Baltimore, USA, pp. 908–909, 03-06 November 1994.
 ISBN: 0-7803-2050-6.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=415207.

[41] B.G. CELLER, W. EARNSHAW, E. IISAR, et al, «Remote monitoring of health status of the elderly at home. A multidisciplinary project on aging at the university of South Wales», *International Journal of Bio-Medical Computing*, Vol. 40, Issue 2, pp. 147–155, October 1995.
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00207101>.

[42] B.G. CELLER, W. EARNSHAW, E. IISAR, «Remote monitoring of the elderly at home: preliminary results of a pilot project at the University of N.S.W», *Journal Biomedical Engineering – Applications, Basis and Communications*, Vol.9, pp. 134–140, 1997.
 ISBN: 064630576X.
<http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=019247266522886;res=IELHEA>.

[43] B. NAJAFI, K. AMINIAN, A. PARASCHIV-IONESCU, et al, «Ambulatory System for Human Motion Analysis Using a Kinematic Sensor: Monitoring of Daily Physical Activity in the Elderly.», *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 50 Number 6, pp. 711–723, June 2003.
 ISSN: 0018-9294.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1203810.

[44] G. ELGER, B. FURUGREN, «"SmartBo" – An ICT an computer-based demonstration home for disabled people», In *Proceeding of the 3rd TIDE Congress: Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life for the European Citizen*, Helsinki, Finland, 1998.
http://www.dinf.ne.jp/doc/english/Us_Eu/conf/tide98/66/elger_furgren.html

[45] S.G. BONNER, «Assisted Interactive Dwelling House», In *Proceeding of the 3rd TIDE Congress: Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life fir the European Citizen*, Helsinki, Finland, 1998.

http://www.dinf.ne.jp/doc/english/Us_Eu/conf/tide98/77/bonner_steve.html

[46] O. SUEDA, M. IDE, A. HONMA, et al, «Smart House in Tokushima», *In Proceeding Of the 5th European Conference for the Advancement of Assistive Technology*, Düsseldorf, Germany, 1999.

<http://www.hcirn.com/res/event/aaate.php>

[47] A. VAN BERLO, «A "smart" model house as research and demonstration tool for telematics development», *in Proc. of the 3rd TIDE Congress : Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life fir the European Citizen*, Helsinki, Finland, 1998.

http://www.dinf.ne.jp/doc/english/Us_Eu/conf/tide98/101/berlo_ad2.html

[48] N. NOURY, T. HERVE, V. RIALLE, G. VIRONE, E. MERCIER «Monitoring behavior in home using smart fall sensor and position sensors», *In Proceeding of the 1st IEEE-EMBS on Microtechnologies in Medicine and Biology*, Lyon, France, pp. 607–610, 12-14 October 2000.

ISBN: 0-7803-6603-4.

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=893857.

[49] V. RIALLE, N. NOURY, T. HERVE, «An experimental health smart home and its distributed Internet-based Information and Communication System : first steps of a research project», *In Proceeding of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO)*, Londres, the Patel et al. (eds), pp. 1479–1483, 2001.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11604972>.

[50] V. RIALLE, N. NOURY, J. FAYN, M. CHAN, E. CAMPO, L. BAJOLLE, J.P. THOMESSE, «Health smart home information systems: concepts and illustrations», *in Proc. of the 3rd International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Health Care Industry (HEALTHCOM)*, L'Aquila, Italy, pp. 99–103, 2001.

<http://hal.inria.fr/inria-00100639/en/>

[51] H. AFSARMANESH, V. GUEVARA-MASIS, L.O. HERTZBERGER, «Federated management of information for TeleCARE», *in Proceedings. of the 1st International Workshop on Tele-Care and Collaborative Virtual Communities in Elderly Care*, Porto, Portugal, 13 April 2004.

ISBN: 972-8865-10-4.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.99.6843&rep=rep1&type=pdf>.

[52] A. CHOUDHRI, L. KAGAL, A. JOSHI, T. FININ, Y. YESHA, «PatientService: A system for Electronic Patient Record Redaction and Delivery in Pervasive Environments», *in Proc. of the 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry*, anta Monica, CA, pp. 41–47, June 2003.

ISBN: 0-7803-7960-8.

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1218716.

[53] Agence Wallonne des Télécommunications, «TIC et Santé: quoi de neuf docteur?», *Document (Congrès e-health) a mis en évidence les besoins spécifiques du secteur de la santé. A cette occasion, plusieurs projets innovants en matière de e-health ont également été dévoilés*, Bruxelles, 8 Novembre, 2007.

<http://www.awt.be/web/res/index.aspx?page=res,fr,foc,100,074>.

[54] E. BEN HAMIDA and E. MERCIER «Body Area Networks: RF Communication and Higher Layer Protocol Design», *IN'TECH seminar*, Grenoble – Rhône-Alpes, France, January 20, 2011.

<http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:VdhVbC5bHNj:www.inria.fr>

[55] M. JATON, J.F. WAGEN, D. GABIOUD, F. ETIQUE, «IMINET: Intelligent Medical Information Network», *Projet déposé dans le cadre du programme Réserve stratégique de la HES-SO, Axe stratégique : Interfaces for Intelligent Environments*, Number 15446, Octobre, 2005.

<http://mediatools.iict.ch/document?url=iminet/IMINet.doc.pdf&dpld=14>.

[56] D. KOTZ, S. AVANCHA, A. BAXI, «Privacy Framework for Mobile health and Home-Care system», *WiMD'09*, November 13, Chicago, Illinois, USA, 2009.

ISBN: 978-1-60558-790-5.

DOI: 10.1145/1655084.1655086.

<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1655086&dl=ACM>.

[57] D. PREUVENEERS, Y. BERBERS, «Mobile Phones Assisting With Health Self-Care: a Diabetes Case Study», *Journal of Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, publisher ACM, pp. 177–186, New York, USA, September 2008.

<http://www.healthgamesresearch.org/publications/mobile-phones-assisteing-with-health-self-care-a-diabetes-case-study>.

[58] J. SRIRAM, M. SHIN, T. CHOUDHURY et D. KOTZ, «Activity-aware ECG-based Patient Authentication for Remote Health Monitoring», *ICMI-MLMI'09*, November 2-4, Cambridge, MA, USA, 2009.

<http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:s3cS9bCDFKJ:www.ists.dartmouth.edu/library>.

[59] M. SATYANARAYANAN, «Fundamental Challenges in Mobile Computing», *Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC'96)*, p. 1.7, Philadelphia, Pennsylvania, USA, Mai, 1996.

ISBN: 0-89791-800-2.

DOI: 10.1145/248052.248053.

<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=248053>.

[60] F. LE MOUËL, «Environnement adaptatif d'exécution distribuée d'applications dans un contexte mobile», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique de l'université de Rennes 1*, France, 1 Décembre, 2003.

<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/59/20/PDF/tel-00004161.pdf>

[61] B. DELB, «J2ME, Application java pour terminaux mobiles», *Édition EYROLLES*, 61, Bld Saint-Germain, 75240 Paris, France, 2002.

EAN13: 9782212110845.

<http://www.eyrolles.com/Informatique/Livre/j2me-9782212110845>

[62] M. DE JODE, A. JONATHAN, H. DARREN, N. ALAN and T. COLIN, «Programming Java 2 Micro Edition on Symbian OS», *Édition Wiley*, the Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England 2004.

ISBN: 0-470-09223-8.

<http://www.scribd.com/doc/27953118/Programming-Java-2-Micro-Edition-on-Symbian>.

[63] A. MARTELLI, «Python en concentré», *Édition O'Reilly*, France, 2004.

<http://wpetrus.developpez.com/linux/pythonconcentre/>.

Chapitre 2

Problématique de la conception d'applications sur des environnements mobiles pour télémédecine.

SOMMAIRE

- II.1 – Adaptation au support sans fil
 - II.2 – Adaptation au comportement de l'utilisateur
 - II.3 – Adaptation au terminal portable
 - II.4 – Notre vision
 - II.5 – Plate-forme proposée
 - II.6 – Caractéristiques de notre stratégie
 - II.7 – Conclusion
-

La mise en œuvre d'une plateforme de services à valeur ajoutée sur des réseaux mobiles est encore aujourd'hui complexe. Ces applications de services développés doivent souvent pouvoir être exécutées et accédées de manière sûre depuis des unités portatives possédant des caractéristiques très restreintes: ressources de calculs limités, capacités de stockage réduites, faible résolution, etc. L'objectif des travaux de cette thèse est de définir un modèle de conception, de développement et d'exécution d'applications sur les environnements mobiles et les réseaux de communication sans fil à large échelle.

Dans les systèmes d'information, nous devons assurer une adaptation au type de terminal et au type d'utilisateur connecté pour garantir une utilisation confortable des applications dans ces nouveaux environnements.

L'adaptation des services de *télémédecine* aux besoins des patients possédant des ressources limités et aux caractéristiques techniques du support, réalisée au moment de l'exécution et le déploiement de service, est assurée par l'utilisation d'une approche de conception centrée autour de plusieurs critères cités dans les sections suivantes. Pour réaliser cette adaptation à de nouvelles situations et à de nouveaux besoins, beaucoup de paramètres doivent être pris en compte [64].

II.1 – Adaptation au support sans fil

II.1.1 – Variation de la bande passante

Le changement et la variation de la bande passante au cours de la transmission des données peuvent introduire des délais inacceptables pour certaines applications ayant, par exemple, des contraintes d'interactivité [60]. Ce qui entraîne pour ces types d'applications le changement de la qualité de service en accord avec l'utilisateur de service.

La bande passante est actuellement une ressource rare et malgré les progrès de la technologie, il n'est pas faux de supposer qu'elle restera une limitation importante et une contrainte de performance dont il faudra tenir compte dans la conception d'un système mobile.

II.1.2 – Déconnexions réseau

Les problèmes de déconnexions peuvent totalement paralyser une application en cours d'exécution, ayant besoin d'un accès distant ou une communication avec des entités distantes. Les raisons de ces déconnexions peuvent être volontaires motivés par le souci d'économie (coût de la communication sans fil, batterie limitée, indisponibilité du service applicatif...), ou involontaires (changement de cellule, panne, vol...), prévisibles ou soudaines, de courtes ou de longue durée [65].

Pour cela, des techniques de pré-chargement peuvent être exploitées pour permettre à l'utilisateur de travailler en mode déconnecté.

II.1.3 – Sécurisé

L'échange d'informations confidentielles par tel ou tel moyen de communication reste, dans bien des cas, le souci majeur des utilisateurs. L'emploi des canaux radio dans la transmission des données rend les communications vulnérables aux écoutes à raison que l'on dispose du matériel nécessaire.

Donc, il est indispensable d'implémenter des mécanismes et des techniques de cryptographie (codage des données) et à diverses couches de sécurité (authentifications diverses) pour protéger les informations (les données ne circulent jamais «*en clair*»). Cependant, la sécurité absolue (risque zéro) n'existe pas et les technologies sans fil sont sujettes à risques face aux pirates et hackers [66].

II.1.4 – Qualité de service

La problématique de la qualité de service des réseaux mobiles de seconde ou troisième génération, est due d'une part à un environnement multimédia avec différentes exigences de bon fonctionnement et d'autre part à deux modes de transport de l'information: circuit ou paquet [14]. Les applications sont de natures variées. Ce qui exige que certaines de ces applications ont des contraintes de transmission en temps réel et d'autres non, certaines sont tolérantes aux erreurs de transmission et d'autres non. Elles demandent des débits plus ou moins élevés.

II.2 – Adaptation au comportement de l'utilisateur

La mobilité des terminaux portables permet une utilisation en tout lieu. Ce qui permet aux utilisateurs mobiles de changer de situation, de localisation ou d'environnement physique externe. Ces changements peuvent avoir pour effet de faire varier les besoins et les préférences de l'utilisateur.

Les applications doivent être informées des déplacements des terminaux pour adapter leur contenu. Pour cela, nous devons prendre en compte l'emplacement géographique, le profil, etc. Les terminaux portables peuvent donc profiter des ressources offertes par l'environnement local afin que les adaptations permettent d'améliorer l'utilisation d'un service de façon à mieux répondre aux besoins de l'utilisateur [67].

II.3 – Adaptation au terminal portable

II.3.1 – Ressources limitées

La contrainte de la restriction des ressources sur un terminal mobile peut empêcher le déploiement, le fonctionnement et l'exécution d'une application dans des conditions optimales. Ces ressources présentent donc un frein à l'utilisation des applications mobile.

La technique d'allocation des ressources doit pouvoir informer une application qu'une ressource dont elle a besoin est temporairement indisponible ou réduite [67]. Et par conséquent le gestionnaire d'applications peut détecter un manque de mémoire persistante sur le terminal utilisé. Le comportement de l'application pourra être changé afin d'utiliser moins de ressources ou des ressources différentes.

II.3.2 – Autonomie limitée

La batterie du terminal a une durée de vie limitée en termes d'énergie. Pour cela, on doit porter un intérêt à la consommation d'énergie à tous les niveaux de conception logiciel et matériel [65].

Dans ce contexte, des systèmes et des mécanismes (purement matériels) d'économie d'énergie sont mis en œuvre afin d'intervenir au moment où l'énergie de la batterie est très basse ou lorsque le terminal n'est pas utilisé ou exploité.

Les applications développées doivent être avertis du niveau d'énergie disponible pour leur permettre de s'adapter au contexte et par conséquent adopter des modes dégradés adéquats et économiser encore un peu plus d'énergie [60] (exemple, passage d'un affichage graphique à un affichage textuel).

II.3.3 – Ajout de ressources

Les applications en cours d'exécution, peuvent être notifiées par l'ajout de différents périphériques pour qu'elles puissent en profiter.

Le développement des applications et services à large échelle s'adressent à un public vaste et nomade ce qui pose des problèmes spécifiques, en particulier liés à la caractérisation du comportement de chaque personne et à la stratégie d'adaptation au contexte. Nous proposons dans le cadre de ce projet de thèse, d'implémenter le modèle d'adaptation du processus de simulation développé pour la plateforme du secteur médical.

II.4 – Notre vision

Le coût de la santé représente un poids considérable dans le bilan économique à l'échelle internationale. Aussi, dans de nombreux pays, le vieillissement ou les chocs psychologiques de la population tend à accroître fortement le nombre de personnes nécessitant un suivi médical, voire des soins plus ou moins intensifs et de ce fait le coût global des soins médicaux.

Comme toutes les technologies, la téléphonie mobile a évolué et les possibilités offertes sont bien plus importantes. Actuellement, la majorité des utilisateurs des téléphones portables n'exploitent que les fonctions de base de ces appareils, à savoir téléphoner et envoyer des messages. Ce qui permet déjà d'envisager une multitude d'applications. Dans notre travail au sein du laboratoire *STIC*, nous proposons d'étendre l'utilisation des téléphones portables à des domaines hors communications vocales. L'idée est de détourner ces appareils de leur fonction de base et d'en faire des outils pour les services de santé, puisque aujourd'hui un simple Smartphone peut contribuer efficacement à la sauvegarde des vies humaines.

Actuellement, les Smartphones de dernières générations sont capables d'émettre et recevoir toute sorte de messages (texte, image, son...). Ils offrent en plus de la communication vocale, une fourniture de services à grande échelle.

Notre problématique, consiste donc à intégrer des services orientés vers la *télémédecine* sur un téléphone mobile en vue d'assurer une plateforme complète de suivi médical des patients à distance.

II.5 – Plateforme proposée

Une telle plateforme médicale offre un ensemble d'applications et services aux experts de la santé. Ces applications réalisent des traitements complexes et échangent des données avec l'utilisateur final à travers des classes implémentées sur un terminal mobile. Ce type d'environnement présente une hétérogénéité importante, une grande variabilité et de nombreuses possibilités d'évolution. En effet, les ressources offertes au niveau du terminal peuvent être extrêmement différentes selon le type de terminal exploité (un assistant personnel, un ordinateur portable ou une station de travail). Il est donc nécessaire d'implémenter l'adaptabilité à ces services déployés pour une exploitation adéquate vis-à-vis des contraintes des terminaux mobiles.

II.5.1 – Adaptation au contexte

Dans notre travail, nous exploitons l'adaptabilité afin d'harmoniser les potentialités du service développé avec son environnement. Il s'agit de la prise en compte de la gestion des données et du contexte d'exécution afin de garantir le respect de la qualité de service à l'utilisateur final.

II.5.1.1 – Stratégie de gestion des données

La stratégie de gestion de données examine les données manipulées par les applications. Ces données peuvent subir des modifications et des changements de format selon les besoins et les contraintes d'utilisation. Ainsi, Cette stratégie doit inclure des techniques prenant en compte les paramètres de l'environnement mobile pour optimiser les performances et mieux exploiter les conditions de l'environnement de travail.

Les paragraphes suivants détaillent ces techniques.

A – Transformation de données

Nous sous-entendons par «*transformation*» d'une donnée le cas où la donnée à la sortie d'un système n'est plus l'image de celle à son entrée, c'est-à-dire qu'il y a toujours une différence entre la donnée initialement demandée et la donnée reçue. Les deux techniques de transformations appliquées en environnement mobile, ayant pour but de diminuer la taille des données, sont présentées dans la suite.

A.1 – Compression

Quels que soient les données envisagées (texte, sons, images ...), les volumes générés sont considérables. Le transport d'une grande quantité de données sur les réseaux exige la mise en œuvre de débits plus élevés que ceux qui sont actuellement disponibles. Il est aisé de comprendre que cette quantité énorme d'information est incompatible avec la plupart des supports actuels et même avec les contraintes des réseaux publics ou privés envisageables à moyen terme. Donc, une technique de codage simple est insuffisante, il est impératif de faire tenir ces informations dans un volume largement moindre, en un mot de les compresser. Ce qui entraîne un changement dans la structure de la donnée induisant une diminution de taille du volume.

Les algorithmes LZ* [68], [69] sont des exemples d'algorithmes de compression.

A.2 – Dégradation

Lorsque le contenu de la donnée reçue représente un sous ensemble du contenu de la donnée demandée, à condition que leur structure reste la même, on dit qu'il y a *dégradation*. Par exemple, une image couleur est transformée en image noir et blanc. Pour cela, nous introduisons ce qu'on appelle les algorithmes de compression avec perte (JPEG...).

B – Pré-chargement et stockage

On peut définir le pré-chargement des données comme étant la technique d'anticipation d'utilisation et de mise en cache des données. Cette technique est exploitée dans de nombreux domaines tel que, les caches processeurs, les systèmes de stockage, les systèmes de fichiers ou les accès au Web [60]. Elle permet d'exploiter le mode déconnecté, et par conséquent réduire le temps d'accès aux données à l'aide d'un accès en mémoire ou à un disque local (plus rapide qu'un accès réseau). Le pré-

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

chargement a également d'autres avantages de réduire les défauts d'accès aux données lors de déconnexions en permettant d'utiliser le cache localement (déconnexion réseau).

Le stockage persistant des données sur un terminal mobile, consiste à stocker dans un emplacement non volatile l'état des objets. Grâce à ce mécanisme, ces informations sont conservées, même après que l'application qui a créé ces objets est close. C'est le même principe qu'une base de données. Sans ce système, il serait impossible de conserver des objets et leurs états après la fin de l'exécution d'une application. Cela permet, par exemple, à l'application de récupérer des données conservées et de reprendre là où elle s'est arrêtée.

La plateforme *J2SE* dispose de plusieurs mécanismes de stockage permanent, notamment *JDBC* et les *API* de sérialisation d'objet. Cependant, ils ne sont pas adaptés aux terminaux mobiles, dotés de peu de mémoire. Dans cette partie nous présentons une brève description de l'utilisation du *RMS* du *MIDP*. Il s'agit d'un mécanisme de stockage persistant pour les *MIDlets*^{II.1}.

B.1 – Record Management System (RMS): Record Store

RMS est une *API* de stockage persistant sur le terminal. C'est en quelque sorte une base de données indépendante du terminal. Chaque enregistrement est représenté sous forme de tableau d'octets. La mise à jour est dite atomique lorsque l'enregistrement entier est réécrit à chaque fois.

Les enregistrements sont stockés dans ce que l'on appelle un *Record store*. Si l'on veut faire un parallèle avec les *SGBD* relationnels, *RMS* correspond au *SGBD* lui-même et le *Record store* à la table. D'ailleurs, le parallèle de la notion de clé primaire des bases de données relationnelles est le « *recordID* » [70]. Il s'agit de l'identifiant de l'enregistrement. C'est un nombre entier dont la valeur du premier enregistrement est 1 et chaque nouvel enregistrement a une valeur *ID* augmentée de un.

B.2 – Gestion du record store

La classe *RecordStore* définit un ensemble des méthodes. Par exemple, les deux méthodes «*openRecordStore*» et «*closeRecordStore*» permettent respectivement d'ouvrir et de fermer un *Record store*. La liste de tous les *Record stores* peut être obtenue par la méthode «*listRecordStore*». La méthode «*deleteRecordStore*» permet d'en supprimer un. Le nombre d'enregistrements est retourné par «*getNumRecords*». Les opérations de base sur les enregistrements sont assurées par les méthodes suivantes: «*addRecord*», «*getRecord*», «*setRecord*», «*getRecordSize*» [71]. L'*API RMS* dispose cependant de quelques particularités supplémentaires, concernant la sélection des enregistrements. La première est l'utilisation de la méthode «*RecordEnumeration*» pour lister tous les enregistrements du *Record store*. La seconde est la possibilité de définir un filtre avec la méthode «*RecordFilter*». Enfin, l'interface «*RecordComparator*» doit être implémentée pour que des enregistrements puissent être comparés et donc triés [72].

Pour exploiter le *RMS*, Il est nécessaire d'importer le package *javax.microedition.rms* du *J2ME*.

^{II.1} Les *MIDlets* sont des applications créées avec l'*API MIDP*. Ils héritent des classes abstraites *javax.microedition.midlet* qui permettent un dialogue entre le système et l'application.

C – Cohérence

Le stockage des répliques (copies) des données sur le terminal mobile lors d'un pré-chargement peut provoquer la combinaison des problèmes de réplication et de cohérence à celle du pré-chargement [73]. Deux cas possibles sont examinés pour cette technique:

C.1 – Accès à des copies qu'en lecture

Lorsque le mode en lecture est activé, des problèmes de cohérence peuvent apparaître si les données originales changent. Pour résoudre ce problème, il est donc indispensable de nettoyer le cache par la procédure d'invalidation de cache et éventuellement d'initier un (re)(pré)chargement de données plus récentes. Par conséquent, cette méthode peut effectuer des vérifications par rapport aux données originales.

C.2 – Accès à des copies qu'en écriture

Ce mode impose que les modifications doivent être répercutées sur les données originales ainsi que sur les autres copies.

II.5.1.2 – Le cadre de conception

La plateforme de notre conception est constituée de fonctionnalités répondant aux besoins des applications et aux contraintes des environnements mobiles. La figure (Fig. II.1) présente ces principales fonctionnalités. Sa structure est conçue de manière générique afin d'obtenir une réutilisabilité maximale et par conséquent une meilleur exploitation des services.

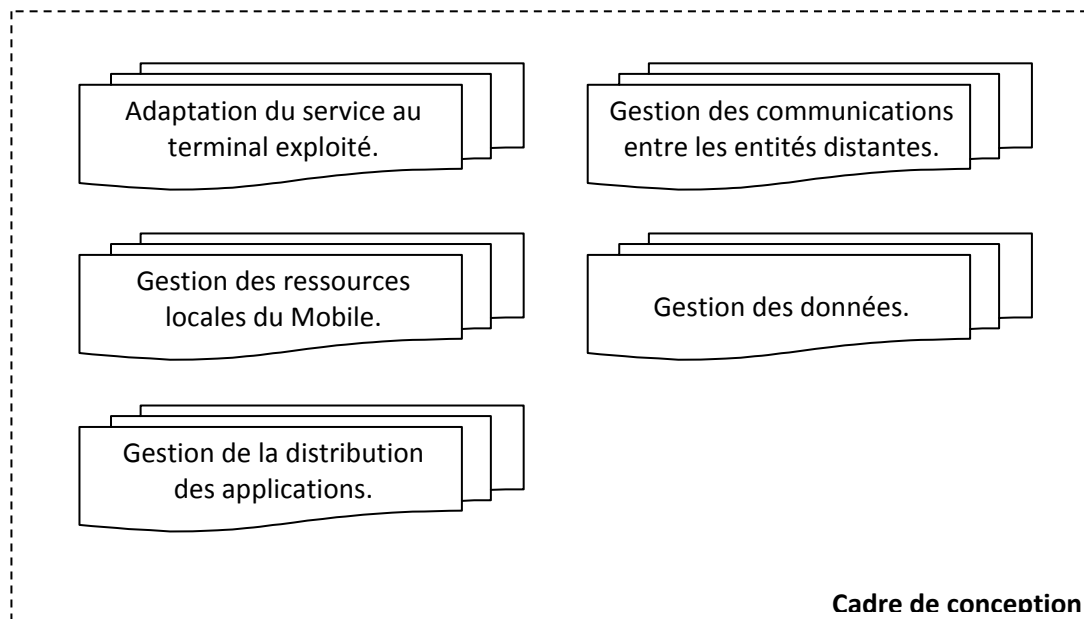


Fig. II.1 – Fonctionnalités du cadre de conception

L'utilisation de ces fonctionnalités est illustrée par plusieurs services et applications sans fil dans [74], [75], [76], [77].

- **Adaptation du service.** Comme nous l'avons vu auparavant, la conception de services sensibles au contexte joue un rôle important dans la recherche de services qui répondent au mieux aux besoins de l'utilisateur. Une fois ces services sélectionnés et lancés, ils ont besoin d'être adaptés au contexte de leur exécution. Une telle adaptation peut avoir plusieurs formes, et peut avoir lieu soit avant de démarrer le service, soit durant son utilisation. Donc, le service doit être compatible au terminal exploité pour un bon fonctionnement de ce service et une utilisation efficace.

- **Gestion de la distribution des applications.** Elle consiste à bien disposer et mettre en place les entités de l'application sur des environnements hétérogènes et spécifiques dans la plateforme de la fourniture des services. L'objectif est de fournir le socle d'adaptation dans l'environnement

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

hétérogène tout en assurant la mobilité des services de l'architecture voulue. Ces implémentations permettent aux concepteurs d'applications de spécialiser les fonctionnalités avec le comportement défini.

Selon [60], pour que la fonctionnalité de distribution des applications puisse s'appliquer à n'importe quel environnement, il est nécessaire de caractériser: l'environnement (mobile...), avec les ressources mises à disposition, avec leurs particularités comme la variabilité, etc, et enfin la manière dont les applications peuvent spécifier leurs besoins.

- **Gestion des communications entre les entités distantes.** Cette fonctionnalité permet l'établissement d'une connexion fiable entre les différentes entités distantes via le lien sans fil. Il faut qu'elles se mettent d'accord sur le même tunnel (numéro, port, adresse, etc.) pour qu'elles puissent échanger leurs données. La mise en place de cette connexion fiable réside dans la non perte et la non-altération des données transmises malgré des déconnexions possibles.

Les concepteurs peuvent ainsi spécialiser cette fonctionnalité en fournissant des implantations qui garantissent le niveau de fiabilité désiré.

II.5.1.3 – Déploiement et exécution

Lorsque les services de la plateforme de conception sont développés et simulés grâce à un utilitaire adapté, il est temps de les déployer et les exécuter sur un Smartphone, par exemple. Pour cela, il est nécessaire de parcourir les étapes suivantes:

1- *Packager les applications*

Packager une application revient à regrouper et stocker le programme (la classe qui dérive de *MIDlet*), toutes les classes utilisées ainsi que les fichiers nécessaires au fonctionnement (fichiers de classe, les ressources associées: les images...) dans une archive compressée *JAR*. Plusieurs programmes peuvent être stockés dans la même archive, avec la possibilité de se partager les composants du *JAR*. On appelle généralement ce regroupement de *MIDlets* une « *MIDlet Suite* ». Cette suite est rangée dans la même archive *JAR*. Leur fichier *JAD* fait aussi partie de la suite.

La gestion de l'installation, l'exécution et le retrait des *MIDlets* sur le terminal est effectuée par le gestionnaire d'applications (Application Manager) tournant sur ce terminal. Il est dépendant et est implémenté par le fabricant du terminal lui-même. Il fournit également un mécanisme de gestion des erreurs. Il peut fournir, en option, une interface utilisateur permettant aux utilisateurs de démarrer, d'arrêter et de terminer des *MIDlets* [61].

L'outil adapté de développement sans fil génère alors les fichiers *.jar* et *.jad* qui seront nécessaires et suffisants pour exporter l'application vers un terminal réel.

Fichier *.jar* : Un certain nombre de fichiers sont regroupés dans un fichier archive *.jar*. Ce sont les fichiers de classe, les fichiers ressources et le fichier décrivant le contenu du fichier *.jar* lui-même. Ce dernier fichier se nomme *manifest.mf*.

Les manifestes supportent neuf attributs dont six doivent être définis pour chaque application *MIDP*. Ces attributs sont illustrés sur le tableau (TAB. II.1).

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

MIDlet-Name	Nom du package <i>MIDlet</i> .
MIDlet-Version	Numéro de version du <i>MIDlet</i> .
MIDlet-Vendor	Développeur du <i>MIDlet</i> .
MIDlet-<x>	Une entrée pour chaque application <i>MIDP</i> de la suite, contenant le nom de l'application, une icône optionnelle et le nom de la classe qui doit être démarrée pour exécuter le <i>MIDlet</i> .
MicroEdition-Profile	Profil J2ME imposé par le <i>MIDlet</i> .
MicroEdition-Configuration	Configuration J2ME imposée par le <i>MIDlet</i> .

TAB. II.1 – Paramètres pour le fichier JAR (manifest)

Fichier .jad : Il est fortement conseillé d'inclure un fichier *.jad* dans le fichier *.jar* et ce pour deux raisons :

- Les informations fournies par ce fichier permettent au gestionnaire d'applications de déterminer si le *MIDlet* est bien adapté au terminal. Par exemple, en fonction de l'attribut *MIDlet-Data-Size*, le gestionnaire d'applications peut détecter un manque de mémoire persistante sur le terminal.
- Le fichier *.jad* permet de modifier les paramètres fournis au *MIDlet* sans avoir à modifier le fichier *.jar*.

Tout comme les manifestes *JAR*, ils requièrent eux aussi un ensemble de six attributs, listés dans le tableau (TAB. II.2):

MIDlet-Name	Nom du package <i>MIDlet</i> .
MIDlet-Version	Numéro de version du <i>MIDlet</i> .
MIDlet-Vendor	Développeur du <i>MIDlet</i> .
MIDlet-<x>	Une entrée pour chaque application <i>MIDP</i> de la suite, contenant le nom de l'application, une icône optionnelle et le nom de la classe qui doit être démarrée pour exécuter le <i>MIDlet</i>
MIDlet-Jar-URL	URL du fichier <i>JAR</i> associé.
MIDlet-Jar-Size	Taille du fichier <i>JAR</i> associé.

TAB. II.2 – Paramètres pour le fichier JAD

2- Diffusion de logiciel

Plusieurs manières de charger le code source sur le dispositif réel sont envisageables. La première qui ne coûte rien est d'utiliser les possibilités de connexions telles que *l'infrarouge* ou le *Bluetooth* pour autant disposer d'un utilitaire adéquat. Cette méthode peut être pratique mais elle est très restreinte par le fait qu'elle nécessite la proximité du serveur d'applications.

L'autre manière, qui est la plus utilisée et qui repousse toutes les limites géographiques, est de s'appuyer sur une connexion sans fil du type *GPRS*. Cette solution est couplée à un protocole de communication qui permet le chargement dynamique des applications *Java* [27].

3- Installation du programme

Étant donné que l'installation diffère selon les téléphones mobiles, il n'est pas possible de donner une marche à suivre précise. Pour certains types de terminaux mobiles normalement, le simple fait d'ouvrir soit le fichier *.jad* ou bien *.jar* suffit à installer l'application. Contrairement aux autres types qui ne supportent pas ces deux fichiers, ils sont amenés à installer leurs fichiers d'applications à partir d'un site hébergé téléchargeable sur le terminal mobile. Cette connexion établie entre le terminal et le site est couplée à un protocole de communication *WAP* afin d'adapter le site des applications au terminal exploité. Ce qu'on appelle un site *WAP*.

II.5.2 – Principe de résolution

Le principe de résolution du problème d'étude de l'environnement des personnes à risques, pour l'amélioration et l'adaptation de leur environnement de vie, nécessite le développement d'une plateforme centrée autour de leurs besoins. Il s'agit alors de concevoir un système regroupant un ensemble de services importants destinés aux patients – Gestion de localisation – Transmission en temps réel et sans erreur – Adaptation des données envoyées automatiquement par des réseaux de capteurs sans fil au terminal mobile – Étude des habitudes de vie d'une personne pour la détection de situations critiques – Diagnostic à distance sans dépenses excessives – Les résultats enregistrés et archivés ce qui permet de revoir les analyses – Suivi et sécurité permanente en tout lieu et à tout moment – Qualité de service au niveau de réception.

À ce stade là, il est indispensable d'effectuer un diagnostic en temps réel et de bien gérer les données informatisées des patients entre les différents acteurs médicaux tout en assurant une surveillance permanente des malades à haut risque. Ainsi, le besoin de faire un diagnostic rapide et fiable des patients, et détecter leur état de santé efficacement permet de gagner du temps dans leur prise en charge [78].

L'objectif principal de cette étude est de proposer un panorama des services de *télémedecine* sur des environnements mobiles y compris la collection, le traitement, l'analyse et la synthèse complète des signaux médicaux reçus sanctionnés par une prise de décision.

L'analyse complète effectuée sur le terminal mobile (classification...) permet l'extraction et le repérage précis et continu des zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal ou inquiétant sur les 24 heures de l'enregistrement. On se situe, donc, dans le contexte plus particulier de l'étude à long terme de l'évolution de l'état de santé d'une personne pour identifier l'installation de certaines pathologies plus ou moins progressives telles qu'une infection urinaire, une dépression ou encore une insuffisance cardiaque...

D'autres services complémentaires (les alarmes générées, chemin optimal...) sont déclenchés en cas de besoin. Ainsi, les enjeux de la mise en place de tels systèmes sont nombreux, tant pour les patients, le personnel médical et la société en général.

Notre problématique, consiste donc à intégrer et implémenter des applications mobiles sur des Smartphones en vue d'assurer les services de *télémedecine* pour les patients cardiaques à distance. La partie suivante décrit deux points importants – Notions de base en électrophysiologie du cœur et les pathologies cardiaques – Adaptation des applications au contexte mobile.

II.5.2.1 – Notions de base en électrophysiologie du cœur et les pathologies cardiaques

Pour atteindre les objectifs fixés dans cette thèse, 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.

A – Electrocardiographie

L'électrocardiographie traite l'étude de l'activité électrique des muscles du cœur. Le corps humain étant électriquement conducteur, les potentiels d'actions générés lors de l'activité électrique cardiaque peuvent être recueillis par des électrodes placées sur le thorax. Le modèle enregistré de cette activité électrique du cœur, sur un plan frontal (dérivations des membres) et sur un plan horizontal (dérivations précordiales), est un électrocardiogramme.

Pour chaque battement cardiaque, l'électrocardiogramme enregistre 4 ondes successives (**Fig. II.2**).

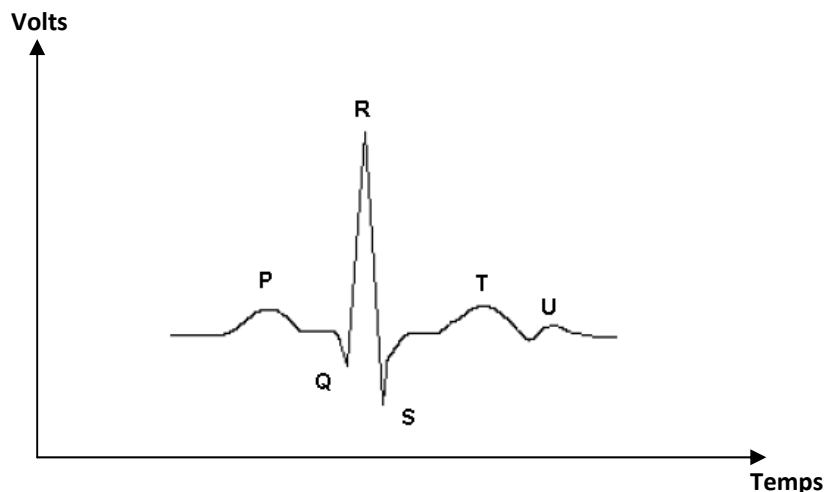


FIG. II.2 – Cycle cardiaque complet

Les électrocardiogrammes permettent de détecter facilement les troubles du rythme comme les tachycardies et les bradycardies qui sont respectivement des accélérations et des ralentissements du rythme cardiaque mais aussi les arythmies. Elles permettent aussi d'étudier beaucoup plus précisément les ondes auriculaires et ventriculaires.

B – Pathologies cardiaques

La figure (Fig. II.2) représente le cycle cardiaque complet qui veut dire un système décrivant une succession des ondes (P, Q, R, S, T) dans le signal électrocardiogramme (ECG), où P représente la dépolarisation auriculaire, le complexe QRS correspond à la dépolarisation ventriculaire et l'onde T correspond à la repolarisation des ventricules.

L'électro-cardiologie est une discipline qui a pour objectif de décrire les anomalies de fonctionnement du cœur en étudiant la forme, la fréquence et l'évolution des signaux électriques cardiaques.

Cette section décrit brièvement les différentes pathologies cardiaques susceptibles d'être repérées en étudiant le signal ECG. L'objectif, ici, n'est pas d'analyser précisément leurs origines et leurs conséquences sur le fonctionnement cardiaque, ni de décrire les traitements que ces pathologies nécessitent, mais simplement de mettre en relation certaines observations anormales du tracé ECG avec les pathologies les plus courantes. Il s'agit ainsi, d'effectuer un diagnostic à partir de l'étude des caractéristiques des ondes P, Q, R, S et T (formes, durée relatives...), au-delà d'une simple analyse de rythme.

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...

B.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.

B.1.1 – 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 régulier^{11.2} et 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) [79]. 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 (voir B.2 – Diagnostic à partir du rythme).

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

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.

B.1.2 – Battement cardiaque standard et ses caractéristiques

L'étude d'un seul battement ne fournit que peu d'indications pour établir un diagnostic, mais les variations des paramètres caractéristiques de chaque battement le long d'un signal *ECG* constituent une source d'information primordiale. Ces paramètres caractéristiques sont:

- Les différentes ondes :

L'*ECG* est le témoin direct de différentes phases cycliques (Fig. II.2), indiquant les grandes étapes de l'activation électrique du cœur.

- La dépolarisation des oreillettes: onde P.
- La dépolarisation des ventricules: onde QRS.
- La repolarisation des ventricules: onde T.
- La dépolarisation des oreillettes: onde P.
- La dépolarisation des ventricules: onde QRS.
- La repolarisation des ventricules: onde T.

- Les durées des ondes :

Les intervalles de temps généralement considérés sont, outre la durée de QRS : (Fig. II.3)

- L'intervalle entre les ondes T et P.
- L'intervalle entre les ondes P et Q.
- L'intervalle entre les ondes S et T.
- L'intervalle entre les ondes Q et T.
- L'intervalle entre les ondes R et R.
- L'intervalle entre les ondes P et P.

- Les distances entre ces ondes (Fig. II.3).

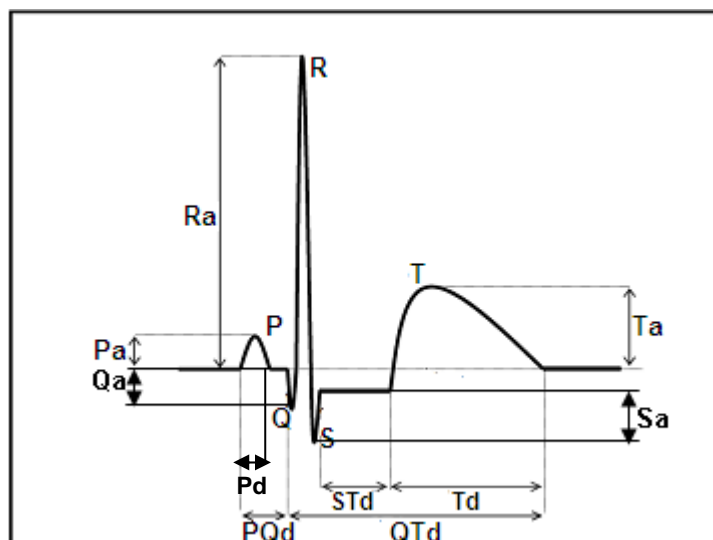


FIG. II.3 – Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement

^{II.2} Mais non strictement constant, un écart-type idéal de la distribution de l'intervalle RR est d'environ 100 ms.

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

Les valeurs des paramètres de la figure (Fig. II.3) couramment constatées chez l'adulte en bonne santé sont présentées dans la TAB. II.3 (a et b) :

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

TAB. II.3.a – [80]

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

TAB. II.3.b

(a) et (b) : Valeurs habituelles des différents paramètres caractérisant un battement cardiaque

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

B.1.3 – Caractéristiques et types de l'extrasystole

L'extrasystole est une excitation ventriculaire prématurée par rapport à la dépolarisation attendue, d'origine auriculaire, nodale ou ventriculaire. Parfois physiologique, elle peut cependant traduire une pathologie sous-jacente plus ou moins grave.

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 [81].

Le tracé d'un battement *ESV* est représenté sur la figure (Fig. II.4) où la durée du complexe est supérieure à la durée d'un complexe QRS normal.



FIG. II.4 – Extrasystole Ventriculaire (ESV)

L'exemple le plus significatif dans ce contexte est celui des signaux de la base MIT qui contient de nombreux signaux contenant des *ESV*, tels que:

- *Signal 119* : il contient 444 ESV.
- *Signal 200* : Il contient 836 ESV.
- *Signal 208* : Il contient 992 ESV.

Ces signaux sont exploités dans notre étude pour valider les séquences de données générées et l'efficacité des algorithmes implémentés sur les terminaux mobiles.

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 (**FIG. II.5**).



FIG. II.5 – Extrasystoles Auriculaires (ESA)

Les complexes QRS extrasystoliques restent fins et normaux. L'exemple des signaux de la base *MIT* où on trouve les *ESA*, sont:

- *Signale 106* : Il contient 520 *ESA*.
- *Signale 232* : Il contient 1382 *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 (**FIG. II.6**).

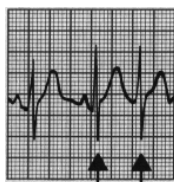


FIG. II.6 – Extrasystoles Jonctionnelles (ESJ)

Elle peut être située avant le complexe QRS, noyée dedans ou placée juste après, entre le QRS et l'onde T [81].

B.2 – Diagnostic à partir du rythme

Le repérage des ondes R permet d'analyser le rythme qui fut l'un des premiers traitements automatiques du signal cardiaque. Cette technique est basée sur l'extraction des deux paramètres caractéristiques: la fréquence des battements et leur régularité.

Les deux sections suivantes traitent respectivement des troubles de la fréquence et de la régularité, sachant que certaines pathologies induisent ces deux anomalies rythmiques.

B.2.1 – Fréquence

Un rythme cardiaque est dit normal s'il est en moyenne de 70 bpm chez l'adulte (en journée : entre 60-100 bpm et entre 40-80 bpm pendant la nuit). Hors de ces limites, on parle de bradycardie lorsqu'il est trop lent, et de tachycardie lorsque qu'il est trop rapide [81].

- 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 [82].

- *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 (Fig. II.7). Elle est caractérisée par le fait que la fréquence soit supérieure à 100 bpm.

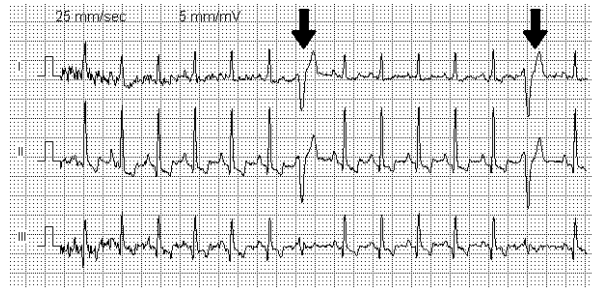


FIG. II.7 – *Tachycardie ventriculaire*

Rythme: On parle de doublet (2 *ESV* de suite), de triplet (3 *ESV* de suite); au-delà, on parle de salve d'*ESV* ou de tachycardie ventriculaire non soutenue. Celle-ci peut causer la mort subite. Elles peuvent être bigémínées (une *ESV* après chaque complexe normal), ou trigémínées (une *ESV* tous les deux complexes normaux).

La durée QRS est normalement comprise entre 0.06-0.10 au-delà de 0.12 seconde on évoque un trouble majeur.

B.2.2 – Arythmies, ou troubles de la régularité

L'absence de régularité des battements cardiaques est une caractéristique importante du rythme pour le diagnostic. Ce problème, appelé *arythmie*, est souvent associé à un trouble de la production ou de la conduction de l'impulsion électrique (foyers ectopiques, blocs, boucles...).

Notons qu'il existe des variantes de l'arythmie, tels que, les foyers ectopiques (auriculaire ou ventriculaire), les fibrillations et les blocs; le lecteur intéressé pourra se reporter à [81], [82].

B.3 – Diagnostic à partir des ondes

L'analyse (outre le rythme) de la forme des ondes de chaque battement a vu le jour grâce à la puissance des calculateurs modernes et les nouvelles techniques de traitement du signal. Ce type d'analyse reste pour l'instant essentiellement limité à la forme de l'onde R [82]. L'étude individuelle de chacune des ondes permet de réaliser un véritable pré-diagnostic. Ce diagnostic est effectué sur la base de la connaissance experte, grâce à la localisation de l'origine du problème lorsque les battements cardiaques, le complexe QRS et l'onde T, ne sont pas normaux.

Ainsi, les méthodes, que nous cherchons à proposer, permettent un repérage précis et continu de la plupart des ondes caractéristiques (Q, R...) du battement. Elles devront 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.

B.3.1 – L'onde P

Forme de l'onde P

L'onde P a une forme variable qui peut révéler la présence d'un (ou plusieurs) foyer(s) ectopique(s) auriculaire(s). La forme de l'onde P est différente au cours d'une période, le rythme introduit par le foyer ectopique rend la détection de ce type d'anomalie difficile par la seule étude du rythme [82].

Généralement, dans le cas normal, la durée de l'onde P est inférieure à 80 ms. La forme des ondes P anormalement larges interprètent une dilatation d'une des oreillettes.

Intervalle PQ

L'intervalle PQ est calculé entre le début de l'onde P et le début de l'onde Q. Cette distance est normalement comprise entre 120 ms et 200 ms, et reste fixe quelle que soit la fréquence. Hors de ces limites on peut avoir une variante de pathologies. Pour plus de détail, consultez la référence [81].

B.3.2 – Le complexe QRS

Le complexe QRS est la partie du battement la plus simple à repérer, en raison de l'amplitude dominante (supérieure) de l'onde R. C'est pour cette raison que la détection automatique des ondes R est celle qui a été réalisée en premier et c'est aujourd'hui l'analyse la plus aboutie [82].

Forme du complexe

On peut observer par exemple, sur un ECG, une onde R plus large qui correspond à un problème de conduction de l'impulsion électrique [81]. Généralement, la QRS est comprise entre 0,06 et 0,10 s au-delà de 0,12 seconde on évoque un trouble majeur.

L'intervalle QT

La distance entre le complexe QRS et l'onde T est mesurée entre le début de l'onde Q et la fin de l'onde T.

Cet intervalle doit être compris entre 350 et 430 ms [82]. En dehors de cet intervalle, le patient peut être atteint d'hypocalcémie^{II.3}, par exemple.

B.3.3 – L'onde T

Comme l'onde R, l'analyse et l'interprétation précise de la forme de l'onde T, en termes de pathologies, nécessite un enregistrement sur 12 dérivations [81].

Forme de l'onde T

Les amplitudes de l'onde T anormalement grandes peuvent provoquer une hyperkaliémie^{II.4}. Cette pathologie^{II.4} est caractérisée par une faible amplitude de l'onde T et nécessite parfois un traitement d'urgence [81].

Par contre, l'établissement d'un «diagnostic automatique» à partir de l'analyse de l'onde T n'est pas possible à cause de l'absence de critères objectifs sur la normalité ou non de l'amplitude de l'onde T. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer une analyse sur un suivi temporel des paramètres descriptifs de la forme de cette onde [82].

L'intervalle ST

La distance est calculée entre la fin de l'onde S et le début de l'onde T. En absence de pathologie, cet intervalle doit correspondre à un segment linéaire d'amplitude constante et nulle. Un sur-décalage ou un sous-décalage par rapport à une référence, nommée «*ligne de base*» sont en général associées à une souffrance cardiaque [82]. Ainsi, le suivi temporel des caractéristiques de ce segment, en particulier sa position par rapport à la ligne de base, constitue un élément d'information tout à fait majeur.

Enfin, l'étude de cet intervalle est fondamentale pour attirer l'attention du praticien sur le risque d'apparition de pathologies potentiellement majeures.

C – Résumé

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...*).

^{II.3} Hypocalcémie: carence de calcium dans le sang.

^{II.4} Hyperkaliémie: excès de potassium dans le sang / Hypokaliémie : carence de potassium.

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

Dans le cadre de cette thèse, nous cherchons à développer une stratégie et un modèle permettant un repérage précis et continu des instants d'apparition des différentes ondes caractéristiques du signal *ECG*. Cette technique devra permettre de localiser plus précisément des zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal du cœur.

II.5.2.2 – Adaptation des applications au contexte mobile

Les travaux effectués au cours de ce projet, se situent dans le cadre de conception et développement des services et applications mobiles. Cette partie a ainsi pour objectif principal de situer ce contexte de recherche est ses enjeux dans un environnement mobile. La complexité de ces systèmes réside dans la conception d'une approche centrée sur des services de *télémédecine*, regroupés dans une plateforme destinée à prendre en charge médicalement des personnes isolées ou en perte d'autonomie et améliorer leur environnement de vie. Le problème aussi, se pose au niveau de l'implémentation des algorithmes efficaces sur des téléphones portables, dans le but de résoudre toutes les contraintes précédentes. Cette implémentation nécessite de nombreuses contraintes pré-requis (II.3 – Adaptation au terminal portable) pour s'exécuter correctement.

A – Préambule

Le progrès technologique des terminaux mobiles et leur disponibilité sur le marché nous incitent à intégrer ce type d'appareils dans nos systèmes d'informations. En effet, l'utilisateur est de plus en plus mobile et veut avoir l'information le plus vite possible, partout et à tout moment.

Cependant, plusieurs handicaps ont surgi lors de l'exploitation de ces terminaux dans les systèmes d'informations. Ces appareils ont des caractéristiques et performances très lointaines de celles d'un *PC* normal. Actuellement, le téléphone le plus puissant dans le marché a une mémoire d'environ 512 Mo et un *CPU* cadencé à 1GHz (*Xperia Sony Ericsson*, par exemple). En outre, les terminaux mobiles sont caractérisés par des communications de faibles bandes passantes, ainsi que des tailles réduites de leurs écrans.

B – Définition

Le terme adaptation est une opération qui consiste à apporter des modifications à une application ou à un système informatique apte à assurer ses performances dans des conditions particulières ou nouvelles pour un contexte précis d'utilisation [64].

C – Adaptation statique et adaptation dynamique

L'adaptation peut être dynamique ou statique, soit respectivement se dérouler à l'exécution ou lors de la phase de chargement ou de compilation d'une application [83].

C.1 – Adaptation statique

L'adaptation statique ou manuelle intervient au cours du développement ou avant l'exécution. Elle consiste à adapter manuellement la ressource avant son exploitation dans son nouveau contexte [84]. Cette ressource peut être un fichier (document), une image, un son, une vidéo ou même une application.

Le résultat obtenu par cette technique définit le nouveau contexte de la ressource, ce qui permet de garantir la sûreté de son exploitation.

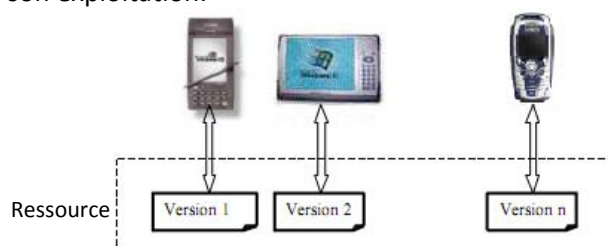


FIG. II.8 – Adaptation statique

Cette technique a été adoptée par plusieurs développeurs, tels que Larson [85], Massé [86], Benjaminsen [87], etc, pour développer des applications utilisant l'approche d'adaptation statique.

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

Par exemple le projet *Sun Solution for Women's Cancer Center* [85] consiste à développer une application distribuée utilisant des PDA's pour la saisie et le suivi des dossiers médicaux des patients.

Un autre projet de Benjaminsen [87], développe une application médicale client serveur exploitant des *Pocket-PCs*.

Cette stratégie présente une solution simple, fiable et efficace, le fait que chaque fournisseur s'occupe de l'adaptation de la ressource pour ses terminaux (Fig. II.8). Néanmoins, elle présente l'inconvénient de la difficulté d'évolution des applications. Toutes les étapes classiques (la spécification, la conception, l'implémentation et le test) doivent être parcourues au cours de l'adaptation de la ressource, ce qui exige un temps de développement important et par conséquent un facteur critique dans un système d'information.

C.2 – Adaptation dynamique

Contrairement à l'approche précédente, l'adaptation dynamique intervient pendant l'exécution de l'application. Elle consiste à effectuer les transformations sur la ressource au cours de son exploitation [84]. Cette transformation est réalisée suivant les caractéristiques matérielles du terminal demandant la ressource.

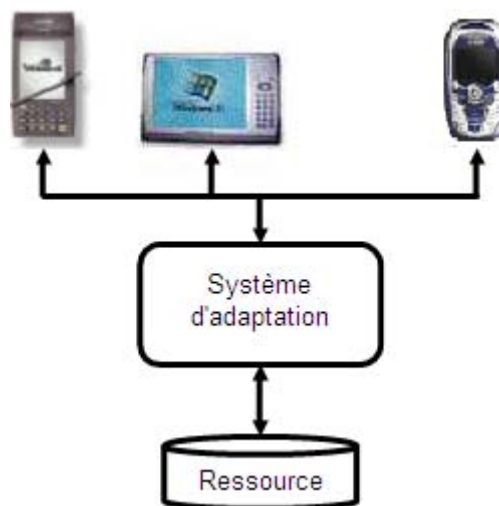


FIG. II.9 – Adaptation dynamique

Citons quelques projets utilisant cette récente technologie, où les données sont adaptées dynamiquement sur le terminal cible:

Soluphone Santé [88], qui est une suite d'applications d'échange de SMS pour alerter, informer et prévenir les différents professionnels de santé des événements importants de la vie hospitalière. Le principe de ce projet consiste à transformer de façon dynamique, les messages textuels générés en SMS pour les terminaux mobiles et en mails pour les PC de bureaux.

Projet *MUSA* [89] et le projet *OPERA* [90], ciblent l'approche dynamique. Ils réalisent la génération des interfaces graphiques Web pour différents types des terminaux mobiles.

En effet, cette technique permet de réduire le temps de développement par rapport à l'approche précédente en raison de la génération automatique de la solution suite à la requête de l'utilisateur. Cependant, l'inconvénient réside dans la complexité de passer d'un modèle de description donné à un environnement adéquat pour l'exploitation de la ressource. Elle adresse le problème de diversité des terminaux mobiles.

D – Les systèmes adaptables dans les environnements mobiles

L'évolution croissante des technologies mobiles se traduit par le nombre très important de travaux traitant des spécificités de ces environnements. Cette diversité des travaux se situe au tour de l'adaptation aux environnements mobiles selon plusieurs dimensions.

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

Par définition, un système adaptatif est un système qui prend en compte les besoins des applications et les caractéristiques de l'environnement mobile pour exécuter les applications. Les besoins des applications sont spécifiés dans le comportement d'exécution et les caractéristiques de l'environnement mobile sont prises en compte par la stratégie d'adaptation. Cette section définit le vocabulaire des systèmes adaptables dans les environnements mobiles. Elle reprend et complète les concepts introduits dans [91].

Selon [59], la mobilité des terminaux mobiles peut être gérée selon deux approches: les approches masquant la mobilité aux applications et les approches montrant la mobilité aux applications.

D.1 – Approches masquant la mobilité aux applications

Les approches masquant la mobilité permettent de fournir au terminal mobile les mêmes services que sur une machine de bureau. Cette technique permet aux applications qui ne sont pas conçues explicitement pour la mobilité, de s'exécuter sans modification dans les environnements mobiles.

Les changements que l'on peut observer dans un environnement mobile sont des phénomènes de bas niveau. Pour cela, les couches protocolaires exploitées par les applications sont directement influées. Pour rendre transparents les déplacements et les déconnexions, il s'avère donc nécessaire d'adapter les protocoles aux environnements mobiles.

L'adressage *IP* [92], *TCP* [93], *NFS* [94] et *http* [95], [96] sont les principaux protocoles ayant fait l'objet de recherche en ce sens.

Selon [60], la classification des approches masquant la mobilité aux applications, est comme suit:

D.1.1 – Transparence de l'adressage IP

Le changement de l'adresse *IP* se fait automatiquement par le changement de réseau par le terminal mobile. Les applications exploitant le protocole *IP* ne sont pas conçues pour gérer dynamiquement un changement d'adresse. De nombreux travaux ont été menés pour définir des solutions à ce contexte (changement dynamique d'adresse). Par exemple les solutions *Mobile-IP* [97], permettent aux terminaux mobiles de garder leurs propres adresses *IP* malgré leurs déplacements dans le réseau et n'exigent aucune modification des applications (les détails de cette solution sont présentés sur l'Annexe A).

D.1.2 – Transparence au niveau du protocole TCP

L'envoi et la réception des données par le terminal tout en se déplaçant peuvent être perdues à cause d'interférence ou de changement de cellules. *TCP* [95] traduit ces pertes comme une situation de congestion et active les mécanismes et les techniques adéquates.

Plusieurs travaux sont entrepris dans cette approche, dont l'objectif principal est d'optimiser le protocole *TCP* pour les environnements mobiles en exploitant des techniques différentes.

Certaines solutions comme *Snoop* [98], masquent complètement le lien sans fil de l'émetteur. Cette solution est basée sur le fait que le problème est local au lien sans fil et qu'il doit donc être résolu localement sans modifier la couche *TCP* de l'émetteur. D'autres travaux dans cette approche, comme *Mobile TCP* [99], considèrent que l'émetteur dans ce cas, est conscient du lien sans fil et est capable de distinguer les pertes de transmission dues au lien sans fil de celles dues à une congestion. Ces deux grandes familles sont illustrées dans l'Annexe A respectivement par *Snoop*, *Mobile TCP* et *WTCP*.

D.1.3 – Transparence des systèmes de fichiers: NFS

Les problèmes rencontrés lors de l'accès aux fichiers en environnements mobiles sont :

- Les pertes sur le lien sans fil (une situation de congestion).
- Les déconnexions imprévisibles qui ne sont pas gérées et entraînent l'impossibilité d'accès aux fichiers.

Ces deux problèmes ont été traités avec des mécanismes de cache, comme l'illustrent les systèmes *NFS/M* [100], *MFS* [101] et *Coda* [102] qui permettent aux utilisateurs de fonctionner, de manière transparente, en mode déconnecté (Voir Annexe A).

D.1.4 – Transparence au niveau du protocole HTTP

La technologie WWW est composée des entités ou d'un ensemble de données accessibles à distance en exploitant le support *Internet*. Ces données sont hébergées et publiées sur des serveurs Web. La communication de ces pages Web est effectuée par le protocole *http*.

L'exploitation de ce protocole en environnement mobile pose les problèmes de l'encodage des données qui s'effectue selon différents langages (*SGML, HTML, XHTML, XML*, etc.). En outre, une requête *http* correspond à une connexion *TCP*, ce qui entraîne un surcoût dû à l'établissement de la connexion et la possibilité de déclenchement des mécanismes de congestion liés à *TCP*.

Pour surmonter ces problèmes, l'approche *WebExpress* [103] (Annexe A) permet de réduire le volume du trafic sur le lien sans fil et le temps de latence des communications entre le terminal et le serveur.

D.2 – Approches intégrant l'adaptation des applications

Ces types d'adaptation permettent de prendre en compte des informations liées à l'environnement et par conséquent, de réaliser une adaptation des applications à ce contexte. Le principe de cette stratégie est de collaborer entre le terminal mobile (le système) et l'application. Selon, les décisions annoncées par le système incorporé sur le terminal, l'application doit s'adapter d'une manière adéquate en respectant ces conditions [13].

E – Scénarios des applications médicales

Les applications doivent être reconstruites totalement ou partiellement selon le changement de leur contexte d'utilisation. Il est vraiment difficile de prévoir toutes les situations possibles dans la phase de conception. L'ensemble de ces efforts ont pour objectif de répondre aux besoins des utilisateurs.

Le contexte est donc constitué de l'ensemble des paramètres externes à l'application qui peuvent influencer sur son comportement en définissant de nouvelles vues sur ses données et ses fonctionnalités. Le contexte est défini comme étant un vecteur à cinq dimensions: [104]

Contexte = (terminal, communication, utilisateur, localisation, environnement).

Nous utilisons le plus souvent des informations sur la localisation, le réseau, le profil de l'utilisateur et les capacités du terminal exploité.

Le domaine médical est en pleine mutation vis-à-vis des technologies de communication. La notion de distance devient une caractéristique plus importante et non négligeable, que ce soit une distance entre le Professionnel de santé et le patient (*téléconsultation*), ou entre le professionnel et son lieu d'exercice habituel ou encore entre deux professionnels de santé partageant le suivi d'un patient (réseaux de soins, *télé-expertise*). La *télé médecine* est un champ alors très large et nécessite des supports de communication importants [105]. La consultation d'un dossier médical, l'accès à une base de données sur les médicaments ou à toute autre information peut être d'un très grand intérêt à tout professionnel de santé qui officie hors de son cabinet ou de son établissement. Donc, la mise à disposition d'information n'est pas de la même nature suivant le lieu et le type de terminal. Il nous est apparu important d'étudier les problèmes liés à ce type de situation.

II.6 – Caractéristiques de notre stratégie

Au cours du développement de notre plateforme de fourniture des services de *télé médecine*, nous avons distingué des cas auxquelles les entités logicielles de l'application doivent s'adapter.

Par exemple, la situation qui peut être définie avec les paramètres suivants: – « infirmier, médecin (praticien) ou l'urgentiste » et le terminal utilisé – « Smartphone, PDA ».

Pour étudier et définir cette situation contextuelle d'une façon plus formelle, nous considérons un espace à deux dimensions (utilisateur et terminal) dans lequel l'application peut évoluer. Donc, un changement de valeur sur l'un de ces axes définit une nouvelle situation contextuelle à laquelle l'application doit s'adapter.

Par exemple, dans notre thèse de doctorat, nous étudions le cas d'un médecin qui reçoit des alertes selon les situations critiques décelées sur son téléphone mobile avec un fichier contenant les

ENVIRONNEMENTS MOBILES POUR TELEMEDECINE.

dernières mesures, les paramètres de la classification, le type de pathologie détectée, etc. Il peut consulter son terminal pour analyser et surveiller l'évolution de l'état de santé de son patient et éventuellement une prise de décision immédiate d'intervenir ou non.

Dans un autre contexte, un infirmier ou un urgentiste reçoit le même message d'alarme avec les ordres et une décision qui a été faite par le praticien traitant (Préparation du bloc opératoire...). Dans cette situation, il déclenche alors les services nécessaires (géo-localisation, chemin optimal...) afin de mieux optimiser (gagner) le temps d'intervention et de bien prendre en charge les souffrances des patients.

Malgré l'utilisation du même service applicatif (suivi et contrôle du patient), la plateforme proposée ne se comporte pas de la même façon pour ces deux utilisateurs, vue la différence des deux contextes de situation contextuelle. Chacun de ces axes entraîne une modification de l'application: le profil de l'utilisateur (médecin,...) modifie les droits sur les décisions (un médecin ordonne l'hospitalisation immédiate, l'infirmier peut indiquer que la prise en charge a été faite par le *SAMU* en envoyant un *SMS* au médecin traitant...).

Le terminal modifie le mode d'affichage, pour un *PC*, une seule fenêtre comprenant la totalité des données sur l'écran et un affichage graphique des tableaux multidimensionnels (capacité importante...). Par contre l'affichage sur un terminal mobile doit être optimisé (limité en espace mémoire...), simple et efficace afin de bien exprimer les interfaces des services déployés sur le Smartphone de la plateforme développée.

Notre stratégie d'adaptation des données au contexte consiste à réduire, optimiser, remplacer et transformer les ressources à envoyer à l'utilisateur final. Par exemple, dans notre cas, à la place d'envoyer toutes les données (fichiers médicaux, résultats d'analyses...) nous ne transmettons que les données importantes et essentielles, nous précisons ainsi la pathologie détectée après l'exécution des algorithmes de classification.

En effet, nous pouvons imaginer de nombreux services pour la santé (liste des patients, enregistrement d'une visite médicale, affichage du dossier médical, chargement des photos géographiques de géo-localisation...). Ces services nécessitent des traitements complexes et la gestion des données médicales communiquées à l'utilisateur final à travers les interfaces graphiques implémentées sur des unités portatives. Ces derniers doivent présenter les données issues des services. Ainsi, une application peut être modélisée par un ensemble d'entités logicielles, chacune étant composée d'un service, d'une présentation sur les interfaces utilisateur et des flux des données.

II.7 – Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté la stratégie d'adaptation à deux contextes d'utilisation, bien sur, il existe plusieurs dans notre cas. Ces contextes s'effectuent sur trois niveaux: les services, les données échangées et l'interface utilisateur. Nous avons appliqué notre étude sur le domaine médical où la variance des services offerts aux différents utilisateurs de l'application met en évidence la nécessité de l'adaptation au contexte ciblé. Cette adaptation permet une utilisation confortable des terminaux mobiles pour interagir avec les services de l'application qui deviennent omniprésents quel que soit l'environnement de l'utilisateur.

Dans le chapitre suivant, nous discutons l'analyse et la synthèse des possibilités techniques et les apports du processus de construction d'une plateforme de décision suite à l'analyse à distance du comportement d'une personne à risque.

- [13] O. FOUIAL, «Découverte et fourniture de services adaptatifs dans les environnements mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique et Réseaux de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications ENST*, Paris, France, 30 Avril, 2004.
http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/97/97/PDF/These_Fouial_2004.pdf
- [27] R. MERZOUGUI, «Télésurveillance à travers les réseaux IP & Mobiles», *Thèse présentée pour obtenir le grade de Magister de l'université Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algérie, Juin 2006.
- [59] M. SATYANARAYANAN, «Fundamental Challenges in Mobile Computing», *Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC'96)*, p. 1.7, Philadelphia, Pennsylvania, USA, Mai, 1996.
ISBN: 0-89791-800-2.
DOI: 10.1145/248052.248053.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=248053>.
- [60] F. LE MOUËL, «Environnement adaptatif d'exécution distribuée d'applications dans un contexte mobile», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique de l'université de Rennes 1*, France, 1 Décembre, 2003.
<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/59/20/PDF/tel-00004161.pdf>
- [61] B. DELB, «J2ME, Application java pour terminaux mobiles», *Édition EYROLLES*, 61, Bld Saint-Germain, 75240 Paris, France, 2002.
EAN13: 97822121110845.
<http://www.eyrolles.com/Informatique/Livre/j2me-97822121110845>
- [64] T. CHAARI, «Adaptation d'applications pervasives dans des environnements multi-contextes», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique de l'université de Lyon*, France, 28 Septembre, 2007.
<http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2007/chaari/these.pdf>
- [65] N. NOUALI-TABOUDJEMAT, N. BADACHE, «Gestion des transactions en environnement mobile», *RIST: Revue d'Information Scientifique & Technique*, pp. 11–32, Vol. 11N° 01, 2001.
ISSN: 1111-0015.
<http://www.ajol.info/index.php/rist/article/view/26698>.
- [66] R. SAADI, «The Chameleon: Un Système de Sécurité pour Utilisateurs Nomades en Environnements Pervasifs et Collaboratifs», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique*, INSA de Lyon: Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 17 Juin, 2009.
<http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2009/saadi/these.pdf>
- [67] D. AYED, «Déploiement sensible au contexte d'applications à base de composants», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique*, Institut National des Télécommunications (INT), Université d'Évry Val d'Essonne, Paris, France, 18 Novembre, 2005.
<http://www-public.int-evry.fr/~taconet/LibreService/Phd/theseDhouha.pdf>
- [68] J. ZIV, A. LEMPEL, «A Universal Algorithm for Sequential Data Compression», *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 23, Issue: 3, p. 337-343, Mai 1977.
ISSN: 00189448.
DOI: 10.1109/TIT.1977.1055714.
http://www.cs.duke.edu/courses/spring03/cps296.5/papers/ziv_lempel_1977_universal_algorithm.pdf
- [69] T. A. WELCH, «A Technique for High-Performance Data Compression», *IEEE Computer*, Vol. 17, Number 6, pp. 8–19, Juin, 1984.
DOI: 10.1109/MC.1984.1659158.
http://www.cs.duke.edu/courses/spring03/cps296.5/papers/welch_1984_technique_for.pdf

- [70] J. KNUDSEN, «Wireless Java Developing with J2ME», *Second Edition Apress*, 2003.
ISBN: 1590590775.
<http://apress.com/book/view/9781590590775>.
- [71] M. J. YUAN, «Enterprise J2ME: Developing Mobile Java Applications», *Édition Prentice Hall PTR*, October 23 2003.
ISBN: 0-13-140530-6.
<http://lib.mexmat.ru/books/11745>.
- [72] M. J. WELLS, «J2ME, Game Programming», *Edition Thomson, Course technology*, Boston, MA 02210, USA, February 24, 2004.
ISBN: 1-59200-118-1.
<http://www.amazon.com/exec/obidos/ASIN/1592001181/hashbang-20>.
- [73] T. A. ANDERSON, Y. BREITBART, H. F. KORTH et A. WOOL, «Replication, Consistency, and Practicality: Are These Mutually Exclusive ?», *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD'98)*, pp. 484–495, Seattle, Washington, USA, Juin, 1998.
<http://citeseer.nj.nec.com/anderson98replication.html>
- [74] F. ANDRÉ and M.-T. SEGARRA, «On Building a File System for Mobile Environments Using Generic Services», *Proceedings of the 12th International Conference on Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS'99)*, Radisson Bahia Mar Beach Resort, Florida, USA, Août, 1999.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=2923966EA1A56132DBDE4A46715F8966?doi=10.1.1.44.3703&rep=rep1&type=pdf>.
- [75] F. ANDRÉ et E. SAINT POL, «A middleware for transactional hospital applications on local wireless networks», *Proceedings of 2000 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Application (PDPTA'2000)*, Monte Carlo Resort Casino, Las Vegas, USA, Juin, 2000.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/07/27/91/PDF/RR-3863.pdf>
- [76] F. ANDRÉ, A.-M. KERMARREC et F. LE MOUËL, «Improvement of the QoS via an Adaptive and Dynamic Distribution of Applications in a Mobile Environment», *Proceedings of the 19th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS'2000)*, p. 21.29, Nürnberg, Germany, Octobre, 2000.
ISBN: 0-7695-0543-0.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=885389.
- [77] F. LE MOUËL, F. ANDRÉ et M.T. SEGARRA, «AeDEn: An Adaptive Framework for Dynamic Distribution over Mobile Environments», *Annales des Télécommunications*, Vol. 57, Number 11-12, pp.1124–1148, Novembre-Décembre, 2002.
ISSN: 0003-4347.
http://hal.inria.fr/docs/00/39/49/23/PDF/Annals_of_Telecommunications2002.pdf
- [78] S. NOIMANEE, J. TONTRAKOON, «The ECG Monitor from Database Using Mobile Telephone», *The 2004 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2004)*, Hotel Taikanso, Sendai/Matsushima, Miyagi-Pref., JAPAN, July 6-8, 2004.
<http://www.mk.ecei.tohoku.ac.jp/ITC-CSCC2004/>
- [79] E. P. CHAN THE, «INTÉRÊTS ET LIMITES DE L'ÉVALUATION DE LA CHARGE DE TRAVAIL À L'AIDE DES ÉCHELLES DE BORG», *Thèse Présentée et soutenue publiquement dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée pour obtenir le grade de Docteur en Médecine, Université Henri Poincaré, Nancy 1, Faculté de Médecine de Nancy, France, 24 Octobre, 2002*.
<http://www.sante-durable.fr/telechargement/these-epct.pdf>

- [80] R. SLAMA, G. MOTTÉ, A. LEENHARDT, C. SEBAG, «Aide Mémoire de Rythmologie», *Édition Flammarion*, Paris, 04/2003.
ISBN 10: 2257124065.
ISBN 13: 9782257124067.
<http://www.unitheque.com/medecine/Rythmologie-2385.html>
- [81] A. ELLRODT, «Urgences Médicales, 5^e Édition», *Édition ESTEM*, 89, boulevard Auguste Blanqui, 75013, Paris, 04/2003.
ISBN: 978 2 84371 335 4.
<http://www.scribd.com/doc/40469809/Urgences-medicales>.
- [82] J-P. BASSAND, «Introduction à la pathologie cardiaque et vasculaire», *Cours de Professeur à l'université de Besançon*, France, 25 Octobre 2005.
<http://www.besancon-cardio.org/cours/01-intro.php>
- [83] T. CHAARI, F. LAFOREST «Génération et adaptation automatiques des interfaces utilisateurs pour des environnements multi-terminaux, Projet SEFAGI: Simple Environment For Adaptable Graphical Interfaces». *Revue Ingénierie des systèmes d'Information*, n° spécial systèmes d'information pervasifs, Vol. 9, n°2, pp. 11–38, 2004.
<http://liris.cnrs.fr/~flafores/articles/ISIPervasifVFinaleChaariLaforest.pdf>
- [84] N. KOUICI, «Gestion des déconnexions pour applications réparties à base de composants en environnements mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique, Institut National des Télécommunications (INT), Université d'Évry Val d'Essonne*, France, 16 novembre 2005.
http://www-public.it-sudparis.eu/~conan/Publications/2005_thesis_nabil.pdf
- [85] E.D. LARSON, «Wireless Java Application Saves Women's Cancer Center», *J2ME case studies*, September 2002.
<http://wireless.java.sun.com/midp/casestudies/wcc/>
- [86] V. MASSÉ, «La société MobilePlanet Europe fournit des terminaux mobiles à la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris (BSPP) pour l'équipement de ses véhicules d'intervention», *Mobile Planet*, Juin 2002,
http://www.mobileplanet.fr/m_includes/press_release/2002_brigade.asp
- [87] S. BENJAMINSEN, A. DJORA «JetRek: How organisational identities slowed down speedy requisitions», *BSA medical sociology conference*, New York, September 2002.
<http://www.sv.ntnu.no/iss/Aksel.Tjora/publications/Siri-york02-09.pdf>
- [88] TeraCom, «Soluphone santé», 2002.
<http://www.soluphone.com/SoluSante.pdf>
- [89] G. MENKHAUS, «Adaptive User Interface Generation in a Mobile Computing Environment», PhD Thesis, Salzburg University, 2002.
<http://www.softwareresearch.net/fileadmin/src/docs/publications/D001.pdf>
- [90] T. LEMLOUMA, N. LAYAÏDA, «A Framework for Media Resource Manipulation in an Adaptation and Negotiation Architecture», *OPERA project, INRIA 2002*, Rhône-Alpes, august 2001.
<http://opera.inrialpes.fr/people/Tayeb.Lemlouma/Papers/RSRS.pdf>
- [91] M.-T. SEGARRA, «Une plate-forme à composants adaptables pour la gestion des environnements sans fil», *Thèse de doctorat, Université de Rennes 1*, Rennes, France, Novembre 2000.
<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=205780>.
- [92] S. DEERING et R. HINDEN, «Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification», *Request For Comments (RFC) 2460*, Statut: «Draft Standard», December 1998.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>

- [93] J. POSTEL, «Transmission Control Protocol, Standard (STD) 0007», *Request For Comments (RFC) 793*, Statut: «Standard», September 1981.
<http://www.faqs.org/rfc/rfc793.txt>
- [94] S. SHEPLER, B. CALLAGHAN, D. ROBINSON, R. THURLOW, C. BEAME, M. EISLER et D. NOVECK, «NFS version 4 Protocol», *Request For Comments (RFC) 3530*, Statut: «Proposed Standard», Avril 2003,
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=RFC3530>.
- [95] R. FIELDING, J. GETTYS, J. MOGUL, H. FRYSTYK, L. MASINTER, P. LEACH et T. BERNERS-LEE, «Hypertext Transfer Protocol. HTTP/1.1», *Request For Comments (RFC) 2616*, Statut: «Draft Standard», Juin 1999.
<http://www.rfc-ref.org/RFC-TEXTS/2616/chapter17.html>
- [96] R. KHARE et S. LAWRENCE, «Upgrading to TLS Within HTTP/1.1», *Request For Comments (RFC) 2817*, Statut: « Proposed Standard », Mai 2000.
<http://greenbytes.de/tech/webdav/rfc2817.pdf>
- [97] C.E. PERKINS, «IP Mobility Support», *Request for Comments (RFC)*, October 1996.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2002.txt>
- [98] H. BALAKRISHNAN, S. SESHAN, E. AMIR, and R.H. KATZ, «Improving TCP/IP performance over Wireless Network», *In Proceedings of 1st ACM Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom)*, November 1995.
<http://nms.lcs.mit.edu/~hari/papers/mcn.ps>
- [99] M. STANGEL and V. BHARGHAVAN, «Improving TCP performance in mobile computing environments», *International Conference on Communications 98*, Atlanta, GA, pp. 584–589, Vol.1, 7-11 June 1998.
ISBN: 0-7803-4788-9.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=682952.
- [100] J.C.S. LUI, K.Y. OLFIELD, and T.S. TAM, «NFS/M: An Open Platform Mobile File System», *In International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 488–495, 26-29 May 1998.
ISSN: 1063-6927.
ISBN: 0-8186-8292-2.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=679783.
- [101] F. ANDRÉ and M.T. SEGARRA, «On building a File System for Mobile Environments Using Generic Services», *In 12th International Conference on Parallel and Distributed computing Systems (PDCS99)*, Fort Lauderdale, Florida, USA, August 1999.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=DC9F919BCED3EA079181420F53FC24C7?doi=10.1.1.44.3703&rep=rep1&type=pdf>
- [102] M. SATYANARAYANAN, J. MKISTLER, P. KUMAR and M. OKASAKI, «Coda: a highly available file system for a distributed workstation environment», *IEEE Transactions on Computers*, V. 39, Issue 4, pp. 447–459, April 1990.
ISSN: 0018-9340.
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=54838.
- [103] C. BARRON HOUSEL and B. DAVID LINDQUIST, «WebExpress: A system for optimizing Web browsing in a wireless environment», *In Second Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 108–116, ACM, November 1996.
ISBN: 0-89791-872-X.
DOI: 10.1145/236387.236416.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=236416>.

[104] E. ZULBERTI, «Guide méthodologique d'élaboration d'une stratégie de communication multimédia», *Service de la vulgarisation, de l'éducation et de la communication*, Atelier régional bilingue, Niamey, Niger, 1-5 Avril 2002.
<http://www.fao.org/docrep/005/Y4333F/y4333f00.HTM#Contents>.

[105] F. LAFOREST, «De l'adaptation à la prise en compte du contexte, une contribution aux systèmes d'information pervasifs», *Habilitation à Diriger des Recherches, HDR 017*, Université Claude Bernard Lyon I, Lyon, France, 2007.
<http://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-3409.pdf>

Chapitre 3

Analyse et synthèse des possibilités techniques pour le déploiement des services sur les terminaux mobiles.

SOMMAIRE

- III.1 – Description de notre projet en général
 - III.2 – Les concurrents de l’outil de simulation sans fil J2ME
 - III.3 – Présentation des systèmes d’exploitation utilisés dans les appareils sans fil (*Wireless*)
 - III.4 – Bilan de l’analyse
 - III.5 – Conclusion et motivation de cette thèse
-

Les travaux de cette thèse de doctorat décrivent le développement de services mobiles dédiés à la santé. Ils concernent en particulier le traitement et l’analyse de tous types de données collectées à distance, pour la détection de situations critiques des malades.

L’objectif principal de ce projet était donc d’exploiter des terminaux mobiles (téléphones portables) dans le domaine de *télé médecine*. Ces terminaux devront être alors adaptés aux services ciblés en suivant une stratégie adéquate (voir chapitre: Stratégie et Méthodologie de développement des services de la plateforme proposée).

On se place dans le contexte particulier de l’étude à long terme des différentes technologies et protocoles utilisés dans le monde de la téléphonie mobile. Les sujets abordés sont liés à la transmission d’informations entre des unités portatives sans fil (d’un téléphone à un autre ou d’un capteur à un téléphone portable), ou à une communication via *Internet*.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

III.1 – Description générale de notre projet

Il y a maintenant une dizaine d'années, apparaissait la téléphonie mobile. Il devenait alors possible de communiquer dans n'importe quelle zone couverte par le réseau sans fil. Cette technologie a rapidement conquis la population puisque actuellement presque tout le monde possède un téléphone portable. Lors de leur apparition, les possibilités offertes par les téléphones portables étaient assez restreintes, mais déjà extrêmement pratiques, ce qui a suffi à convaincre. Comme toutes les technologies, la téléphonie mobile a évolué et actuellement les possibilités offertes sont bien plus importantes qu'auparavant. Mais bien comme souvent, la majorité des utilisateurs n'utilisent que les fonctions de base, à savoir téléphoner et envoyer des *SMS*.

Aujourd'hui en plus de transmettre du son et des *SMS*, les téléphones actuels sont capables de transmettre des *MMS*, de communiquer via les technologies *Bluetooth*, *Wi-Fi...*, et se connecter à *Internet*. Ce qui permet déjà d'envisager une multitude d'applications pour ces appareils qui n'étaient, à la base, que des outils de communication vocale.

Notre démarche dans ce travail consiste à étendre l'utilisation des terminaux mobiles au domaine de la *télé médecine* grâce aux possibilités actuelles cités auparavant. Dans notre projet, le terminal mobile joue le rôle d'un intermédiaire entre les capteurs de mesure et les dispositifs du médecin. Il reçoit les données médicales issues des capteurs sans fil, il les traite et envoie les résultats et les alarmes en cas de situation critique au praticien traitant.

Le projet en général suit les trois étapes suivantes.

III.1.1 – Établissement 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.

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.

La connectivité est assurée par les outils de connections au réseau de communication. La principale difficulté pour l'*API* résulte de *J2ME* (l'outil de développement sans fil exploité). Elle consiste à intégrer les spécificités de connectivité de chaque famille de terminal. Par exemple, *MIDP* n'impose que l'implémentation du protocole http [70], alors qu'un terminal donné peut implémenter d'autres protocoles. Une autre spécificité très importante pour le réseau utilisé est liée à leurs différents types: réseaux à commutation de paquets ou à commutation de circuits, par exemple.

Le langage *J2ME* doit donc à la fois être assez générique pour supporter tous les terminaux et assez spécifique pour supporter les terminaux particuliers. Il est conçu pour relever ce défi. Cet outil de développement repose sur l'utilisation de classes abstraites. Elle définit un «moule» général, et il revient à chaque fabricant de remplir ce moule avec les implémentations *MIDP* ou *PDAP*. Pour garantir l'extension, plusieurs interfaces de connections sont définis: [61]

- **Communication SMS :**

- Connector.open("sms://numéro_de_téléphone : port");

- **Communication MMS :**

- Connector.open("mms://numéro_de_téléphone");

- **Communication HTTP :**

- Connector.open("http://adresse_IP_sur_4_octet");

- **Communication par socket :**

- Connector.open("socket:// adresse_IP_sur_4_octet : port");

- **Communication par datagramme :**

- Connector.open("datagram:// adresse_IP_sur_4_octet : port : port");

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

- **Communication via le port série :**

- Connector.open("comm:0;baudrate=9600");

- **Communication via le système de gestion de fichiers :**

- Connector.open("file://nom_de_fichier.txt ");

Il est à noter que l'utilisation d'une simple chaîne de caractère caractérisant le type de connexion permet de conserver l'essentiel du code de l'application, quel que soit le protocole de communication utilisé.

Grâce à ces interfaces de communication, plusieurs types de connexions peuvent être établis afin de garantir et adapter l'hétérogénéité des dispositifs exploités (capteur sans fil, technologie Bluetooth/ZigBee..., Serveur, Base de donnée...).

III.1.2 – Adaptation des services au contexte mobile

Comme il a été mentionné auparavant, l'adaptation des services est indispensable dans les environnements mobiles. Les réseaux de communication présentent des architectures et des performances bien différentes et très hétérogènes (réseaux filaires, réseaux sans fil). Aussi, à cause des caractéristiques liées à la nature des environnements mobiles, l'utilisateur cherche à accéder à des services personnalisés en tout point de connexion. Ainsi, la fourniture et l'exécution des services doivent nécessairement prendre en compte le contexte de l'utilisateur et ses besoins pour une qualité de service acceptable.

L'adaptation dans le contexte de ce projet est donc la capacité d'harmoniser le potentiel d'un service avec son environnement. Il s'agit simultanément de la prise en compte du contexte d'exécution (les capacités du terminal, les ressources réseau...) et les fonctionnalités requises par l'utilisateur pour une bonne exploitation des services.

L'étude et l'analyse de cette adaptation ont nécessité le développement des points suivants:

III.1.2.1 – Adaptation de comportement

Un exemple d'adaptation de comportement est la décomposition de services: l'accès au service de présentation des alarmes à un médecin peut dépendre du niveau de risque. Dans le cas d'un haut risque (tachycardie par exemple...), le service de recherche des alarmes va retourner le type d'alarme correspondant qui identifie le niveau de risque. Cependant, si ce patient est normal, le service de recherche va renvoyer d'autres types d'alarme identifiant ce niveau.

III.1.2.2 – Adaptation de contenu

L'adaptation de contenu peut être illustrée par la modification du type ou du format des données aux capacités du terminal ou aux capacités du réseau utilisé pour la transmission actuelle.

III.1.2.3 – Adaptation de présentation

Elle garantit un affichage de données adéquat aux préférences de l'utilisateur et à la taille de l'écran du terminal utilisé [106]. Dans ce contexte, un outil de génération automatique d'interfaces graphiques où l'utilisateur choisit les services qu'il veut avoir ainsi que la forme d'affichage des données issues de ces services.

III.1.3 – Transmission des données

La troisième étape du projet consiste à trouver les meilleurs moyens pour le transfert des données médicales et les résultats du diagnostic aux différents acteurs médicaux mis en jeu. Ce transfert entre des équipements hétérogènes (terminal mobile, capteurs sans fil, serveur...) fait appel à un grand nombre de technologies, qu'il va falloir étudier et tester de manière à évaluer la technologie la plus adaptée à ce projet.

Pour cela, nous séparons cette étude en trois sections.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

III.1.3.1 – Transmission par réseaux de capteurs

Les capteurs sans fil sont des petits dispositifs électroniques qui peuvent être de simples senseurs jusqu'à des petits calculateurs capables de capter une information, la modifier, la stocker et la transmettre à une station de base ou à un autre capteur.

Pour réaliser un tel réseau de capteurs sans fil, plusieurs technologies peuvent être utilisées, *Bluetooth* (norme: *IEEE802.15*), *Wi-Fi* (norme: *IEEE802.11b*), etc. Le choix entre ces normes dépend essentiellement de plusieurs caractéristiques comme la consommation d'énergie, la possibilité de réaliser des réseaux ad hoc, la simplicité d'interfaçage avec une telle plateforme...

Par rapport à la plateforme envisagée pour la *télémédecine*, les capteurs sans fil portés par la personne (*BAN*), forment un support sans fil de type *PAN*. Ils transmettent sur de courtes distances les mesures prises du patient courant à travers ces types de technologies.

La particularité des réseaux de capteurs se situe dans le routage et l'économie d'énergie de la couche réseau. Les protocoles de routage actuels utilisent des métriques (nombre de sauts, stabilité des liens) qui n'optimisent pas forcément l'énergie des nœuds ainsi que celle du réseau et ce par l'utilisation de quelques nœuds plus que d'autres. En effet, les protocoles de routage avec conservation d'énergie doivent déterminer les routes optimales en se basant sur des métriques liées à l'état énergétique des nœuds. Dans ce sens, de nombreux protocoles sont proposés [107], [108].

III.1.3.2 – Transmission par téléphone portable

L'assistant de notre plateforme est dans notre cas un Smartphone. Il exploite deux modes de transmission:

A – Transmission entre deux terminaux mobiles

Il n'existe pas énormément de possibilités. En effet, il est possible d'envoyer des *SMS*, des *MMS* et des e-mails. Les plus répandus sont les e-mails et les *MMS*. De plus, ces deux possibilités se révèlent plus sophistiqués que les autres. Elles permettent d'envoyer toute sorte de documents électroniques (texte, image, son...).

A.1 – Service SMS

Le *SMS* est un service de messages court, disponible sur réseau *GSM*. Il permet à un usager de composer sur un téléphone mobile, un message textuel et de l'envoyer à un autre téléphone mobile. Ces messages peuvent contenir au plus 160 caractères qui sont codés à l'aide d'*ASCII* 7 bits sur 140 octets. Leur format (Fig.III.1) est défini par une recommandation de *GSM* [109]:

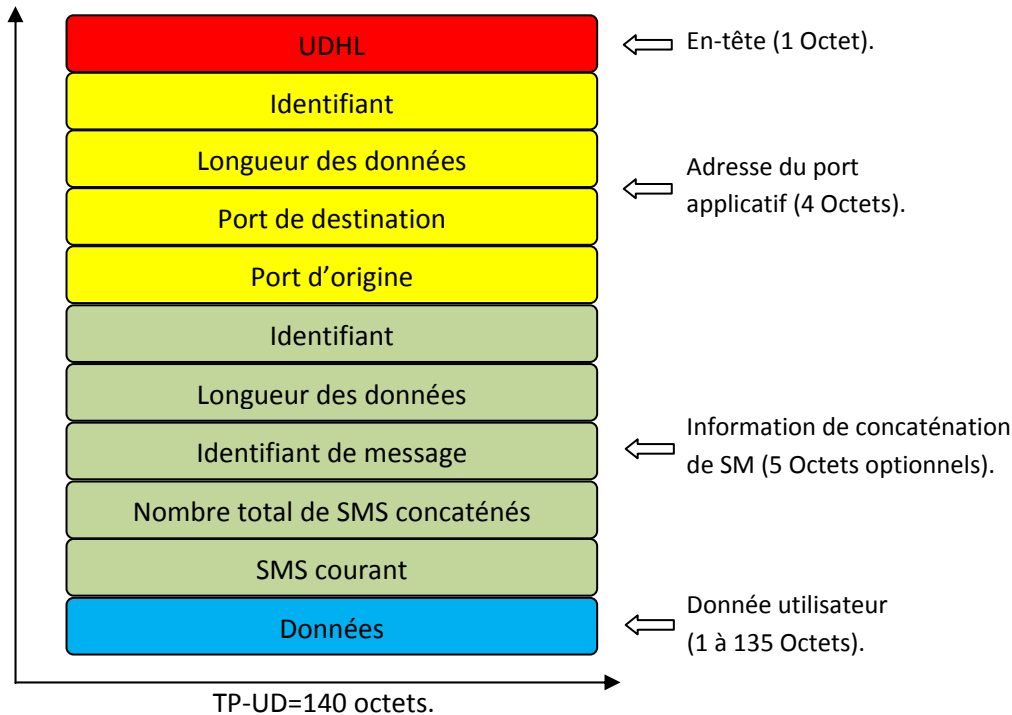


Fig.III.1 – Format de message SMS

Comme on peut le voir dans le format du message (Fig.III.1), les SMS possèdent un numéro de port. Ce numéro a exactement le même rôle qu'un numéro de port dans *TCP* ou *UDP*. Il sert à différencier l'application destinataire sur un téléphone. Ainsi, plusieurs applications peuvent utiliser le service *SMS* sur un même téléphone et cela sans risque de voir leurs messages se mélanger.

A.2 – Service MMS

Le service *MMS* est un média de communication utilisé par les téléphones mobiles. Ce média avait pour objectif d'aller au-delà de ce qui était possible avec le *SMS*. C'est un service qui peut à première abord être considéré comme le successeur du *SMS*.

Mais si on étudie un peu plus profondément ce service, on se rend compte que *MMS* est bien plus complet et du même coup plus compliqué que le service *SMS*. Là où les *SMS* étaient principalement utilisés pour une communication de téléphones portables à téléphones portables, les *MMS* dépassent largement ce cadre et sont destinés à une utilisation beaucoup plus étendue (Fig.III.2). Les grandes différences entre ces deux services sont, premièrement le contenu qui peut être transmis et deuxièmement les acteurs qui vont l'utiliser.

A.2.1 – Contenu

Le contenu des *MMS* ne se limite pas aux 160 caractères des *SMS*, il est destiné à véhiculer un contenu multimédia. Ces messages multimédias sont encodés de manière à pouvoir être lus comme des petites présentations qui enchainent les affichages des éléments du message, un peu comme le fait une présentation PowerPoint.

A.2.2 – Acteur

Certes on peut toujours envoyer ces messages du téléphone portable à un autre, mais les *MMS* sont prévus aussi pour d'autres utilisations telles que des envois commerciaux, des communications avec des serveurs, etc. Beaucoup de services multimédias commencent à utiliser les *MMS* comme vecteurs de communication, on cite les services météo et touristiques, les services de divertissement... Ainsi, les *MMS* peuvent être envoyés depuis un nombre de sources très variées et passer par de nombreux intermédiaires tels que des serveurs web, serveurs d'autres opérateurs, ainsi qu'une multitude de terminaux différents comprenant *PC*, Agenda électronique, Smartphone, etc.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

A.2.3 – Les interfaces du service MMS

Face à cette multitude d’acteurs, il faut garantir la compatibilité des nombreuses interconnexions. Pour cela des interfaces ont été définies (Fig.III.2).

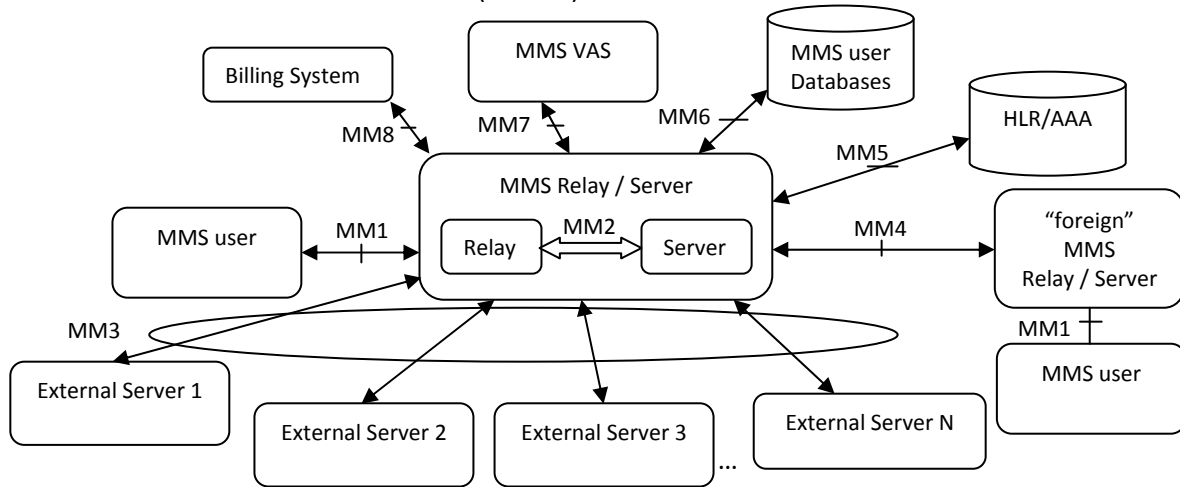


Fig.III.2 – Les interfaces du MMS [110]

On entend par interface, la spécification des communications entre deux entités [26]. Ces interfaces séparent les spécifications en huit «sous-normes» nommées *MM1*, *MM2*..., jusqu’à *MM8*. La figure (Fig.III.2) met en évidence le champ d’activité de chacune de ces interfaces. La partie centrale est composée d’un relais (*Relay*) et d’un serveur (*Server*), nommée *MMSC*. Par exemple pour une transmission entre deux serveurs *MMSC* on utilise la norme *MM4*, entre un téléphone portable et un serveur *MMSC* se sera la norme *MM1* et ainsi de suite...

Interface MM1

L’interface qui nous intéresse le plus est *MM1*. Cette interface définit la spécification des communications issues des terminaux mobiles, car c’est elle qui décrit comment envoyer un *MMS* depuis un téléphone portable. Les informations officielles concernant cette interface sont disponibles dans deux documents publiés par *3GPP* [110], [111]. Ces deux parties bien distinctes sont premièrement la structure du message, c’est-à-dire la manière dont il est codé et deuxièmement, sa transmission, ce qui signifie les protocoles utilisés ainsi que l’ordre des messages.

Interface MM7

Cette interface est définie par la spécification *TS 23.140* du *3GPP*, relative aux fonctionnalités *MMS*. *MM7* un autre type de communication qui est cette fois la communication entre un client *http* et un serveur *MMSC*. Elle s’appuie sur l’envoi de messages utilisant le protocole *SOAP-attachments* (une abstraction du modèle *SOAP*), exploité pour transmettre des messages *XML* avec des pièces jointes. Il est donc possible à l’aide de cette interface d’envoyer des messages *MMS* non plus uniquement depuis un téléphone portable, mais depuis n’importe quel client *http*.

A.3 – Utilisation du SMS et MMS en J2ME

L’envoi et la réception de *SMS* ou *MMS* n’est pas directement une fonctionnalité du profil *MIDP* (packages *API*). Cela se comprend, car certains appareils compatibles *MIDP* n’ont pas la possibilité d’envoyer de tels messages. Pour pouvoir utiliser ces services, il faut que le terminal supporte le package optionnel *WMA*. Grâce à la librairie fournie par *Sun* la compatibilité qu’avec peu de téléphones portables modernes n’est garantie.

B – Mobile et serveur (base de données)

Ceci implique l’existence d’une connexion *http* entre l’outil de diagnostic qui est dans ce cas le terminal mobile et le serveur de la base de données via une passerelle *WAP* pour le transfert des résultats de diagnostic final.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

Ce transfert est basé sur une communication *WSP/http* [25]. Comme son nom l'indique Wireless Session Protocol, couche session permet de définir les paramètres de connexion pour effectuer des transactions. Elle permet ainsi à la couche application de bénéficier de deux types de sessions différentes :

- Session orientée connexion où la couche session va interagir avec la couche transaction.
- Session orientée non-connexion où la couche session va directement agir au niveau de la couche transport pour l'envoi de datagrammes bruts.

WSP est dans son ensemble l'équivalent du protocole *http* (dans sa version 1.1). On retrouve d'ailleurs un bon nombre d'implémentations identiques au *http* dans *WSP*.

Là aussi, il existe deux possibilités. On peut transférer les informations nécessaires par une connexion réseau sur un serveur (base de données) ou par e-mail.

B.1 – Connexion réseau sur un Serveur de la base de données

Cette partie ne nécessite pas d'étude particulière, si ce n'est la recherche des librairies et les paquetages nécessaires qui permettent une telle manipulation d'une base de données à distance (*MySQL* par exemple).

B.2 – Courrier électronique

C'est la possibilité de transférer les mesures et les résultats obtenus sur *Internet* par e-mail. Ce service, qui fonctionne un peu comme le service de courrier réel, est basé sur l'utilisation de deux protocoles principaux: *SMTP* et *POP*.

POP étant utilisé pour consulter le courrier reçu, il ne sera pas abordé dans cette partie. Par contre le protocole *SMTP* qui est à la base de tout envoi de courrier électronique nécessite un développement.

B.2.1 – SMTP

Le transfert du courrier par le protocole *SMTP* se fait d'un serveur à un autre en connexion point à point. Il s'agit d'un protocole fonctionnant en mode connecté, encapsulé dans une trame *TCP/IP*.

Le courrier est remis directement au serveur de courrier du destinataire. *SMTP* fonctionne grâce à des commandes textuelles envoyées au serveur *SMTP* (par défaut sur le port 25). Chacune des commandes envoyées par le client (validée par la chaîne de caractères *ASCII*, équivalent à un appui sur la touche entrée) est suivie d'une réponse du serveur *SMTP* composée d'un numéro et d'un message descriptif [24].

Exemple

Ce protocole est extrêmement simple, voici donc un exemple d'envoi d'un e-mail: [26]

- Début de communication avec le serveur *SMTP*, la commande *HELO* permet de signaler :

```
HELO there
```

- Définition de l'adresse de l'expéditeur du mail.

```
MAIL FROM: expediteur@domaine.com
```

- Définition de l'adresse du destinataire.

```
RCPT TO: destinataire@domaine.com
```

- Transmission du corps du mail.

```
DATA Corps du mail
```

- Sortie du serveur *SMTP*.

```
QUIT
```

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

B.2.2 – Format du message

Le format d'un message e-mail est défini par la spécification *RFC 822* [112]. On peut distinguer deux types de message: les messages «*Mono-Contenu*» et «*Multi-Contenu*».

Dans le premier type de message, quelques champs d'en-tête peuvent être spécifiés, mais ne sont pas obligatoires. Ces champs sont par exemple «*Return-Path*», «*Received*», «*Date*», «*From*», «*Subject*», «*Sender*», «*To*», «*CC*»..., suivi du message texte.

A propos des messages à contenu multiple, ils sont utilisés lorsque le message doit contenir plus qu'un élément. Par exemple si l'on veut transmettre un message ainsi qu'une image et un fichier *HTML*.

Pour envoyer un tel message, le champ d'en-tête doit contenir trois lignes supplémentaires. Ces trois lignes précisent :

- La version du type *MIME* utilisé (voir point **B.2.3**).
- Le type du message.
- La chaîne de caractères qui sera utilisée pour séparer deux parties.

B.2.3 – Les types MIME

Les types *MIME* sont un standard créé pour permettre d'étendre les possibilités du courrier électronique. Ces types permettent d'insérer des documents (images, sons, textes...) dans un courrier qui était réservé au départ à la transmission de texte.

La syntaxe d'un type *MIME* est définie comme suit :

```
Content-type: type mime principal/sous type mime
```

Une image *GIF* a par exemple le type *MIME* suivant :

```
Content-type: image/gif
```

III.2 – Les concurrents de l'outil de simulation sans fil J2ME

Il est évident qu'avec l'ampleur, que cette technologie a pris dans le monde des terminaux sans fils, Sun se retrouve en concurrence directe avec d'autres plateformes que nous allons présenter globalement dans cette partie. Ainsi, une étude comparative sera menée, entre les plateformes les plus utilisées et à ressources limitées, avant de justifier le choix de *J2ME*. Parmi ces plateformes, nous citons:

III.2.1 – Microsoft .net

Cette plateforme a proposé une solution permettant de développer des applications complètes pour les terminaux mobiles. Elle s'est inspirée de la technologie *.NET* pour les micro-ordinateurs standards. *Microsoft .NET* est un outil de génération des interfaces utilisateurs avec un ensemble de composants graphiques permettant une haute interaction avec l'utilisateur et les serveurs de traitement distants.

Ces interfaces graphiques posent le problème de dépendance complète de la plateforme *Microsoft* [113]. Par conséquent, il faut disposer du système d'exploitation *Windows CE* sur le terminal mobile pour pouvoir exploiter ces applications, donc c'est une solution propriétaire. En outre, *Microsoft .NET* permet de générer seulement une partie du code, ainsi on aura toujours besoin d'un développeur (Expert) pour avoir des interfaces graphiques fonctionnelles complètes. Un autre point important concernant cette plateforme, c'est qu'elle n'est pas open source contrairement à la plateforme *J2ME*.

III.2.2 – Binary Runtime Environment for Wireless (BREW)

Binary Runtime Environment for Wireless est un système d'exploitation développé par Qualcomm, comparable à *Symbian* ou à *PalmOS*, dédié aux téléphones mobiles. *BREW* est destiné spécifiquement aux applications sans fil pouvant être téléchargées et exécutées sur les terminaux mobiles. Cet environnement est mis gratuitement à la disposition des fabricants d'appareils *CDMA*. Il

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

ressemble beaucoup à la machine virtuelle de *Java*, à la différence près qu'il n'est pas conçu pour assurer la portabilité d'un appareil à l'autre. Cette plateforme d'application offre un *kit SDK* qui comprend des outils de développement, une documentation, des *API*, etc., et un système de distribution *BREW*.

D'un point de vue conceptuel, *BREW* agit comme une couche placée en dessous de la *JVM*; il est alors possible de développer des applications *Java* qui peuvent être téléchargées et exécutées sur des appareils compatibles *BREW* au moyen de *BDS* [113].

Globalement, *BREW* n'est pas très différent de *Java*. Pour l'utilisateur, il présente une similitude dans l'exécution des applications; pour le développeur, un modèle de développement plus ou moins similaire. Toutefois, certaines distinctions doivent être faites entre ces deux technologies. Cet environnement, à l'inverse de la plateforme *J2ME* qui vise les appareils grand public et intégrés, cible exclusivement les appareils sans fil. En conséquence, il est davantage polyvalent dans le domaine de la téléphonie mobile mais, en contrepartie, il manque de portabilité.

Les deux technologies (*BREW* et *J2ME*) offrent aux développeurs des possibilités intéressantes pour tirer profit de la convergence du sans fil et de l'*Internet*. Si les développeurs *Java* peuvent considérer que *J2ME* est la meilleure option pour un large éventail de petits appareils grand public, *BREW* présente des avantages certains pour les téléphones sans fil.

III.3 – Présentation des systèmes d'exploitation utilisés dans les appareils sans fil (*Wireless*)

Il est intéressant de dresser un tableau comportant différents systèmes d'exploitation disponibles dans les appareils sans fil (*Wireless*). Dans notre cas, on se limitera à l'énumération des systèmes d'exploitation des téléphones portables, en raison de notre intérêt pour ce genre de terminaux et étant donné que la palette des systèmes d'exploitation pour les assistants numériques personnels est assez réduite. Dans un second temps, les systèmes d'exploitation les plus répondus que l'on retrouve sur ces appareils seront présentés. Il est aussi nécessaire de préciser que le contenu de cette section n'est pas représentatif de tous les systèmes et tous les fabricants existants. Le contenu se limite aux systèmes plus ou moins récents et ne tient pas compte des systèmes propriétaires de chaque fabricant, qui tendent à disparaître d'ailleurs.

III.3.1 – Téléphone portables

Comme le montre la figure (FIG.III.3), il existe une panoplie de téléphones mobiles mis sur le marché par plusieurs constructeurs, ce qui permet la commercialisation de ces produits à des coûts extrêmement compétitifs.



FIG.III.3 – Le marché des téléphones portables

Le tableau (TAB. III.1) montre les différents systèmes d'exploitation pour téléphones mobiles, que chaque fabricant utilise dans ses différents appareils. On peut constater assez rapidement que

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

Symbian OS est utilisé par quasiment tous les fabricants de téléphones portables. Le tableau (TAB. III.1) se limite à l'énumération des systèmes d'exploitation récents.

Nokia	Motorola	Samsung	Siemens	Sony Ericsson	Panasonic	Sagem	Philips	Fujitsu
- Symbian OS - Nokia OS - GEOS	- Symbian OS - Wisdom - Windows Mobile	- Symbian OS - Palm OS - Windows Mobile	- Symbian OS - Palm OS - Windows Mobile	- Symbian OS - Windows Mobile	- Symbian OS - Windows Mobile	- Symbian OS - Windows Mobile	- Inferno - Personal Java	- Symbian OS

TAB. III.1 – Les différents systèmes d'exploitation que chaque fabricant utilise

III.3.2 – Symbian

Symbian est une évolution historique du système d'exploitation *EPOC 32* porté sur les téléphones portables (voir TAB. III.1). Apparu en premier sur des organisateurs de poche, par exemple, les *Psions*, *Symbian* a su s'imposer comme le système d'exploitation le plus utilisé actuellement dans les nouveaux téléphones portables. Ce dernier a vendu sa part à *Nokia* et *Psion* en Septembre 2003, pour retrouver son indépendance et proposer des téléphones utilisant aussi bien *Symbian* que les OS de *Microsoft* ou même dérivés du noyau *Linux*.

Ces dernières années, *Nokia* a obtenu les parts que la société britannique *Psion* détenait dans le consortium *Symbian*. *Nokia* devient ainsi l'actionnaire majoritaire de *Symbian* qui commercialise le système d'exploitation pour les téléphones les mieux implantés du marché [26].

L'interface graphique de *Symbian* est modulable à souhait, ce qui permet aux fabricants de différencier leurs produits, tout en gardant la tâche aisée pour les développeurs. Ces derniers peuvent choisir d'écrire des applications pour des appareils à clavier numérique, écran tactile ou encore ceux à clavier complet et écran large.

Symbian OS supporte différents langages de programmation, le développeur a le choix de programmer ses applications en *C++*, *Java*, *OPL* et *.NET*...

III.3.3 – Savaje

SavaJe OS, est développé en partenariat avec *SUN*. Cette solution indique que la machine sera puissante car son OS sera entièrement dédié au *Java*. Ceci permet à *SavaJe OS* de supporter l'ensemble des bibliothèques *J2SE* et non pas seulement les bibliothèques *J2ME*.

SavaJe OS n'est pas une simple machine virtuelle, mais un système d'exploitation complet qui met à disposition un API *J2ME* incluant *MIDP 2.0*. En outre, ce système d'exploitation intègre les technologies *JTWS* et *PBP*, un ensemble complet d'applications *Java*, une interface utilisateur personnalisable et un ensemble complet de fonctions de sécurité incluant les certificats et le cryptage des données [114]. Par conséquent, on pourrait avoir tendance à croire que *savaJe* est lent, le fait que les applications sont entièrement en *Java*. Mais, les applications *Java* interprétées par la machine virtuelle sur un système d'exploitation conventionnel, donnent les meilleures performances. Ainsi, l'efficacité du système d'exploitation *SavaJe* est due à un usage significativement réduit de la mémoire. Cela, contribue évidemment à une meilleure performance et à une durée de vie des batteries plus longue. Ce système fournit une interface riche pour une programmation capable de soutenir des applications avancées.

III.3.4 – Palm OS

L'existence principale de *Palm OS* a toujours été la facilité d'utilisation légendaire de ce système d'exploitation. *Palm OS* propose de nouvelles avancées sans pour autant sacrifier la facilité d'utilisation, la souplesse et l'ouverture qui ont fait la renommée des appareils utilisant *Palm OS*. Cependant, les utilisateurs peuvent bénéficier d'une prise en charge intégrée des processeurs compatibles *ARM*, *Palm OS* peut accélérer les logiciels les plus pointus, notamment le traitement de graphismes complexes et la gestion de bases de données volumineuses [114]. Il peut être intégré aux applications ainsi qu'aux systèmes de sécurité d'entreprise.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

III.3.5 – Microsoft Windows CE

Windows CE, développé par *Microsoft Corporation*, est destiné aux systèmes embarqués. Ce système s'est présenté à l'origine par de versions spécifiques pour de nombreux matériels comme les *PDA*, les automobiles, les téléphones portables, etc. *Windows CE* est la version pour assistant numérique personnel du système d'exploitation *Windows* pour *PC*. *Microsoft* divise les appareils sur lesquels tourne *Windows CE* en trois classes qui requièrent chacune son propre environnement de développement. Ces dernières fournissent un émulateur sur lequel les applications peuvent être testées sans avoir pour autant un appareil.

La plateforme *Windows Mobile* est la plus répandue pour les appareils mobiles incluant les *PDA*. *Windows CE .NET*, quant à lui, cible une plus large palette de dispositifs embarqués. Étant donné le choix de dispositifs embarqués pouvant être créés en utilisant *Windows CE .NET*, il n'y a aucune condition normalisée de matériel ou de logiciel.

Plus de détails, concernant les deux plateformes *Windows CE .NET* et *Windows Mobile*, sont donnés en référence [114].

En résumé, les Smartphones en général, se partagent en deux familles utilisant des systèmes d'exploitation différents. On trouve d'un côté *Symbian OS* développé par *Symbian Ltd* et, de l'autre, *Windows Mobile* développé par *Microsoft*. *Symbian* et *Microsoft* ont su imposer leurs systèmes d'exploitation en se concentrant sur la gestion des foisonnantes technologies de communication qui convergent dans un téléphone mobile. *Symbian OS* se distingue par une simplicité et une stabilité éprouvées, alors que *Windows Mobile* oppose une compatibilité accrue avec *Windows XP* et des fonctions plus sophistiquées.

III.4 – 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 plateforme de fourniture de services de *télé médecine*. Mais, cette analyse a surtout révélé certains choix effectués selon nos besoins, nos moyens et notre contexte.

Après avoir étudié les différentes technologies, standards et protocoles disponibles dans le monde des communications sans fil et les environnements mobiles, un bilan d'analyse a été défini pour chaque étape de cette thèse suivant un cahier de charge adapté.

III.4.1 – Support de transmission sans fils

En termes d'exploitation des données envoyés par un réseau de capteurs sur un téléphone portable qui les traite par des algorithmes spécifiques et transmet ensuite les résultats du diagnostic aux dispositifs du praticien traitant à distance, la solution la plus adaptée consiste en de simples téléphones portables (*Middleware*) liés par deux systèmes de transmission différents: un réseau de capteurs sans fil (*PAN*) utilisant la technologie *Bluetooth* ou *ZigBee* et un système étendu *GSM/GPRS*.

III.4.1.1 – Technologie PAN: Bluetooth

Le choix entre les normes qui peuvent être exploités par le réseau de capteurs, dépend essentiellement de plusieurs caractéristiques comme la consommation énergétique, la possibilité de réaliser des réseaux *ad hoc*, la simplicité d'interfaçage avec notre plateforme. La technologie *Bluetooth* pour le support *PAN* (entre le réseau de capteur et le Smartphone) a été choisie pour les raisons suivantes:

- Simplicité d'interfaçage: les couches inférieures de notre plateforme ne sont pas modifiées.
- Moins de consommation d'énergie par rapport *Wi-Fi*.
- Offre une interface de type série.
- Offre un débit important.
- Topologies de réseaux comme «*PICONET*» ou des «*SCATTERNET*» pourront être réalisées.
- Sécurité robuste.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.**A – API Bluetooth**

En outre de ces caractéristiques, concernant l'outil de simulation sans fil exploité, l'*API Bluetooth* de *J2ME* est définie en *JSR-82*. Elle a été implémentée pour fonctionner sur une configuration *CLDC* en surcouche au profile *MIDP* dont elle utilise le Framework générique de connexion. Elle définit deux packages: *javax.bluetooth* qui contient le corps de l'*API Bluetooth* de communication et *javax.obex* pour le protocole d'échange d'objets *OBEX* [115].

B – Fonctionnement

Cette *API* fonctionne sur le modèle *client/serveur*. Un serveur crée et déclare des services auxquels les clients peuvent venir se connecter afin d'engager une communication. Une communication *Bluetooth* se décompose donc en 5 parties: l'initialisation de la pile *Bluetooth*, la gestion et la configuration des périphériques, la découverte des périphériques serveurs pour les clients, la découverte de services sur le périphérique serveur et enfin la communication en elle-même. Cette technologie est très utilisée en *télé médecine*.

Remarque: Les détails concernant les équipements et les parties soft de la plateforme proposée sont présentés en **Annexe D**.

III.4.1.2 – Technologie d'accès mobile

L'exploitation du canal *GSM/GPRS* nous a permis de transmettre les données médicales du patient entre les acteurs médicaux (commutation de circuit/commutation de paquet). 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 données médicales traitées dans le cadre des travaux de notre thèse.

III.4.2 – Communication via réseau radio mobile

Le standard *MMS* qui est activé aujourd'hui par les *PLMN* (les opérateurs) pour le transport du multimédia est le plus adapté dans ce cadre. Ce choix est justifié par les caractéristiques suivantes:

- ❖ Le protocole *MMS* est implémenté dans les packages optionnels du *J2ME*.
- ❖ Une large gamme d'utilisation.
- ❖ Un contenu important multimédia pouvant être transmis.

III.4.3 – Communication via Internet**III.4.3.1 – Protocole http**

Le choix du protocole *http* est dicté par les caractéristiques suivantes:

- ❖ *http* est obligatoirement implémenté sur tous les terminaux *MIDP* (*J2ME*).
- ❖ *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 [61].

Remarque: La version *https* de ce protocole peut être exploitée pour échanger et communiquer des informations confidentielles entre les acteurs médicaux.

III.4.3.2 – Les Servlets

Servlet est une technologie qui a été développée par *Sun*. Elle a pour rôle de gérer les données dynamiquement. Elle est en quelque sorte des applets, mais s'exécutant du côté serveur cette fois. Il est possible alors de gérer les requêtes *http* qui parviennent au serveur hôte et cela avec du code *Java*, alors que généralement on aurait utilisé un *script PHP* ou *ASP*. L'exploitation et l'utilisation de *Servlets* a plusieurs avantages, mais le principal à mon avis concerne la possibilité d'utiliser toutes les classes *Java*.

LE DÉPLOIEMENT DES SERVICES SUR LES TERMINAUX MOBILES.

A – Utilisation

Afin de développer une *Servlet* fonctionnant avec le protocole *http*, il suffit de créer une classe *javax.servlet.http.HttpServlet*. Suivant le type de la requête que l'on désire traiter (*GET* ou *POST*), il suffit de définir la méthode adéquate:

```
void doGet(HttpServletRequest r, HttpServletResponse p)
```

Ou :

```
void doPost(HttpServletRequest r, HttpServletResponse p)
```

En interrogeant le paramètre *r* de la requête, nous pouvons obtenir les valeurs des variables que le client a transmis. C'est comme cela que nous allons lire les données et les informations médicales. Pour donner une réponse au client, il faut la définir en modifiant le paramètre *p* de la réponse.

B – Modèle

Le conteneur de *Servlets* est le programme responsable du chargement, de l'initialisation, de l'appel et de la destruction des instances de *Servlets*. Il stocke toutes les données dans un objet et il crée également une instance d'un objet. Ce dernier encapsule la réponse qui sera envoyée au client. Le conteneur appelle ensuite une méthode de la classe de la *Servlet*, en lui passant les objets requête et réponse. La *Servlet* traite la requête et renvoie la réponse au client correspondant [116].

III.4.4 – Outil de développement

Des outils de *Java* ont été implémentés sous l'environnement *NetBeans IDE*.

Un outil de simulation *Sun Java™ Wireless toolkit (J2ME)* a été exploité pour examiner toutes les communications sans fil possibles. Il permet d'exécuter toute sorte d'applications sur des dispositifs à faible ressources de calculs tels qu'un téléphone portable.

Donc, le choix du *Java* est justifié par les problèmes suivants associés au codage en *C++* sur le système d'exploitation *Symbian*:

- Management de la mémoire : pour la majorité des applications le système *Java* semble être suffisant.
- Environnement d'exécution : les options proposées sur les exécutables *Java* comme les protections au téléchargement ou l'exécution sécurisée sont gratuites, alors qu'en *C++*, il faut les développer, les tester et les maintenir.
- Pérennité : *Java* semble avoir été accepté pour le développement d'applications sur les téléphones mobiles. Les développements futurs rendront *Java* peut être aussi rapide que le *C++*.

C'est donc pour ces raisons que *Java* a été choisie pour la réalisation des travaux de cette thèse. Mais il faut souligner que les deux environnements se valent plus ou moins, et qu'il aurait probablement été possible de travailler sur les deux plateformes et d'obtenir le même résultat.

III.4.5 – Système des terminaux

L'utilisation du système d'exploitation *Symbian* est généralement le plus répandu pour les terminaux portables de ressource restreintes et plus particulièrement pour *Nokia Smartphones* série N. 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 processeur éteint lorsqu'il ne traite pas directement des données. Il en découle une plus petite consommation d'énergie, donc une meilleure autonomie. Un autre avantage de *Symbian*, est l'exploitation d'un processeur de type *ARM* dans le cas de traitement. Il est puissant, à faible consommation énergétique et un nombre d'instruction limité.

III.5 – Conclusion et motivation de cette thèse

Pour conclure, la fourniture de services pour environnements mobiles est une problématique qui combine plusieurs travaux de recherche. La majorité des solutions existantes ne traitent pas tous les besoins et les services nécessaires d'un contexte sur les terminaux mobiles (téléphone portable...) et proposent des solutions uniquement partielles.

Nous avons présenté dans ce chapitre, un panorama des standards, technologies et protocoles liés à notre plateforme de fourniture des services sur les terminaux mobiles avec un bilan de l'analyse, justifiant les choix selon nos besoins et le contexte ciblé. Nous avons identifié et détaillé l'ensemble de ces technologies relatives au contexte. Ces technologies sont liés d'une part, à la mobilité et à l'hétérogénéité de ces systèmes et d'autre part, aux services implémentés. Nous avons abordé les principaux standards et protocoles mis en jeu et les plus utilisés dans notre contexte. Cette analyse effectuée nous a permis de bien comprendre, de cerner nos besoins et d'atteindre nos objectifs voulus par le bilan rédigé ci-dessus. Cette étape est indispensable avant de commencer les travaux de cette thèse. À travers cette analyse, nous nous sommes rendu compte des technologies et des standards qui peuvent être adaptés à notre plateforme selon leurs disponibilités et leurs efficacités.

La fourniture de services pour les environnements mobiles regroupe de multiples acteurs et partenaires dont les compétences sont diverses et nécessite donc le savoir-faire de plusieurs domaines. De ce fait, elle pose plusieurs défis techniques. La gestion de la mobilité, la localisation, la personnalisation, le déploiement des services, l'adaptation et la sensibilité au contexte sont autant de besoins nécessaires pour la création et la fourniture de services interactifs. Ces besoins nécessitent des techniques, des stratégies et des méthodes capables de déployer, gérer, implémenter et adapter dynamiquement et de manière transparente les services conçus. Ces stratégies et méthodes doivent supporter des nouvelles propriétés telles que la sensibilité au contexte et l'adaptation et doivent également fournir l'accès aux nouveaux services à valeurs ajoutées.

C'est pourquoi nous allons proposer, dans le chapitre suivant, les techniques, les méthodes et les stratégies qui permettent de répondre à nos besoins et palier les défis imposés. La plateforme proposée, traite essentiellement les problèmes liés à la conception et au développement des services à valeurs ajoutées sensibles au contexte de *télé médecine*. Ces problèmes concernent la gestion des ressources, la gestion et le déploiement des services, la sensibilité au contexte, l'échange d'informations contextuelles, les architectures des systèmes hétérogènes ainsi que l'adaptation des services et des applications au contexte mobile.

- [24] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *Éditions EYROLLES*, Paris, France, 2000.
ISBN: 978-2-212-09119-9.
<http://www-rp.lip6.fr/~pujolle/Documents/CVGP%20janvier%202009.pdf>
- [25] A. TANENBAUM, «Réseaux», *3eme Édition DUNOD*, 1996.
ISBN: 0133499456/0-13-349945-6.
<http://www.abebooks.fr/servlet/BookDetailsPL?bi=4774150740&searchurl=an%3Dtanenbaum%2BAndrew%26sortby%3D3>.
- [26] D. JEANMONOD, «MMSCam, pilotage à distance d'un téléphone MMS», *Rapport d'un travail de diplôme, Département d'électricité et d'informatique, Ecole d'Ingénieurs du Canton de Vaud*, France, 2003.
<http://www.iict.ch/HomePages/SRT/Rapport-Jeanmonod.pdf>
- [61] B. DELB, «J2ME, Application java pour terminaux mobiles», *Édition EYROLLES*, 61, Bld Saint-Germain, 75240 Paris, France, 2002.
EAN13: 9782212110845.
<http://www.eyrolles.com/Informatique/Livre/j2me-9782212110845>.
- [70] J. KNUDSEN, «Wireless Java Developing with J2ME», *Second Edition Apress*, 2003.
ISBN: 1590590775.
<http://apress.com/book/view/9781590590775>.
- [106] T. CHAARI, F. LAFOREST et A. FLORY, «Adaptation des applications médicales à des contextes multiples», *Journées Francophones d'Informatique Médicale, Laboratoire d'informatique en images et systèmes d'information LIRIS UMR CNRS 5205*, Lille, France, Mai 2005.
<http://liris.cnrs.fr/~flafores/articles/jfim05ChaariLaforestFlory.pdf>
- [107] M. Tommaso, P. Dario, F. A. Ian, «Optimal Local Topology Knowledge for Energy Efficient Geographical Routing in Sensor Networks», *INFOCOM, Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, Vol. 3, pp. 1705–1716, 2004.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.4747&rep=rep1&type=pdf>.
- [108] B. BOUYEDDOU, «Implémentation d'un protocole d'économie d'énergie EMM-DSR pour les réseaux ad hoc 802.11», *Thèse de Magister, Université Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algérie, Juin 2007.
- [109] European Telecommunications Standards Institute, «Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Technical realization of the Short Message Service (SMS); Point-to-Point (PP) (GSM 03.40 version 6.0.0)», *Draft en (GSM 03) V6.0.0*, F-06921 Sophia Antipolis Cedex – France, March 1998.
http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/03_series/03.40/0340-600.zip
- [110] «Wireless Application Protocol, Multimedia Messaging Service, Client Transactions Specification», *WAP 206 : WAP MMS Client Transactions*, 15 Janvier 2002.
<http://www.openmobilealliance.org/wapdocs/WAP-206-MMSCTR-20020115-a.pdf>
- [111] «Wireless Application Protocol, MMS Encapsulation Protocol», *WAP-209-MMSEncapsulation-20020105-a*, 05 Janvier 2002.
<http://www.openmobilealliance.org/wapdocs/WAP-209-MMSEncapsulation-20020105-a.pdf>
- [112] D. H. CROCKER, «Standard for the Format of ARPA Internet Text Messages», Department of Electrical Engineering, University of Delaware, USA, August 1982.
<http://www.w3.org/Protocols/rfc822/>
- [113] D. ZÉNI, «Présentation personnelle: Java 2 Micro Edition», *Document*, EIVD – EI5b, Février 2003.

<http://deptinfo.cnam.fr/Enseignement/CycleSpecialisation/IHM/annee89/presJ2ME.pdf>

[114] N. T. THINH, «Système d'exploitation pour les mobiles», *Rapport*, Institut de la Francophonie pour l'informatique, Hanoi, Vietnam, Juillet 2009.
http://www2.ifi.auf.org/rapports/tpe-promo14/tpe-nguyen_tien_thinh.pdf.

[115] A. N. KLINGSHEIM, «J2ME Bluetooth Programming», *Master's Thesis*, Department of Informatics University of Bergen, Norway, 30th June 2004.
<http://www.scribd.com/doc/53196675/J2ME-bluetooth-programming>.

[116] J-M. DOUDOUX, «Les servlets», *Cours Développons en Java: Chapitre 36*, 1999-2006.
<http://jmdoudoux.developpez.com/cours/developpons/java/chap-servlets.php>

Chapitre 4

Stratégie, méthodologie et implémentation de la plateforme proposée.

SOMMAIRE

IV.1 – Coût du système

IV.2 – Démarche incrémentale

IV.3 – Implémentation de la plateforme de fourniture des services

IV.4 – Implémentation du modèle

IV.5 – Conclusion

La mise en place d'une plateforme des services de santé est une démarche d'autant plus complexe qu'elle concerne des paramètres hétérogènes, corrélés, dans un contexte où différents types de connaissances sont disponibles. Nous décrivons dans ce chapitre la méthodologie suivie pour la concrétisation de la plateforme de déploiement de plusieurs services de *télé médecine*, en particulier des services de *télé surveillance* médicale, de *télé assistance*, d'identification de certaines pathologies de *télé diagnostic*, des algorithmes de classification...

PLATEFORME PROPOSÉE.**IV.1 – Coût du système**

Les évaluations des technologies de santé se proposent d'étudier le coût de la santé dans le bilan économique. Elles se limitent plus souvent à une simple comparaison entre les différents systèmes de soins en termes de simplicité, d'efficacité et plus particulièrement de coût global.

Dans notre travail et comme premier pas dans nos actions de recherche au sein du laboratoire *STIC*, nous proposons une architecture d'un système de transmission sans fil économique qui implémente des services mobiles de *télé médecine*. Notre travail se focalise autour de l'exploitation des terminaux mobiles pour des applications médicales. Dans cette vision, un simple téléphone mobile peut contribuer efficacement à une solution idéale pour notre plateforme.

IV.2 – Démarche incrémentale

La conception de la plateforme n'a de sens que dans la perspective globale du contexte et des objectifs de son utilisation. La méthodologie de développement doit en effet être considérée comme une étape d'une démarche plus générale de résolution d'un problème du suivi médical à distance (**Fig.IV.1**). La génération par la simulation de données appropriées au contexte de la décision en *télé médecine*, de même que la collecte de données dans un contexte expérimental, est guidée par le contexte et les objectifs généraux de la problématique des services de *télé médecine*. Cette définition du cadre du développement permet de bien spécifier et de limiter au minimum requis l'espace des données et des informations à prendre en compte dans la conception. L'objectif est de construire un modèle qui ne soit pas complexe mais juste nécessaire, ni trop simplifié par rapport aux objectifs d'utilisation des données qu'il génère. Les questions importantes à considérer pour concevoir un modèle bien adapté sont alors du type: quels sont les paramètres pertinents à intégrer dans le processus de simulation? Ou encore quel est le niveau de détail nécessaire dans les données générées? Une mauvaise adéquation, précision, manipulation, procédure d'adaptation des données simulées ou collectées expérimentalement aux objectifs de la décision, induit de mauvaises performances associées à la décision quel que soit le système de décision considéré. Un cycle supplémentaire dans la démarche de résolution du problème est alors nécessaire, afin de mieux répondre aux objectifs fixés.

La conception d'un processus de simulation doit ainsi prendre en compte les paramètres clés de la résolution de tout problème de *télé médecine*: (1) le niveau de performance exigé, (2) le niveau de détail nécessaire et (3) le niveau de connaissance disponible.

- (1) Le niveau de performance exigé intervient au moment de la validation des résultats du système proposé (les services de *télé médecine* proposés). Des résultats en adéquation avec les objectifs attestent d'une part de l'efficacité du système et d'autre part de la pertinence des données utilisées en entrée du système conçu et, par conséquent, de la validité des données produites par les algorithmes de calculs.

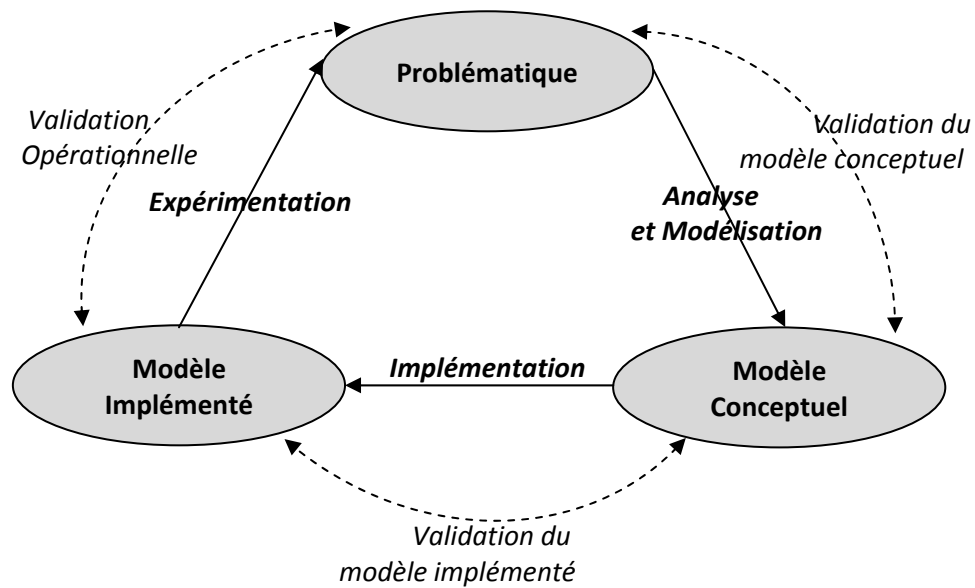


FIG.IV.1 – Les étapes de mise en place d'un service de la plateforme [117]

Au contraire, de mauvais résultats peuvent remettre en cause le processus de service ou d'expérimentation; ce qui engendre une utilisation inefficace de ce service et du système conçu.

- (2) Une question particulièrement critique pour la mise en place d'un processus des services adaptés aux performances exigées de la décision concerne le niveau de détail nécessaire.
- (3) Le développement de processus complexes nécessite d'appuyer la modélisation et la validation des données simulées sur une diversité des sources d'informations relatives aux différents concepts à intégrer dans le processus en exécution. Les sources d'informations disponibles incluent un ensemble de connaissances a priori et de données expérimentales.

IV.3 – Implémentation de la plateforme de fourniture des services

L'implémentation du modèle proposé pour la fourniture des services de santé (examiner toutes les communications sans fil possibles, le stockage et le traitement) est réalisée avec l'outil de simulation *Java™ Wireless toolkit for CLDC*. Pour des raisons tenant à l'évolution rapide de la technologie, il est toujours préférable d'éviter de réaliser des applications spécifiques à un type d'équipement mobile propriétaire (*Windows, Symbian, Palm/OS*). *J2ME* permet le développement d'application pouvant s'exécuter sur tous les mobiles compatibles. Il met à la disposition des systèmes portables la puissance et la modularité de la programmation *Java* et ce de façon adaptée aux caractéristiques des terminaux embarqués.

Les paragraphes suivants présentent (IV.3.1) Principe d'implémentation du modèle proposé, (IV.3.2) Structure globale de l'implémentation, (IV.3.3) Stratégie de la plateforme de fourniture des services.

IV.3.1 – Principe d'implémentation du modèle proposé

Étant donné la complexité entre la technologie du mobile et le nombre de paramètres du modèle qui doivent être définis a priori, une adaptation des données au contexte consiste à utiliser un ensemble de fichiers médicaux au format texte pour la définition des valeurs courantes exploitées pour la génération et des valeurs par défaut. L'assistant mobile implémenté se charge de récupérer et d'analyser le flux associés aux fichiers transmis à travers l'interface radio entre les différents acteurs médicaux et le téléphone portable de la plateforme des services. Ce modèle implémente une interface graphique intermédiaire sur le mobile permettant l'affichage, le traitement, le transfert non seulement des paramètres contenus dans les fichiers et les résultats d'analyse et de diagnostic

PLATEFORME PROPOSÉE.

obtenus mais aussi les alarmes identifiants le niveau de risque de la pathologie détectée. L'algorithme, une fois lancé, peut alors récupérer les valeurs issues de différents acteurs médicaux. A la fin de l'application, les résultats générés sont sauvegardés à distance sur une base de données auprès du médecin traitant et éventuellement affichés sur son écran. Quelques résultats pertinents sont stockés dans la mémoire de téléphone portable en cas d'une déconnexion réseau éventuelle. Pour cela, un test de connectivité réalisé périodiquement pour les équipements de liaison entre les acteurs médicaux juste avant le transfert des données utiles permet d'évaluer l'état des connexions réseaux.

L'envoi immédiat des alarmes générées sur le terminal mobile du médecin traitant, est assuré en cas d'une situation critique (le niveau de risque de la pathologie détectée, une crise cardiaque...).

La figure (Fig.IV.2) présente un schéma synthétisant le principe général de l'implémentation de la plateforme proposée.

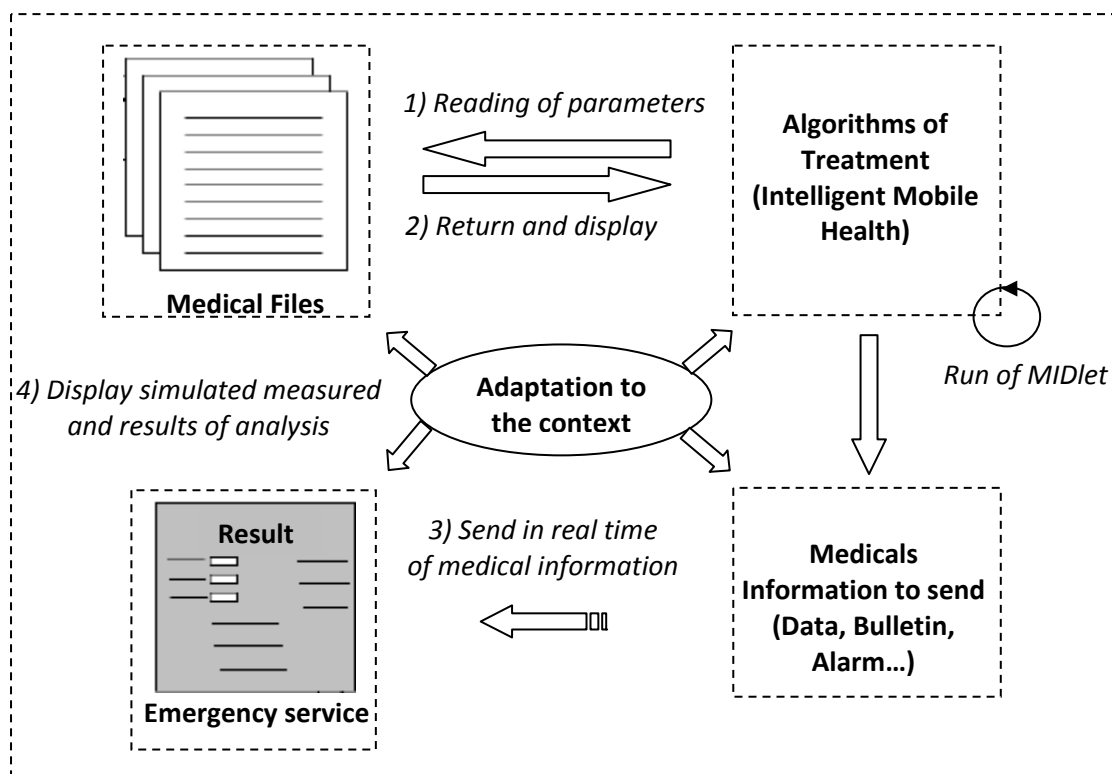


FIG.IV.2 – Principe de l'implémentation de la plateforme proposée

Les paramètres, les informations de contrôle et les signaux médicaux sont générés selon les séquences du modèle de simulation en cours d'exécution. Ils sont envoyés en temps réel aux équipements spécifiques des acteurs médicaux (une *Servlet* intermédiaire...), les alarmes sont générées en cas d'une situation critique sur le terminal mobile du praticien traitant.

PLATEFORME PROPOSÉE.

IV.3.2 – Structure globale de l'implémentation

La structure globale du Middleware implémenté est complètement séquentielle. Il s'agit d'appeler, l'une après l'autre, les fonctions réalisant les principales étapes du suivi médical et correspondant successivement à la génération des différents paramètres et signaux. Pour cela, des vecteurs de dimension fixe à remplir sont exploités afin d'optimiser la mémoire de stockage sur le téléphone et par conséquent une bonne gestion des ressources limitées. Ces paramètres et signaux concernent les mesures prises, la fréquence cardiaque moyenne, le signal *ECG*, etc. Chaque fonction appelée prend comme paramètre d'entrée les résultats de l'appel de la fonction précédente et fournit les résultats de son exécution à la fonction suivante.

La figure (**Fig.IV.3**) présente l'organigramme générale (l'enchaînement de méthodes implémentées) du modèle de la plateforme proposée pour le cœur du système (Smartphone):

^{IV.1} Teb: Représente la période d'envoi d'un capteur.

^{IV.2} Tes: Représente la période de repos d'un capteur.

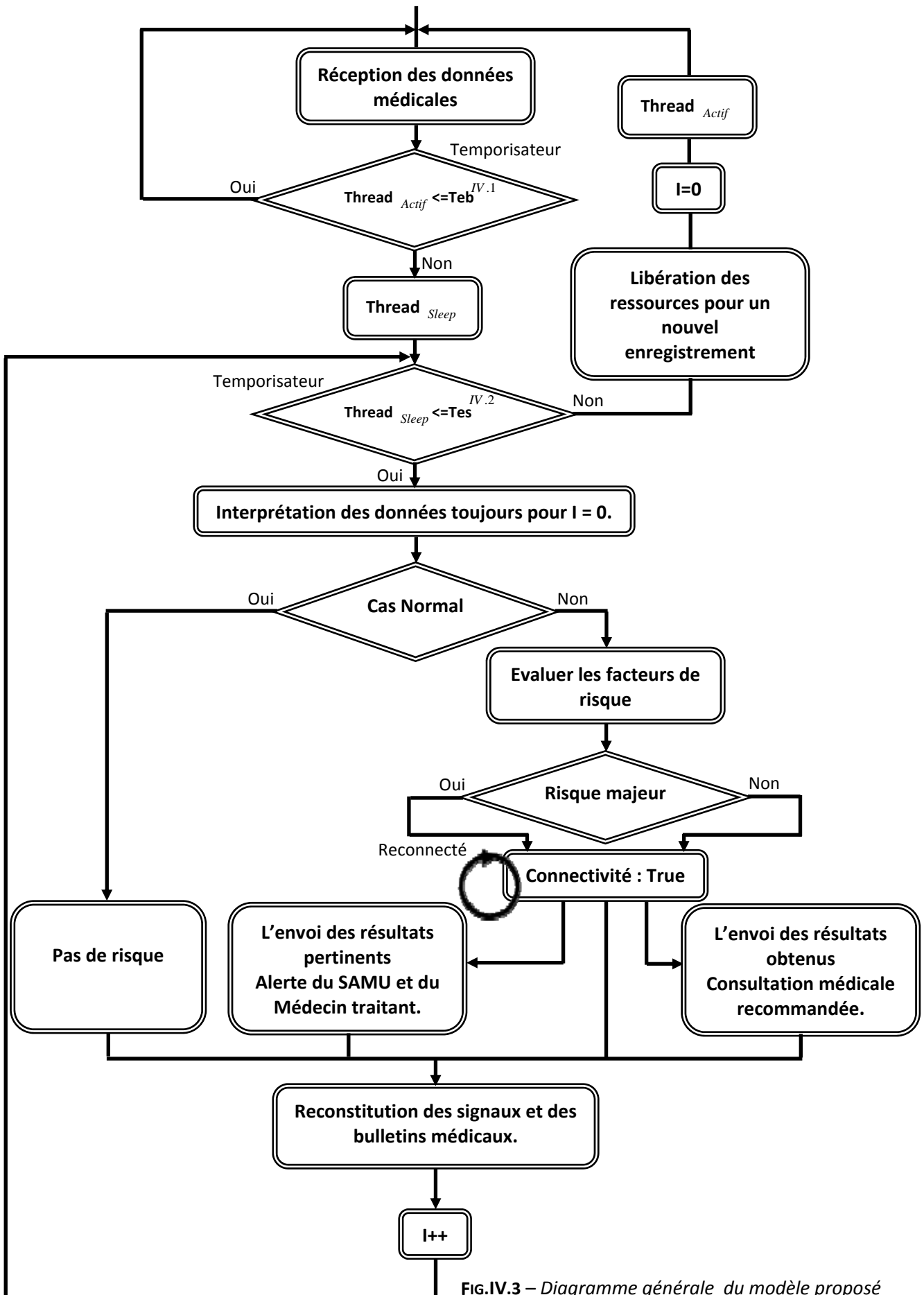


FIG.IV.3 – Diagramme générale du modèle proposé

PLATEFORME PROPOSÉE.

Les grandes étapes de l'exécution de l'assistant de *télé médecine* sont détaillées dans les prochains chapitres.

IV.3.3 – Stratégie de la plateforme de fourniture des services

Les applications médicales effectuent des traitements complexes tels que, la gestion de données à travers les capteurs portés par la personne ou via une base de données, le calcul numérique, etc. Ainsi, elles partagent et communiquent des données avec les utilisateurs finaux à travers une interface graphique sur des dispositifs d'affichages (téléphone portable, serveur...).

Ce type d'environnement présente une hétérogénéité importante, une grande variabilité et de nombreuses possibilités d'évolution, aussi bien au niveau des moyens d'exécution que des moyens de communication. En effet, les ressources offertes au niveau du terminal peuvent être extrêmement différentes selon qu'on utilise un assistant personnel, un ordinateur portable ou une station de travail. Dans ce contexte, selon, M. Satyanarayanan [59] «*l'adaptation est nécessaire quand il y a une disparité significative entre l'offre et la demande d'une ressource*».

Il est nécessaire donc d'implémenter une stratégie d'adaptation pour concevoir et développer des algorithmes en respectant ces contraintes pré-requis. Comme nous l'avons déjà vu auparavant, d'une façon plus générale, une adaptation de l'application à un ensemble de paramètres (type de terminal, état de connexion, utilisateur connecté...) doit être assurée pour garantir une utilisation et exploitation confortable du système.

L'interface graphique intermédiaire qui est dans ce cas l'écran du Smartphone (coté patient), permet de collecter, d'afficher, de stocker et d'analyser le flux reçu. Ensuite, elle transmet les informations médicales en temps réel aux différents acteurs médicaux, après une adaptation des données au contexte.

Notre stratégie d'adaptation consiste à exploiter pour les fichiers médicaux, des vecteurs de stockage de dimensions fixes relatives à la taille mémoire disponible sur le téléphone portable. Ce contenu est transmis séquentiellement par les capteurs ce qui conduit avec le temps à augmenter l'espace de stockage sur le terminal. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'une adaptation de ces mesures prises au contexte mobile. Cette adaptation consiste à récupérer et traiter régulièrement chaque 10000 échantillons dans un vecteur à écraser périodiquement, afin d'optimiser la mémoire pour le stockage des résultats pertinents en cas des déconnexions réseau, ce qui permet au médecin de revoir les archives de son patient. Les données médicales récupérées sur l'outil sans fil, sont analysées et exploités pour la caractérisation et la classification. Ainsi, le médecin est invité à consulter les derniers résultats de son patient pour prendre la décision la plus adaptée. Le diagnostic et le traitement complet pourront se faire à l'aide de l'implémentation des algorithmes de calcul sur le mobile du patient. Ils permettent de calculer les paramètres les plus significatifs nécessaires à l'analyse, la caractérisation, la classification et le repérage précis et continu de toutes les ondes caractéristiques d'un *ECG* pour les personnes cardiaques, ce qui permet de localiser précisément toutes les zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal du cœur sur les 24 heures d'enregistrement.

La plateforme de fourniture de services se focalise autour d'un terminal mobile entre les différents acteurs médicaux. Il permet non seulement des connexions *PAN* (technologie *Bluetooth*) sur des périmètres limités (Capteurs sans fil), mais aussi des communications *WAN* sur des zones plus larges. Ainsi, il faut l'interconnexion permanente de l'outil du suivi médical qui est dans ce cas le téléphone portable avec des équipements hétérogènes pour qu'ils puissent échanger leurs données. Pour cela, une méthodologie a été suivie afin de gérer, d'afficher, d'organiser et regrouper des données médicales hétérogènes sur le terminal mobile à l'envoi, incluant la distinction, le réassemblage, la construction et la récupération au niveau de la réception. L'adaptation du contenu consiste à transformer ou remplacer une ressource à envoyer au format allégé et plus adéquate (codage respectivement décodage). Elle peut être alors illustrée par la modification du type ou du format des données aux capacités du terminal ou aux capacités du réseau pour la transmission actuelle. L'adaptation de présentation garantit un affichage de données adéquat aux préférences de

PLATEFORME PROPOSÉE.

l'utilisateur et à la taille de l'écran du terminal utilisé [83]. Dans ce contexte nous avons développé une classe de génération automatique d'interfaces graphiques où l'utilisateur choisit les services qu'il veut avoir ainsi que la forme d'affichage des données issues de ces services. Notre générateur adapte ces interfaces au terminal utilisé.

Les processus du modèle proposé s'appuient également sur des techniques de programmation pour s'adapter non seulement aux ressources limitées mais aussi à l'hétérogénéité des informations générées. Il s'agit de transférer les données utiles redondées (avec ses répliques) pour minimiser le taux d'erreur de transmission. L'envoi est déclenché, si l'outil sans fil détecte un changement d'état, c'est-à-dire que les mêmes informations médicales ne sont transmises qu'une seule fois. Quelques techniques de compression sont déployées pour la mémoire de stockage sur le terminal et une bonne gestion de la consommation énergétique est assurée afin de garantir une plus longue durée de vie de la batterie.

IV.4 – Implémentation du modèle

Les utilisateurs sont de plus en plus mobiles et veulent pouvoir accéder à leurs systèmes d'information quel que soit le lieu où ils se trouvent. Les applications mobiles doivent donc être adaptées pour répondre à ce nouveau besoin.

Nous allons voir dans cette section, les différents éléments à prendre en compte dans la démarche de l'implémentation.

IV.4.1 – Développement sur le Smartphone

La version *J2ME* est une collection de technologies et spécifications, conçues pour différentes parties du marché des petits appareils. La partie principale de la plateforme *J2ME* est constituée par deux configurations différentes (Fig.IV.4) : *CDC* et *CLDC*.

Une configuration définit les bibliothèques centrales de la technologie *Java* et les capacités de mémoire virtuelle de la machine. La configuration *CLDC* est prévue pour les téléphones mobiles d'entrée de gamme tels que les portables actuels. C'est donc la configuration *CLDC* qui nous sera utile. A noter encore, que dans le cas de *J2ME*, la machine virtuelle s'appelle *KVM*.

Au dessus des configurations (Fig.IV.4), il y a les profils qui définissent les fonctionnalités dans chaque catégorie spécifique d'appareils. Le *MIDP* est un profil pour les appareils mobiles utilisant la configuration *CLDC*, comme les téléphones mobiles. Le profil *MIDP* précise les fonctionnalités comme l'usage de l'interface client, la persistance de stockage, la mise en réseau et l'application modèle. Sur la plupart des téléphones actuels, la version *J2ME* est composée de la configuration *CLDC* et du profil *MIDP*.

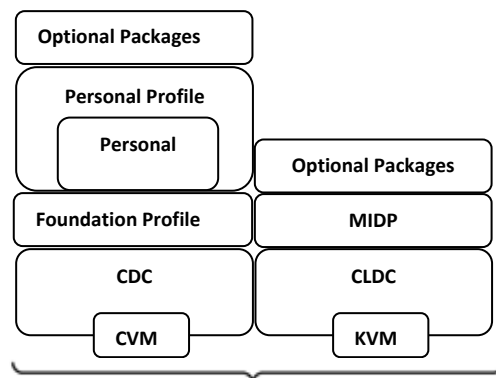


FIG.IV.4 – Architecture de J2ME

En plus du profil standard *MIDP*, des packages supplémentaires (optionnels) peuvent être ajoutés selon les appareils permettant l'utilisation de leurs spécificités. Comme ces options sont typiquement réservées aux téléphones portables, il était naturel de ne pas les intégrer directement dans le profil standard *MIDP*.

PLATEFORME PROPOSÉE.

Donc, le développement de notre application sur le téléphone portable est basé sur l'utilisation de la configuration *CLDC* et le profil *MIDP*. En plus de ces deux éléments standards, nous avons exploité aussi quelques paquetages optionnels tels que le *WMA* pour la gestion des services *SMS/MMS*, *Web Services API*...

Les bibliothèques nécessaires à l'implémentation pour chaque composant du *J2ME* sont les suivantes: [61]

API MIDP

L'API *MIDP* est, à ce jour, celle que l'on trouve sur les mobiles compatibles:

- javax.microedition.lcdui*: Pour les composants graphiques nécessaires à la création d'applications.
- javax.microedition.midlet*: Elle fournit le composant application ainsi que les primitives gérant la vie de l'application.
- javax.microedition.rms*: Une possibilité de stockage d'informations sur le terminal.

API CLDC

Javax.microedition.io: Elle contient les classes permettant de se connecter via *TCP/IP* ou *UDP*. La classe principale de ce package est le *Connector*.

Cette partie réseau (Fig.IV.5) détermine quel moyen utiliser pour communiquer les informations médicales.

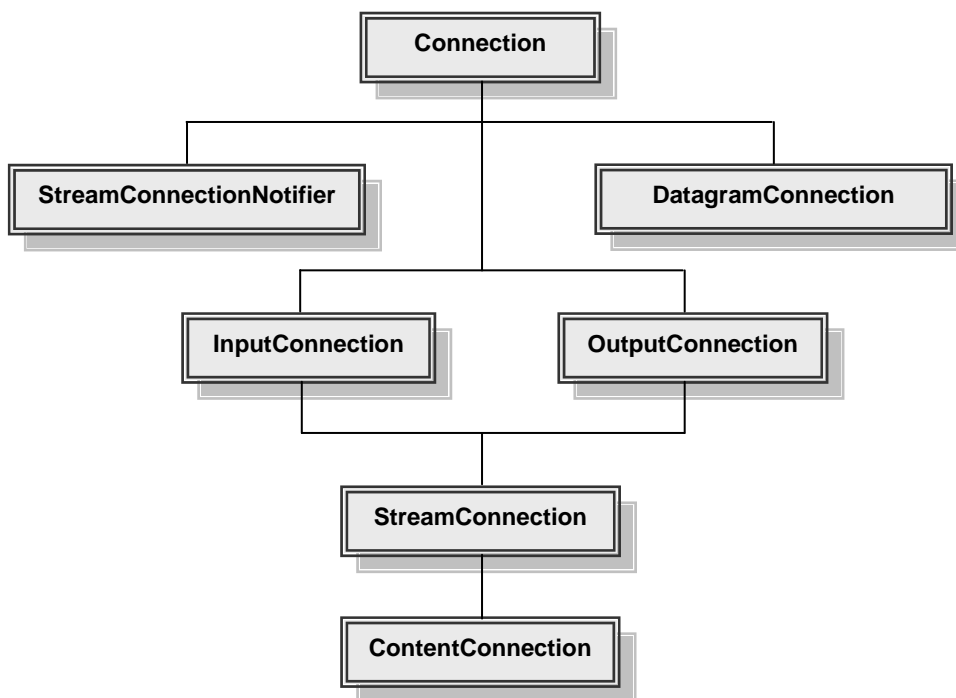


FIG.IV.5 – Arborescence des classes *javax.microedition.io* [26]

Le diagramme (Fig.IV.5) correspond aux différentes classes *javax.microedition.io*.

Comme il a été mentionné auparavant, notre implémentation réalise le scénario médical qui fournit la continuité du suivi médical à distance (la prise en charge des patients), les alertes immédiates puis les interactions en temps réel pour questionner les détails relatifs et le déclenchement des traitements.

Le cahier des charges de ce projet consiste à :

- Programmer les applications dans un langage qui soit le plus portable possible.
- Les algorithmes doivent être simples à utiliser et à installer.
- Programmer des interfaces utilisateur simple à exploiter.

PLATEFORME PROPOSÉE.

Ces algorithmes, appelés *MIDlets*, s'exécutent avec la machine virtuelle *J2ME (KVM)* sur le terminal mobile. Elles ont pour rôle de recevoir les mesures des capteurs placés sur le corps du patient, de traiter ces données, de les transmettre ou de les stocker si nécessaire. Elles permettent aussi au médecin d'envoyer une alerte en cas d'une situation critique.

IV.4.2 – Côté matériel

Pour le développement d'une application mobile, il est important de connaître les caractéristiques techniques des appareils sur lesquels elle va s'exécuter. On peut distinguer deux grandes familles :

- 1- Les *PDA*s (*Palm, Pocket PC, etc.*).
- 2- Les téléphones mobiles ou les *Smartphones* (*Nokia, Motorola, etc.*)

Un *PDA* récent dispose en moyenne d'un processeur de 500 MHz, de 64 Mo de RAM et d'une carte mémoire d'un Go. Côté connectivité, Bluetooth et Wi-Fi sont de rigueur.

Les performances d'un téléphone mobile sont plus modestes même si la tendance actuelle des constructeurs est de proposer des appareils tout-en-un de plus en plus puissants disposant des mêmes fonctionnalités qu'un *PDA*, à l'image du *Nokia 96*. Il est en outre désormais possible de surfer sur *Internet* à l'aide des technologies *GPRS* ou *UMTS*, même si cela reste onéreux.

Quelles que soient les performances de ces appareils, certaines limitations techniques inhérentes à leurs tailles réduites doivent être prises en compte lors du développement (voir : **Adaptation au terminal mobile**)

IV.4.3 – Côté logiciel

Côté logiciel maintenant, la première question à se poser est la suivante : *mode connecté* ou *mode déconnecté* ?

Une application mobile peut en effet fonctionner en mode connecté, ce qui impose la disponibilité permanente du réseau, ou en mode déconnecté avec des synchronisations périodiques.

Le mode connecté est généralement utilisé lorsque la fraîcheur des informations est essentielle, l'utilisateur ne pouvant se satisfaire de simples synchronisations (exemple un outil de gestion de stock).

Les avantages sont les suivants:

- ✓ Le déploiement et l'administration sont très simples, l'application se situant sur un serveur central ;
- ✓ Les ressources matérielles utilisées sont faibles;
- ✓ La sécurité est plus renforcée puisque les informations ne résident pas directement sur l'équipement client.

Les désavantages:

- ✓ La moindre coupure réseau implique une interruption de service;
- ✓ Le trafic réseau engendré est important.

Le mode déconnecté s'utilise quant à lui lorsque l'application doit être disponible en tout temps, et que la fraîcheur des informations n'est pas essentielle. Des terminaux (clients) plus performants sont couramment utilisés afin d'offrir une interface riche et fonctionnelle.

Les frameworks les plus utilisés dans ce mode sont:

- ✓ *J2ME*;
- ✓ *Symbian C++* (Plateforme série 60);
- ✓ *.NET Compact Framework* (*Microsoft*);
- ✓ *Brew* (*Qualcomm*).

PLATEFORME PROPOSÉE.

Les avantages:

- ✓ L'application est toujours disponible, quel que soit l'état du réseau;
- ✓ L'interface utilisateur est plus conviviale.

Les désavantages:

- ✓ La multiplication des types d'appareils induit souvent des incompatibilités;
- ✓ Les ressources consommées sont importantes.

IV.4.4 – Traitement et analyse de l'ECG des personnes cardiaques

A propos du scénario médical concernant la partie de la classification de l'ECG, nous proposons le développement et la conception d'une analyse compétente sur l'outil sans fil. Elle inclut une palette des diagnostics : un diagnostic à partir du rythme cardiaque et un diagnostic à partir des ondes (R...). Nous avons associé et implémenté ces deux types de diagnostics dans notre plateforme. Chaque modèle de simulation contenant des données ECG correspondant à un patient, génère des paramètres qui caractérisent le patient: durée entre deux pics successifs, les positions et le nombre des pics R, durée du complexe QRS, le rythme cardiaque, la localisation des ondes...

Le problème de détection des situations critiques d'une personne à partir des données collectées à distance concerne en particulier le développement et la conception d'algorithmes intelligents. De grandes quantités de données temporelles, hétérogènes, sont analysées en temps réel pour l'identification des situations inquiétantes ou critiques. Les projets effectués au sein de notre laboratoire STIC s'intéressent justement à l'identification d'un ensemble de pathologies pour les personnes cardiaques sur l'environnement mobile. Les travaux de recherches de cette thèse se situent dans le cadre du projet de mise en place d'un système contribuant à la détection de pathologies par des algorithmes implémentés sur les terminaux mobiles.

Dans ce contexte, on se situe plus particulièrement dans l'étude à long terme de l'évolution de l'état de santé d'une personne pour identifier l'installation de certaines pathologies plus ou moins progressives telles qu'une ESV... Ainsi, la stratégie proposée dans les algorithmes intégrés dans le téléphone portable, permet un repérage précis et continu de presque toutes les ondes caractéristiques Q, R..., du battement afin de localiser les zones du signal susceptibles de porter la trace d'un comportement anormal du cœur.

IV.5 – Conclusion

La plateforme proposée s'articule autour de deux points fondamentaux concernant d'abord la démarche de développement dans le respect de la complexité et des objectifs du contexte d'un suivi médical et d'une prise en charge à distance, puis sa vision plus globale dans le cycle de résolution du problème de construction du profil de comportement d'une personne pour assurer une situation critique, tout en assurant une exploitation efficace et potentiel des services proposés par la procédure d'adaptation.

La plateforme proposée consiste à suivre et diagnostiquer l'état d'un patient en utilisant la méthodologie développée dans ce projet. Ainsi, le médecin traitant d'une personne à risque ou cardiaque, peut à tout moment contrôler l'état de son patient en consultant en temps réel sur son terminal ses informations médicales (ECG, classification de la pathologie...) par l'assistant développé.

Le chapitre suivant, est consacré à l'analyse et la validation des résultats obtenus par la plateforme avant de présenter et interpréter les séquences de données générées pour deux services de *télé médecine*, à savoir la *télé surveillance* et la *télé assistance* médicale.

- [26] D. JEANMONOD, «MMSCam, pilotage à distance d'un téléphone MMS», *Rapport d'un travail de diplôme, Département d'électricité et d'informatique, Ecole d'Ingénieurs du Canton de Vaud, France, 2003.*
<http://www.iict.ch/HomePages/SRT/Rapport-Jeanmonod.pdf>
- [59] M. SATYANARAYANAN, «Fundamental Challenges in Mobile Computing», *Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC'96)*, p. 1.7, Philadelphia, Pennsylvania, USA, Mai, 1996.
ISBN: 0-89791-800-2.
DOI: 10.1145/248052.248053.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=248053>.
- [61] B. DELB, «J2ME, Application java pour terminaux mobiles», *Édition EYROLLES*, 61, Bld Saint-Germain, 75240 Paris, France, 2002.
EAN13: 9782212110845.
<http://www.eyrolles.com/Informatique/Livre/j2me-9782212110845>.
- [83] T. CHAARI, F. LAFOREST «Génération et adaptation automatiques des interfaces utilisateurs pour des environnements multi-terminaux, Projet SEFAGI: Simple Environment For Adaptable Graphical Interfaces». *Revue Ingénierie des systèmes d'Information*, n° spécial systèmes d'information pervasifs, Vol. 9, n°2, pp. 11–38, 2004.
<http://liris.cnrs.fr/~flafores/articles/ISIPervasifVFinaleChaariLaforest.pdf>
- [117] R.G. Sargent, «Validation and verification of simulation models», *in Proc. of the 31st conference on Winter simulation*, Phoenix, Arizona, United States, pp. 39–48, 1999.
ISBN:0-7803-5134-7.
DOI:10.1145/324138.324148.
<http://www.informs-sim.org/wsc10papers/016.pdf>

Chapitre 5

Analyse et validation des données de la plateforme.

SOMMAIRE

V.1 – Les séquences de données générées d'ECG par les algorithmes implémentés

V.2 – Les données de la plateforme

V.3 – Validation des résultats de la classification des personnes cardiaques

V.4 – Évaluation

V.5 – Conclusion

L'approche proposée pour la classification de motifs hétérogènes est employée pour le suivi médical à distance des personnes cardiaques. Dans ce chapitre nous définissons en premier lieu les séquences de données générées pour les paramètres de l'ECG, puis nous validons et discutons les résultats générés par notre plateforme de services.

V.1 – Les séquences de données générées de l’ECG par les algorithmes implémentés

Cet outil de diagnostic permet de détecter les pathologies cardiaques rythmiques, musculaires, les problèmes extracardiaques métaboliques, médicamenteux, hémodynamiques et autres. La procédure consiste à intégrer sur le téléphone portable, les opérations suivantes:

- Collection et prélèvement des données issues d’un réseau de capteurs corporels.
- Classification du signal *ECG*.
- Détection des pathologies (*ESV*, ...).
- Transfert en temps réel de toutes les informations nécessaires : signal *ECG*, fréquence moyenne cardiaque, température..., au service d’urgence.
- L’enregistrement à distance des résultats de classification 24h/24h sur une base de données.
- Envoi d’une alarme en cas d’une pathologie dangereuse détectée.
- Incorporation de quelques signaux de la base *MIT-BIH*.
- Visualisation du signal *ECG* sur l’écran de terminal mobile.
- Possibilité de zoomer la partie désirée du signal *ECG*.

V.2 – Les données de la plateforme

V.2.1 – Fréquence cardiaque moyenne

Dans notre contexte d’étude à long terme de l’évolution de la situation d’une personne cardiaque à distance, on s’intéresse entre autres aux variations de la fréquence cardiaque moyenne. Elle est habituellement calculée à partir des données d’un *ECG* moyennées toutes les 30 s à 1 mn. Chez l’homme adulte saint au repos couché, la fréquence cardiaque est d’environ 65 battements par minute (bpm) en moyenne. Cependant, elle varie suivant les conditions de repos, d’observation et selon les individus. Il existe plusieurs causes de variation affectant les stabilités de la fréquence cardiaque au repos, on cite en particulier: [9]

- ◆ Variations interindividuelles : la fréquence cardiaque moyenne au repos varie largement en fonction des individus et avec l’âge du sujet, l’entraînement sportif, le nyctémère (rythme de variations approximativement circadien).
- ◆ Variations intra-individuelles : pour un sujet donné, la fréquence cardiaque de repos subit des variations en fonction de l’activité végétative (légère augmentation après les repas), de la posture (augmentation avec l’effort requis par la posture), de l’ambiance thermique (accroissement comme une fonction linéaire de la température ambiante), etc. Aux variations de repos de la fréquence cardiaque viennent se superposer d’importantes variations dues au travail musculaire, mais aussi au niveau de vigilance, à l’importance de la contrainte mentale, etc. Il existe également une variation permanente du rythme cardiaque, l’arythmie sinusale qui est maximale au repos. Les travaux musculaires s’accompagnent d’une suppression de cette arythmie et d’une accélération de la fréquence cardiaque. Au cours d’un effort mental, on observe également la suppression de l’arythmie sinusale, mais sans augmentation de la fréquence cardiaque.

V.2.2 – Durée du complexe QRS

La variation de la durée QRS permet d’identifier la nature et le niveau de risque de la pathologie détectée [118]. C’est la raison pour laquelle, nous l’avons introduit comme paramètre d’analyse pour le signal *ECG*. La durée QRS, notée T_{qrs} , est calculée en fonction du nombre d’échantillons compris entre les ondes Q et S, multiplié par la fréquence d’échantillonnage (F_e).

Le calcul de la durée QRS nous permet de connaître :

- L’intervalle entre les ondes Q et R d’un battement.
- Et l’intervalle entre les ondes R et S.

La somme des deux intervalles nous donne la durée totale (T_{qrs}) du complexe QRS.

Dans le cas normal, le T_{qrs} est comprise entre 0,06 s et 0,10 s, au-delà de 0,12 s on évoque un trouble majeur. On a alors la présence de la pathologie *ESV* si la durée du complexe QRS dépasse largement les 0,12 s ($T_{qrs} > 0,12$ s) et le nombre d'échantillons entre deux pics R successifs soit supérieur au nombre d'échantillons compris entre les autres pics R successifs précédents. Tandis que l'apparition d'une pathologie *ESJ* est justifiée par un complexe QRS de caractéristique très fine, de morphologie identique au tracé en rythme sinusal, sans onde P ou avec une onde P dite rétrograde.

V.2.3 – Onde R

La localisation de l'onde R (sa position) en premier lieu facilite fortement la détection des autres ondes. Les pics R ont été associés à l'implémentation de chaque modèle simulé par les algorithmes développés. La détection de l'onde R est achevée grâce à une référence tracée au dessus de toutes les ondes sauf l'onde R en raison de son amplitude dominante. Sa position exacte est déterminée par l'échantillon central s'il est supérieur à ses deux échantillons voisins, le suivant et le précédent. La localisation des pics R, nous permet de déceler des paramètres importants tels que : le nombre d'échantillons entre les pics R, le nombre des pics R, la durée entre chaque deux pics R successifs..., exploités pour la classification de la pathologie détectée.

V.2.4 – Onde P

La durée de l'onde P est habituellement inférieure à 80 ms. Des ondes P anormalement larges ou anormalement amples traduisent une dilatation de l'une des oreillettes; symptôme qui ne nécessite pas un traitement particulier, mais qui est souvent révélateur d'un problème sous-jacent d'hypertension artérielle pulmonaire, d'insuffisance cardiaque ou d'une valvulopathie. L'intervalle P-Q se traduit par la distance entre l'onde P et le complexe QRS. Elle est calculée entre le début de l'onde P et le début de l'onde Q. Celle-ci est normalement comprise entre 120 ms et 200 ms, et reste fixe quelle que soit la fréquence (elle correspond en effet au temps de dépolarisation du nœud AV, qui est une constante physiologique).

V.2.5 – Onde T

Il n'existe pas de domaine de normalité clairement défini concernant la hauteur de l'onde T, si ce n'est qu'elle est normalement positive sur les deux premières dérivations Holter. On s'intéresse à la modification de cette amplitude, par rapport à un enregistrement précédent, par exemple, il existe des variantes de la normalité avec de grandes ondes T ou même des ondes T quasi-inexistantes. L'intervalle est repéré entre la fin de l'onde S et le début de l'onde T, et en l'absence de pathologie, il doit lui correspondre un segment linéaire d'amplitude constante et nulle. Les observations d'un sur-décalage ou d'un sous-décalage par rapport à cette ligne sont en général associées à une souffrance cardiaque par hypoxie, en particulier lorsque ces décalages sont variables au cours du temps.

V.2.6 – Incorporation des signaux de la base MIT-BIH

L'objectif de cette étape est de recueillir des données, à la fois pour développer la plateforme de fourniture de services en vue de la tester. Dans notre cas, les applications se font sur des signaux ou bien des données réelles prélevées de la base de données *MIT-BIH*. Nous avons choisi quelques enregistrements afin de satisfaire les besoins de la plateforme proposée, ils sont représentés dans les sections suivantes.

V.3 – Validation des résultats de la classification des personnes cardiaques

Cette section propose la validation des séquences de données générées par les processus des algorithmes construits selon le modèle défini auparavant (voir: **IV.3 – Implémentation de la plateforme de fourniture des services**).

V.3.1 – Contexte de validation

La plateforme des services est implémentée sous l'environnement *J2ME* et expérimentée pour la génération de séquences de données correspondant à plusieurs profils de personnes et types de

situations. La complexité du modèle, particulièrement liée à la grande quantité de paramètres à définir à priori, offre l'avantage de la diversité des profils et des situations simulées, mais rend aussi difficile la gestion et le choix des paramètres qui permettent la génération de données représentatives d'un type de comportement ou d'une certaine situation.

Conformément au schéma de mise en place d'un modèle pour la plateforme des services (voir **Fig.IV.1** – *Les étapes de mise en place d'un service de la plateforme.*), l'objectif est alors de valider la pertinence de ces séquences, non pas en terme d'un réalisme parfait, mais en fonction des caractéristiques importantes à préserver au regard de la décision [117]. Ainsi, il s'agit en particulier d'évaluer à haut niveau la pertinence et l'interprétation possible des séquences générées. Cette interprétation des séquences est liée aux activités quotidiennes du patient et respecte les caractéristiques de variation conjointe des différents paramètres simulés.

Deux techniques de validation des séquences simulées sont utilisées, selon que l'on dispose ou non de données expérimentales pour les paramètres considérés:

1. Soit une *validation intuitive* avec l'aide des connaissances d'un expert si on ne dispose pas de données expérimentales associées à un ou plusieurs paramètres.
2. Soit une *validation par un logiciel de calcul numérique (MATLAB par exemple)* des données générées.

V.3.1.1 – Validation par les experts

Les séquences de données générées pour les paramètres qualitatifs sont validées par interaction avec des experts. Ces échanges permettent d'affiner la correction et le réglage des paramètres afin de générer des séquences de données réalistes, c'est-à-dire qui peuvent être interprétées de façon cohérente et logique, surtout qu'il s'agit de la sauvegarde des vies humaines. L'observation à distance des variations de l'évolution de l'état de santé au cours d'une journée donne en effet une bonne idée des activités réalisées à chaque instant et confirmées par les variations des paramètres générés instantanément par le modèle de la plateforme.

Cette démarche a en particulier été réalisée avec la collaboration des médecins compétents et des spécialistes.

V.3.1.2 – Validation par un logiciel de calcul numérique (MATLAB)

Les séquences de données générées pour les paramètres d'*ECG* dans le contexte des services de *télé médecine (MIDlet)*, sont validées par comparaison avec des données simulées sous l'environnement *MATLAB*.

La question fondamentale pour le choix d'une technique de validation est de savoir si le système réel correspondant est observable ou pas. Les techniques de validation consistent alors en la comparaison des données produites par notre plateforme des services proposés à celles générées par un logiciel de calcul numérique, s'il n'est pas possible de disposer de données expérimentales enregistrées à partir d'un système réel. La comparaison peut se faire par exemple au moyen de graphes (comparaison subjective) ou tests statistiques (comparaison objective). Chacune de ces parties du travail implique des phases d'expérimentation et de validation des méthodes implémentées et des résultats obtenus.

Les séquences de données générées pour les paramètres quantitatifs – durées QRS et fréquences cardiaques – sont validées par comparaison avec des données expérimentales enregistrées dans le contexte de tous les cas possibles des pathologies cardiaques (Base *MIT*). Il s'agit alors d'estimer la pertinence de nos algorithmes implémentés sous *J2ME* par rapport au logiciel de calculs numériques *Matlab*. Nous avons estimé la précision de localisation des pics R, des ondes Q et S. Nous effectuons pour cela des tests sur plusieurs signaux *MIT*.

Les courbes des figures **Fig. V.1**, **Fig. V.2**, **Fig. V.3** et **Fig. V.4** illustrent les résultats de simulation obtenus pour les durées des QRS.

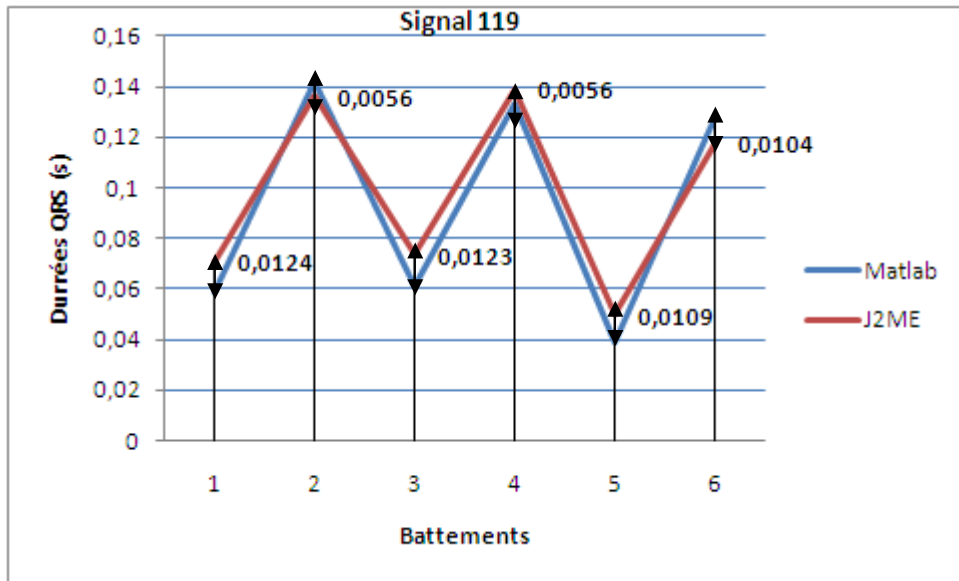


FIG. V.1 – Durées QRS de quelques battement du signal 119

La courbe en rouge présente les calculs numériques simulés sur le mobile (J2ME) et celle en bleu, les valeurs prises comme référence.

Par ailleurs, on compare à chaque fois les résultats obtenus en calculant les distances entre ces deux courbes à partir des battements des signaux exploités. On évalue ainsi le taux d'erreurs sur les distances calculées et par conséquent la pertinence de ces algorithmes de classification. Les graphes présentés (Fig. V.1, Fig. V.2, Fig. V.3 et Fig. V.4) montrent que la différence absolue entre deux résultats pour les durées QRS, reste effectivement relativement faible, et augmente à peu près linéairement avec les valeurs de référence. Cette relation quasiment linéaire est toujours observée (plusieurs signaux sont intégrés), avec cependant de légères différences dans l'estimation des résultats.

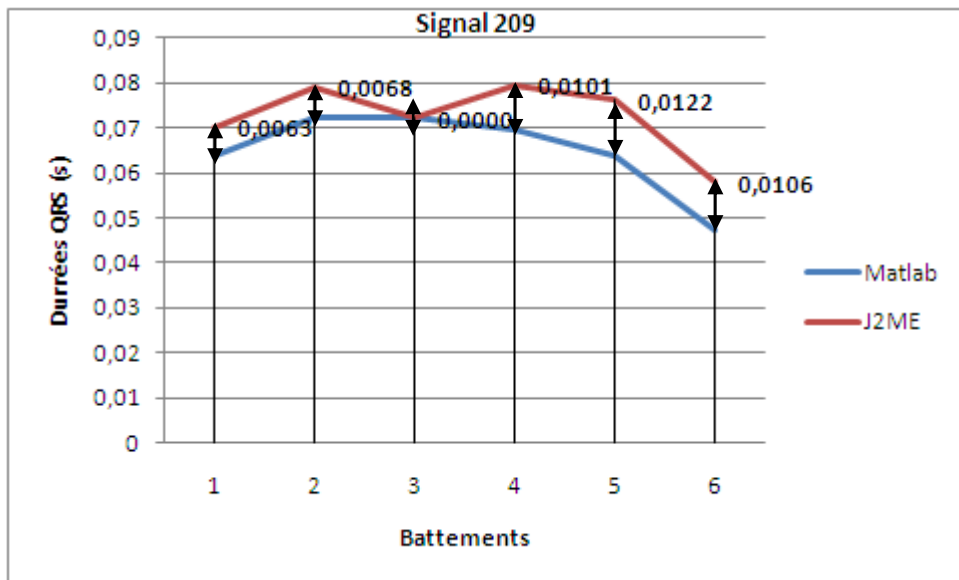


FIG. V.2 – Durées QRS de quelques battement du signal 209

Pour le signal 208, nous avons analysé deux tronçons (Fig. V.3 et Fig. V.4) prélevés sur des portions totalement différentes. Cela, nous donne la possibilité d'exercer des types de tests différents et par conséquent d'évaluer de plus en plus les qualités des résultats.

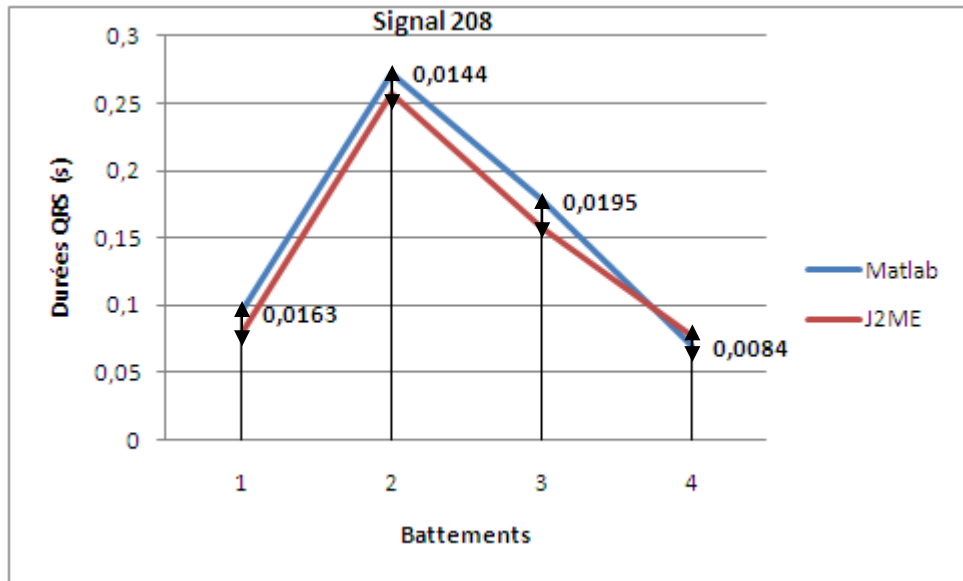


FIG. V.3 – Durées QRS de quelques battement du signal 208 (tronçon 1)

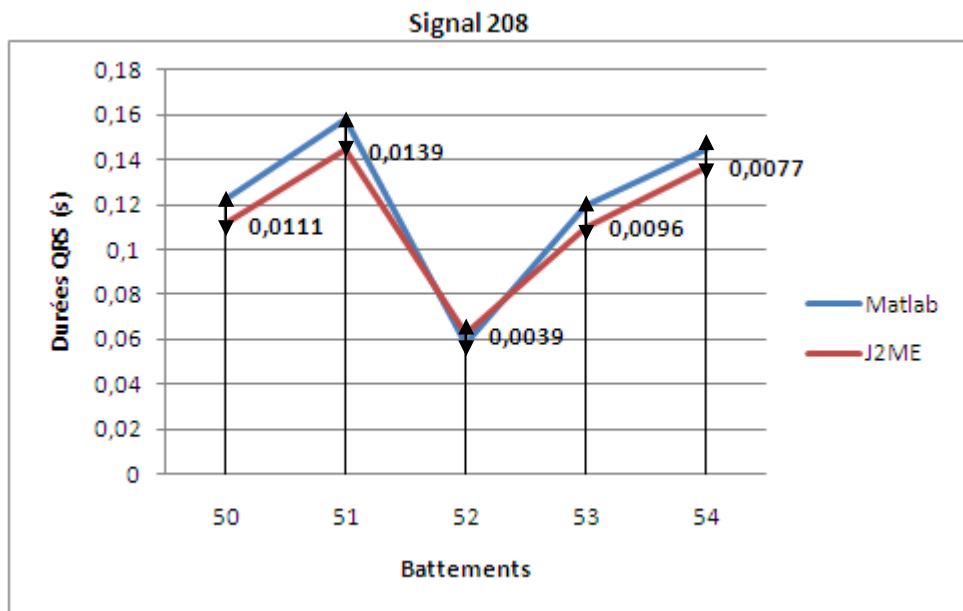


FIG. V.4 – Durées QRS de quelques battement du signal 208 (tronçon 2)

On définit ainsi un intervalle de tolérance, autour de la valeur expérimentale, dans lequel est située la valeur générée par notre plateforme. La largeur de cet intervalle de tolérance fixe les marges max et min des valeurs obtenus. Elle est approximée par: d'une part les résultats obtenus sous l'environnement *J2ME* (notre système) et d'autre part la plage autorisée par des experts. Dans ce contexte, on remarque sur les figures, **FIG. V.1**, **FIG. V.2**, **FIG. V.3** et **FIG. V.4**, que les distances calculées sont bien plus faibles et s'étalent sur une plage de valeurs entre 0 et 0,02s.

En outre, la validation des fréquences cardiaques est procédée par la détermination des durées de chaque deux pic R successives en étudiant chaque battement seul. La fréquence cardiaque moyenne est calculée à partir d'un seul intervalle RR (tous les deux pics R) sur une minute. Cependant, le nombre de points doit être suffisant pour permettre le calcul des intervalles RR, c-à-d que chaque acquisition doit contenir au moins deux pics R. Nous avons donc estimé la fréquence moyenne par minute de chaque acquisition, en fonction de données expérimentales (Base MIT).

D'après notre fichier de données généré par le terminal mobile, les fréquences calculées semblent cohérentes avec les valeurs étudiées (*MIT*), (voir **TAB. V.1**).

Matlab	J2ME	Distance
111,917098	111,340206	0,57689226
46,0554371	46,0554371	0
110,204082	110,204082	0
45,8598726	45,8598726	0
90,376569	90,376569	0
88,8888889	88,5245902	0,36429872
98,630137	99,0825688	0,45243182
105,882353	105,882353	0
105,882353	105,882353	0
131,707317	131,707317	0
110,204082	110,204082	0
106,930693	106,930693	0
76,8683274	76,8683274	0
116,756757	107,462687	9,29407019
69,0095847	72,7272727	3,71768806
114,893617	114,285714	0,60790274
117,391304	118,032787	0,64148254

TAB. V.1 – Données du fichier fréquence cardiaque calculée

Nous observons cependant que les fréquences cardiaques recueillies ne sont pas régulières. Cela est dû au simple fait que nous les calculons à partir des battements de plusieurs signaux. Ces signaux sont choisis selon notre contexte de détection des *ESV*.

Les distances (**TAB. V.1**) oscillent entre 0 et 10 bpm. En effet, cette plage d'erreur n'est pas gênante (on est dans les normes) en raison d'une comparaison battement par battement. Si on calcule les moyennes de plusieurs battements cette erreur sur la distance est de plus en plus petite et par conséquent négligeable.

L'interprétation intuitive de ces résultats détermine la plus grande valeur du seuil de distance qui induit une sensibilité minimale de la classification. La réduction de plus en plus de cette valeur conduit à une classification exacte de sous-séquences considérées. Dans les exemples proposés, les valeurs max de seuil pour la durée QRS et la fréquence cardiaque sont respectivement de l'ordre de 0.02 s et 10 bpm.

Cette validation effectuée, rend le processus de la détection de pathologie sur le téléphone portable exacte en termes de calcul, puissant et efficace. Les résultats obtenus (Chapitre 6) permettent de mettre en avant les points forts et les qualités innovantes des algorithmes par rapport aux travaux effectués dans des domaines similaires. Sa complexité et les perspectives visées portent toujours sur l'amélioration de leurs efficacités.

Finalement, la validation de ces étapes d'identification du profil comportement d'un patient à distance et de détection des situations critiques ne pourra être réalisée complètement que par l'expérimentation des algorithmes correspondant avec des séquences de données générées dans un environnement réel des services de *télémédecine*.

Le graphe de la figure (**FIG. V.5**) présente un exemple de séquence temporelle d'un *ECG* d'une personne dans un contexte expérimental, que nous avons simulé sous *MATLAB* et ensuite exploité pour la validation de notre modèle.

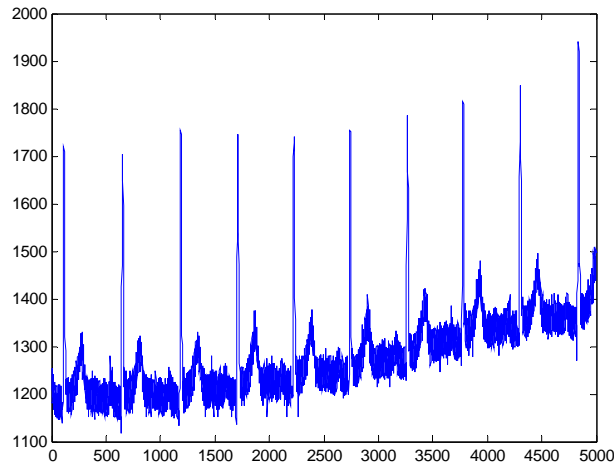


FIG. V.5 – Exemple d'ECG sous MATLAB

Au début, le tracé de la figure (FIG. V.5) est reconstitué et simulé à partir de 5000 échantillons filtrés, avec une fréquence d'échantillonnage de 128 Hz. Ce graphe, défini sur une échelle arbitraire, correspond à la moyenne, toutes les minutes, de l'accélération enregistrée suivant l'axe des mesures (les points crêtes en millivolt). Cette procédure de reconstitution des signaux a été appliquée et adapté à l'écran du téléphone portable pour les signaux ECG (Voir chapitre 6).

V.3.2 – Quelques enregistrements exploités de la base MIT-BIH

Les exemples les plus significatifs dans le contexte de la détection de quelques pathologies pour les personnes cardiaques est celui des signaux (enregistrements) de la base MIT-BIH qui contient de nombreux ESV ...

Exemple :

ESV

- Signal 119 : il contient 444 ESV.
- Signal 200 : Il contient 836 ESV.
- Signal 208 : Il contient 992 ESV.

.
.
.

Comme il a été mentionné auparavant, nous avons exploité ces signaux, dans le cadre de ce projet de thèse afin de valider la puissance et l'efficacité de notre plateforme (point précédent: V.3.1.2 – Validation par un logiciel de calcul numérique (MATLAB)).

Après que nous avons comparé les résultats des calculs numériques obtenus, nous procédons par la suite à une comparaison au moyen de graphes (comparaison subjective) pour valider les algorithmes de reconstitution des signaux. Les figures FIG. V.6, FIG. V.7, FIG. V.8 et FIG. V.9 illustrent les signaux biologiques obtenus. Ceux en vert, sont les courbes générées par le mobile, tandis que ceux en bleu sont les courbes obtenues par MATLAB.

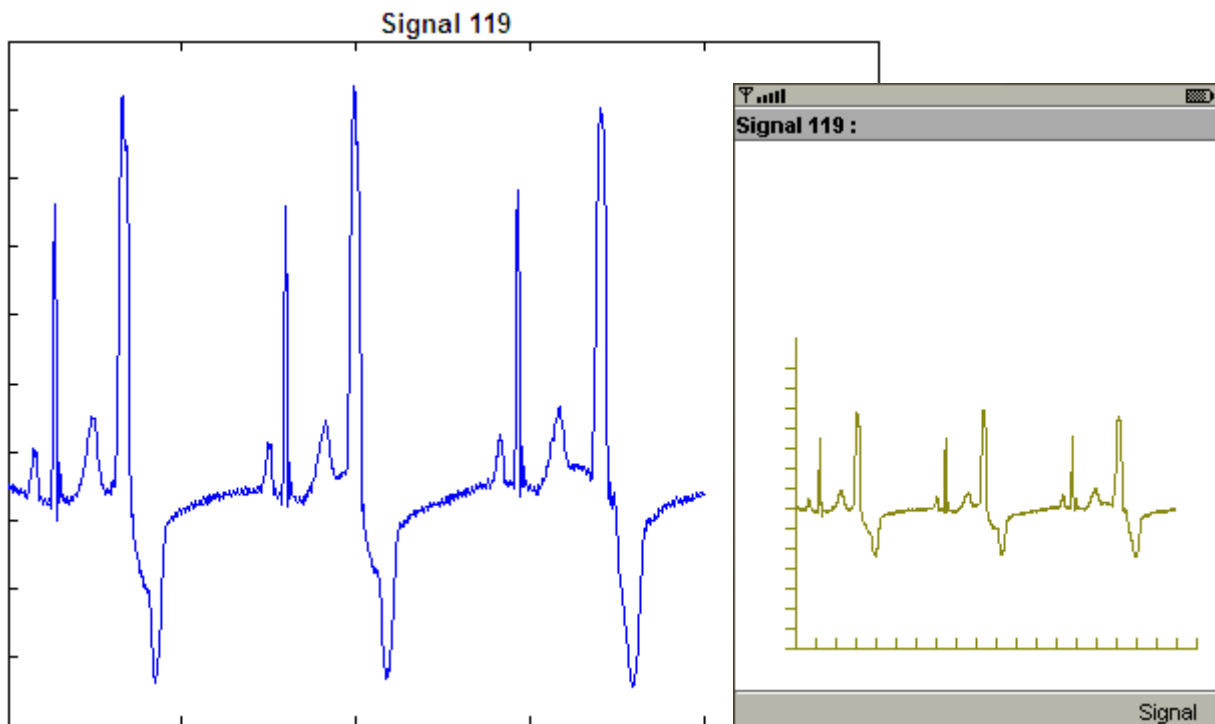


FIG. V.6 – Battements du signal 119 obtenu respectivement sur Matlab et J2ME

Les exemples présentés sont échantillonnés à 360 Hz. Pour recueillir plusieurs battements (nombre de battement supérieur à 2), il nous fallait choisir une période d'acquisition (temps) appropriée pour la validation surtout dans le cas pathologique (variation des durées QRS). Afin d'être certain que cette condition soit respectée, et après quelques essais dans notre contexte, nous avons décidé de recueillir les signaux choisis sur 5.6 secondes; ce qui donne des acquisitions fixées à 2016 points.

Dans notre contexte, on remarque que les paires de graphes des figures (**FIG. V.6**, **FIG. V.7**, **FIG. V.8** et **FIG. V.9**) sont similaires et suivent les mêmes morphologies. Cela confirme bien l'exactitude des approches proposées pour l'outil graphique (reconstitution des signaux). D'autres enregistrements ont été intégrés sur le mobile au cours de l'étape de la validation et ne sont pas présentés ici.

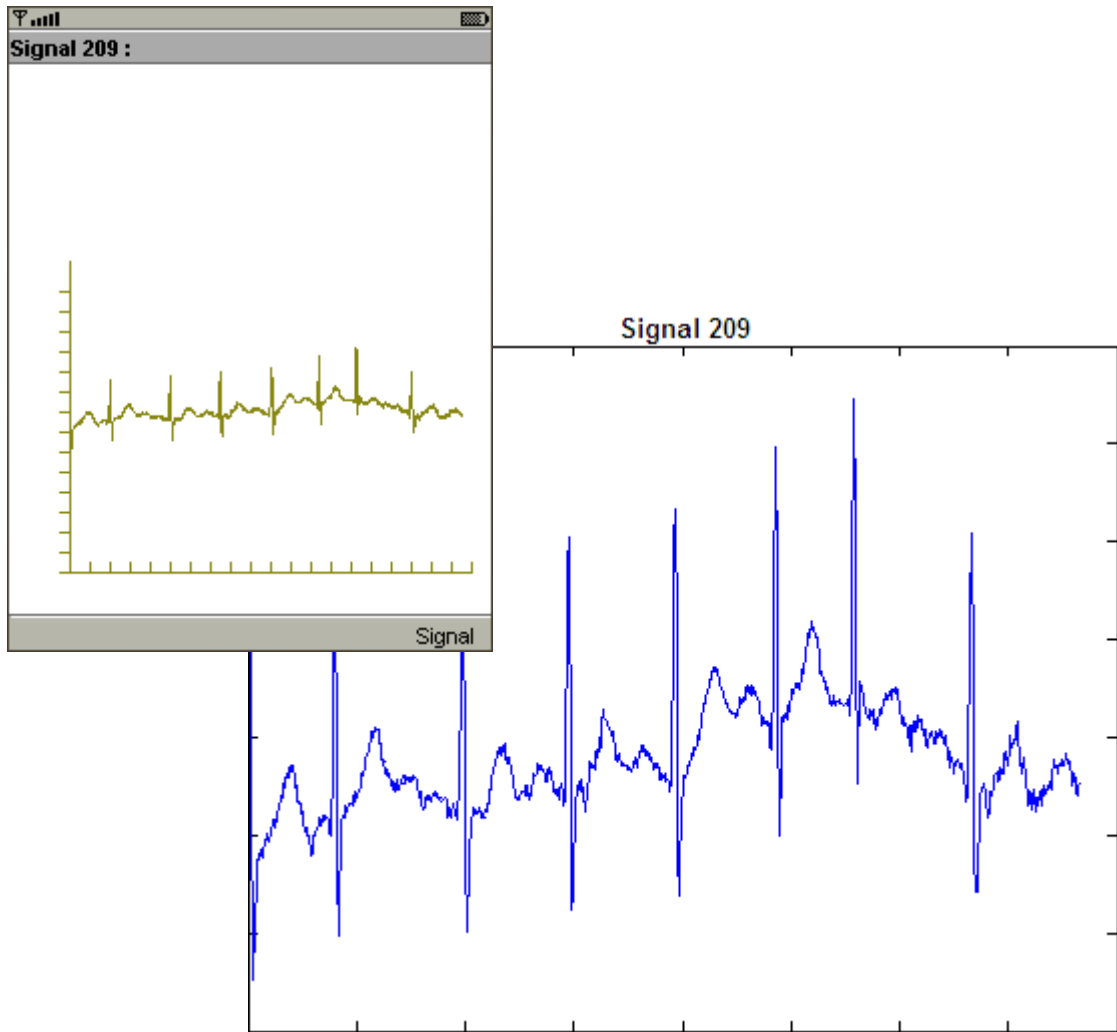


FIG. V.7 – Battements du signal 209 respectivement sur J2ME et Matlab

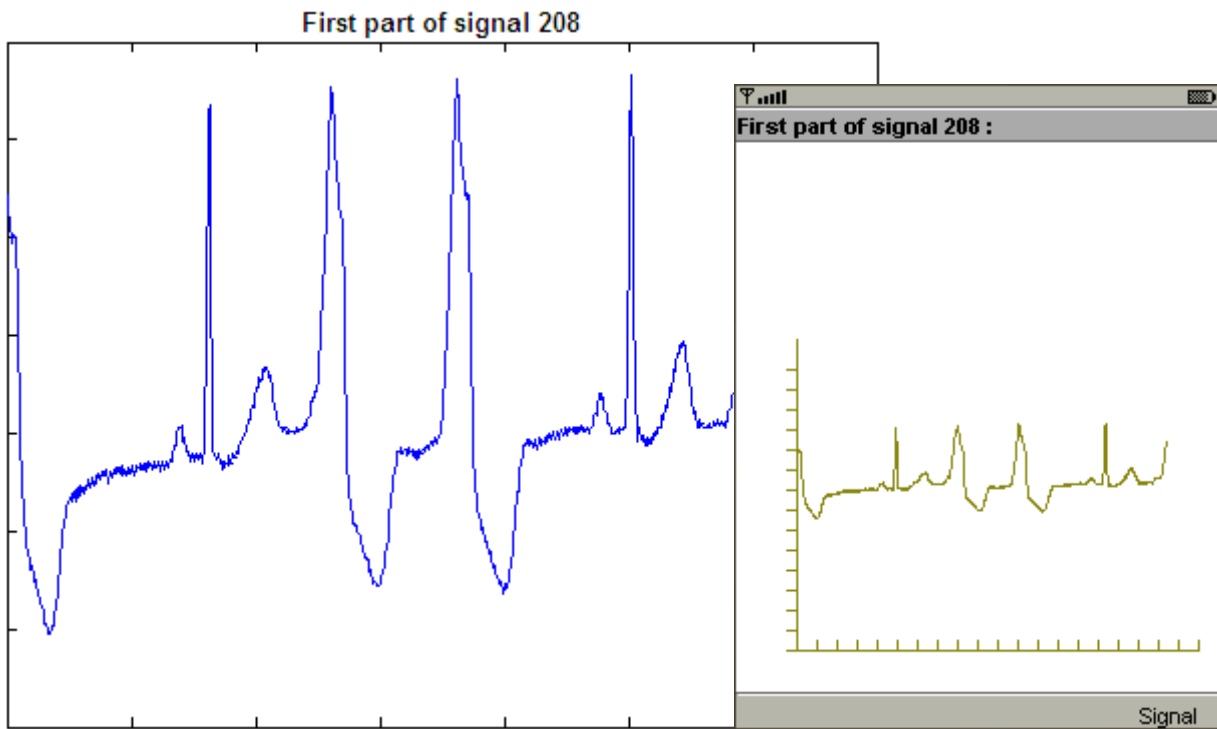


FIG. V.8 – Battements du signal 208 (premier tronçon) respectivement sur Matlab et J2ME

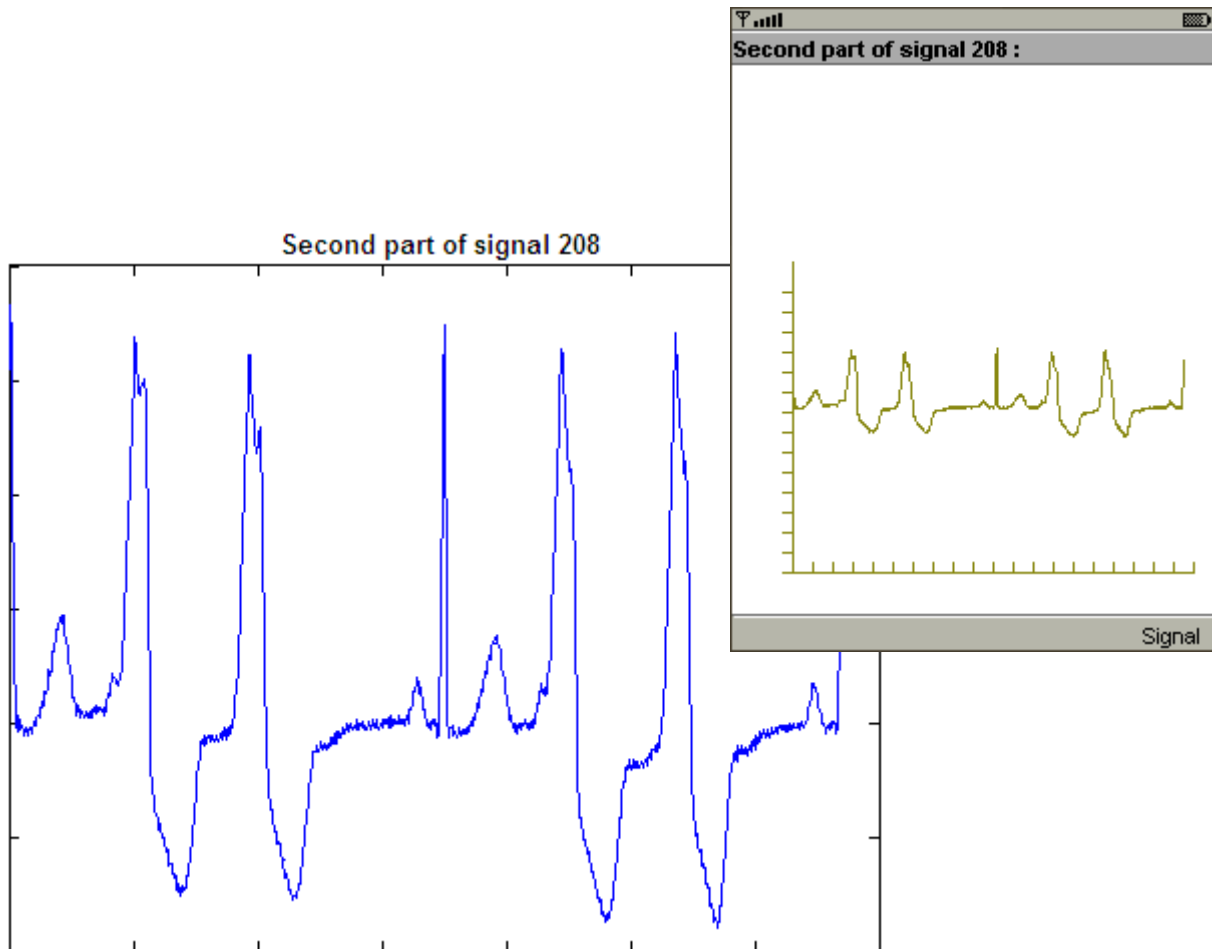


Fig. V.9 – Battements du signal 208 (deuxième tronçon) respectivement sur Matlab et J2ME

Les expérimentations réalisées dans le contexte de validation donnent globalement de bons résultats en termes de sensibilité, de spécificité de l'identification et de la classification des séquences considérées.

V.4 – Évaluation

Le processus de la classification proposé s'articule autour de deux points fondamentaux concernant d'abord la démarche de conception dans le respect de la complexité et des objectifs du contexte du suivi médical à distance, puis sa vision plus globale dans le cycle de résolution du problème de construction du profil de comportement d'une personne pour assurer une situation critique. Les services de *télémédecine* proposés consistent à suivre et diagnostiquer l'état d'un patient en utilisant la méthodologie développée dans cette thèse. 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 dispositif (terminal mobile, assistant personnel, PC...) son ECG et la classification de la pathologie par les algorithmes implémentés.

V.5 – Conclusion

Cette partie se rapporte à une analyse de signaux physiologiques d'un patient, envoyés par les capteurs à un téléphone portable. Ce dernier analyse les données reçues et transmet les résultats en temps réel au médecin traitant à distance. La plateforme proposée permet de prendre en charge à distance des patients à risque tels que les cardiaques, les hypertendus...

Aussi, les étapes d'identification, par les algorithmes développés, du profil médical d'un patient à distance et la détection des situations critiques ne peuvent couvrir tous les indicateurs médicaux correspondants à chaque patient. Ainsi, des améliorations de cet algorithme doivent être apportées au fur et à mesure que l'on s'intéresse à de nouvelles pathologies.

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

[9] F. DUCHÊNE, «Fusion de données multicateurs 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.

<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/78/63/PDF/tel-00008795.pdf>

[117] R.G. Sargent, «Validation and verification of simulation models», in *Proc. of the 31st conference on Winter simulation*, Phoenix, Arizona, United States, pp. 39–48, 1999.

ISBN:0-7803-5134-7.

DOI:10.1145/324138.324148.

<http://www.informs-sim.org/wsc10papers/016.pdf>

[118] J. RODRIGUEZ, A. GONI, A. ILLARRAMENDI, «Real-time classification of ECGs on a PDA», *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Issue 1, Vol. 9, pp. 23–34, 2003.

ISSN: 1089-7771.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.1798&rep=rep1&type=pdf>.

Chapitre 6

Résultat : Séquences de données générées.

SOMMAIRE

VI.1 – Mise en œuvre du système conçu

VI.2 – Les séquences de données générées: Système de télésurveillance médicale

VI.3 – Les séquences de données générées: Système de téléassistance médicale

VI.4 – Évaluation de la qualité des résultats

Nous avons présenté, dans le chapitre précédent de ce document, la validation du système proposé pour les personnes cardiaques. Notre plateforme de fourniture des services permet de générer des données correspondant à un ensemble hétérogène de paramètres interdépendants, tous liés à la situation de la personne dans son environnement de vie. Compte tenu également du manque de connaissances a priori sur les paramètres calculés à distance, la construction et la validation de la plateforme s'appuient finalement sur un ensemble d'informations hétérogènes issues de la diversité des sources d'information disponibles. Le modèle proposé s'appuie également sur plusieurs techniques et fonctionnalités (gestion des ressources, distribution des applications...) de développement pour s'adapter à l'hétérogénéité de ces paramètres.

Ce chapitre se divise en trois parties. Dans la première partie, nous détaillons la mise en œuvre de la plateforme de *télé médecine*. La deuxième et la troisième section relatent respectivement les données générées à l'aide des méthodes implémentées pour les services de *télésurveillance* et de *téléassistance médicale*. Enfin, nous discutons la qualité des résultats obtenus.

VI.1 – Mise en œuvre du système conçu

Afin de construire notre système, nous avons répertorié les systèmes et les méthodes présentant les différentes étapes: la gestion des communications, l'identification, la construction et les problèmes de résolution des comportements des personnes dans le contexte des services de *télémédecine* (*télé-surveillance, télé-assistance...*) sur un téléphone portable. Notre choix s'est porté sur un système qui présente un modèle de composants et un modèle d'adaptation aux environnements mobiles. Ce système est centré autour de trois parties fondamentales (Fig. VI.1): gestion des flux, l'unité de traitement et la décision (Résultats obtenus).

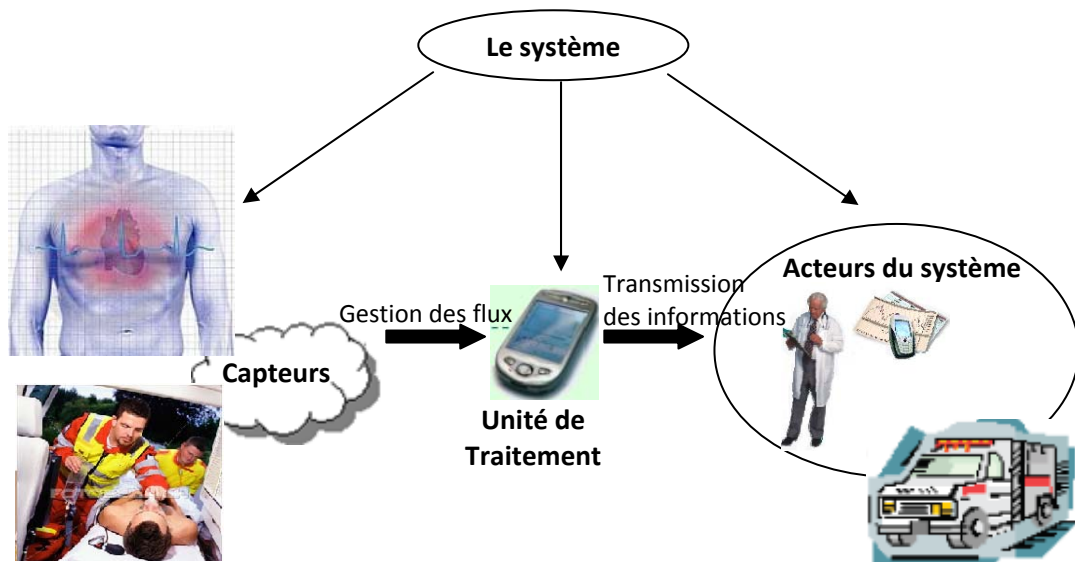


FIG. VI.1 – Mise en œuvre de la plateforme des services de télémédecine

Gestion des flux

Un ensemble de capteurs sans fil de différents types (physiologie, activité...) est installé à distance ou portés par la personne. Leur but est de former un réseau pour la collecte en temps réel de données afin d'adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles. Ce flux issu des différents capteurs (sources d'informations) doit être géré et adapté par le terminal mobile suivant le format et les champs d'identifications sur le paquet reçu.

Unité de traitement

L'unité de traitement qui est dans ce cas le Smartphone (Voir Fig. VI.1) est responsable du stockage et du traitement des signaux et des mesures reçus des capteurs, de la gestion des interfaces de connexions, de la gestion d'une base de données relative à la personne surveillée et de l'émission des informations et d'alarmes.

Décision

Selon les données générées et produites par notre plateforme, le système doit réagir pour informer et transmettre les informations nécessaires aux unités correspondantes. Un ensemble d'acteurs (personnel médical...) peut accéder à tout moment, après authentification et selon leurs privilèges, aux données du système, au niveau de l'unité locale de traitement.

VI.1.1 – Notre vision

Le système envisagé permet, à tout moment, à un patient d'être en contact avec tous les acteurs médicaux (Urgence, Service SAMU...), en vue de son suivi médical (prise en charge) et la confrontation des diagnostics à partir des données transmises sur le téléphone mobile. Le système doit gérer toutes les données issues des différentes sources [119] pour une exploitation efficace contribuant à la sauvegarde de la vie d'une personne.

VI.1.2 – Les méthodes implémentées pour la simulation

Dans la conception et le développement de notre plateforme, il est indispensable de bien spécifier et regrouper les différentes méthodes réalisant les principaux services afin d'assurer une bonne adéquation du système implémenté à la résolution du problème. Ce modèle implémente des classes et des fonctions effectuant leurs traitements sous forme de couches, ce qui facilite les choses dans le cas du traitement lourd ou complexe. Chaque fonction correspond à une partie majeure du processus déployé. Il s'agit alors, d'appeler, l'une après l'autre, les méthodes correspondant à la génération des différents paramètres et signaux médicaux.

- *Définition du contenu des fichiers* : L'objectif est de spécifier le type et l'espace des données et des informations qu'il est pertinent de considérer en rapport aux objectifs des services de *télémédecine*. Les noms de ces fichiers sont connus automatiquement par leurs syntaxes prédéfinies contenant les noms des fonctions considérées. Ces fichiers « *texte* » sont la plupart du temps directement gérés par les interfaces des différents processus [120]. Les valeurs des paramètres sont spécifiées dans un format « *type ASCII* », tel que présenté sur l'exemple de la figure (Fig. VI.2).

```
3213103249495750321310324950485132131032495050513213
3213103249495350321310324949535132131032494954533213
3213103249504955321310324950495432131032494957563213
3213103249495651321310324949565332131032494955523213
3213103249505556321310324950545432131032495054483213
3213103249504954321310324949575632131032494955533213
3213103249504954321310324949575532131032494957563213
3213103249504953321310324950495732131032495048493213
3213103249504955321310324950504932131032495049483213
3213103249505052321310324950495332131032495048573213
3213103249514949321310324951535332131032495250523213
3213103249504849321310324950485532131032495049533213
3213103249505050321310324950525132131032495052553213
3213103249505150321310324950515732131032495053533213
3213103249495456321310324949555632131032494956513213
```

Fig. VI.2 – Format ASCII de fichier médical reçu

Il est alors indispensable d'implémenter des fonctions et des méthodes (décodages) spécifiques au niveau de la couche application et adaptés au format de représentation. L'implémentation et le choix du type de décodage est justifiée selon le système d'exploitation incorporé sur l'équipement de transmission des données.

- *Génération, enregistrement et transmission de données appropriées au contexte de ces services*: La mise en place d'une méthode pour l'analyse et la synthèse adaptées au problème de décision est guidée par les objectifs et le contexte des services de *télémédecine*. La génération de toutes les séquences de données et les paramètres possibles d'un patient donné, peut aider le médecin à analyser la situation obtenue selon plusieurs critères. Le transfert des données et le stockage des résultats pertinents lui permettent d'avoir les fiches des diagnostics et de revoir les archives pour détecter l'évolution (les changements et les variations) de cette situation.

Par exemple, nous présentons dans ce qui suit, l'algorithme proposé pour la construction des signaux médicaux.

Signal ECG :

```
for (int i=2; i<length(m); i++) {
    tab1[i]=h;
    h=h+78;
}
for (int i=2; i< length(m); i++) {
    g.drawLine(X1,Y1,(((X2/u)*p)/t)+y/a,z - (Y2*x)/q*a);
```

```

Y2=z-((Y2*x)/x-a);
X2=((X2/u)*p)/t*a)+y/a);
}
g.drawLine(30,40,30,270);
g.drawLine(30,270,230,270);
// la graduation X -----
for (int i=1; i<22; i++) {
g.drawLine((i*10)+20,265,(i*10)+20,270);
}
// la graduation Y -----
for (int i=1; i<25; i++) {
g.drawLine(25,(i*10)+30,30,(i*10)+30);
}
// Grid horizontale -----
for (int i=1; i<25; i++) {
g.drawLine(25,(i*10)+30,230,(i*10)+30);
}
// Grid verticale -----
for (int i=1; i<22; i++) {
g.drawLine((i*10)+20,270,(i*10)+20,40);
}
g.drawString("V", 9, 21,0);
g.drawString("T", 230, 268,0);
g.drawString("(s)", 226, 276,0);
g.drawString("0", 12, 271,0);
for (int i=2; i<10; i++) {
title = ""+tab2[i];
g.drawString(title,4,270-j,0);
j=j+20;
title="";

g.drawString(f,4,80,0);
g.drawString(d,4,60,0);
g.drawString(e,4,40,0);
g.drawString(k,4,30,0);
// Scale -----
g.drawLine(100,18,100,28);
g.drawString(s, 75, 15,0);
g.drawLine(100,28,110,28);
g.drawString(n+"E-4 s", 96, 26,0);
for (int i=2; i<5; i++) {
title = ""+tab3[i];
g.drawString(title+"E-4",p,271,0);
p=p+80;
title="";
}

```

- *Gestion, Regroupement et adaptation des méthodes implémentées au contexte*: Chaque méthode appelée, prend comme paramètre d'entrée les résultats de l'appel de la méthode précédente et fournit les résultats de son exécution à la méthode suivante. Ces méthodes enchaînées séquentiellement de façon complémentaire, nécessitent d'être gérées, regroupées entre elles et adaptées en fonction des contraintes imposées par les environnements sur lesquelles elles s'exécutent. La figure (Fig. VI.3), donne un aperçu de la structure générale de la plateforme de télémédecine conçue:

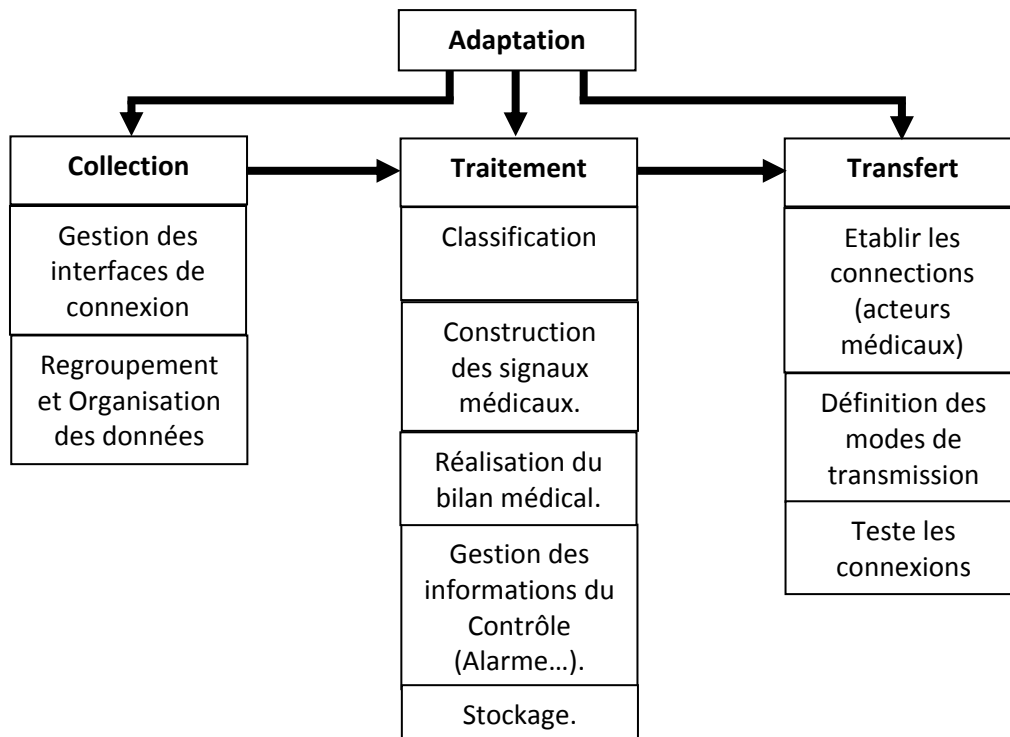


FIG. VI.3 – Enchaînement des méthodes implémentées

Cette stratégie est déployée sur le téléphone portable. Elle a été modélisée selon la méthode *UML* et les diagrammes exposés sur la fig. VI.3 en schématisent la conception de la plateforme des services.

VI.1.3 – Remarques sur les méthodes

Nous pouvons facilement remarquer en premier lieu que les diagrammes implémentent des stratégies d'adaptation appropriées, conditions nécessaires pour qu'ils soient eux-mêmes considérés comme des méthodes adaptées au contexte. Ces stratégies d'adaptation rendent ces méthodes souples, efficaces et exploitent correctement la totalité et les potentialités des services proposés. Nous pouvons aussi voir que chaque diagramme utilise toute une série d'algorithmes implémentés, tels que présentés sur la figure (Fig. VI.3). Cela vient du fait que le corps de cette plateforme, qui est relativement élargie, est implémenté en sous parties ou sous programmes. Cette structure définit une architecture en couche, ce qui facilite la gestion et la tâche pour les traitements complexes. Elle permet aussi d'élargir le domaine d'utilisation et d'applications.

VI.2 – Les séquences de données générées: Système de télésurveillance médicale

Nous allons présenter ici, les séquences de données générées pour les services de santé par la plateforme, construites selon le modèle défini auparavant dans le contexte de *télésurveillance* médicale.

Notre contribution au sein du laboratoire *STIC* consiste à implémenter le traitement indispensable pour la détection des situations critiques et pathologies sur un simple téléphone portable. Le diagnostic, le contrôle et le suivi se réalisent à distance et avec mobilité par le biais des supports sans fil.

Le domaine de la *télé médecine* requière des points cruciaux dans leur démarche de développement. Ils concernent le diagnostic, la transmission en temps réel et la bonne gestion des données partagées entre les acteurs médicaux. Ainsi, les traitements rapides et exacts (sans erreurs) des données des patients permettent de répondre au plus vite à l'objectif du suivi médical à distance.

Notre vision cible une *MIDlet* mobile qui contrôle et détecte quelques pathologies particulières dans un milieu non hospitalier. Les sections suivantes décrivent les différentes phases accomplies par

cette *MIDlet* (traitement...), proposée au médecin pour une consultation immédiate des résultats d'analyse des données *ECG* sans fil.

VI.2.1 – Problématique

Dans le contexte de *télésurveillance* médicale, on s'intéresse particulièrement aux opérations effectuées au niveau du traitement et de l'analyse des signaux médicaux reçus des capteurs sans fil installés et portés par les patients. Cette étape est fondamentale pour une exploitation efficace des potentialités de collecte de grandes masses de données dont l'objectif est d'améliorer le suivi et la sécurité permanente des patients à distance et de prévenir une dégradation de leur état de santé (pathologie). Les informations et les données générées sur une situation détectée doivent être pertinentes aux praticiens. Cette caractéristique d'analyse nécessite de s'intéresser en particulier à la quantité, la diversité des données et au traitement spécifique de chaque patient.

La complexité de cette démarche relate le développement d'une approche articulée autour de la caractérisation et la classification. Elle permet de déterminer les paramètres du signal *ECG* spécifique de chaque personne. Les caractéristiques des comportements habituels varient d'une personne à une autre (inter-individuelle). La complexité réside ainsi dans de larges modifications au niveau de l'individu lui-même (intra-individuelles) en raison de l'aspect peu prévisible.

Le problème aussi, se pose au niveau de l'implémentation des algorithmes efficaces, destinés à résoudre toutes les contraintes précédentes. Cette implémentation nécessite de nombreuses contraintes pré-requis (faible ressource de calcul, capacité mémoire, résolution ...) pour s'exécuter correctement.

VI.2.2 – Positionnement du travail

L'étude envisagée conduit à une solution peu coûteuse, efficace et très confortable pour le patient à tout moment et en tout lieu, pourvu qu'il dispose d'un terminal mobile. Il pourra ainsi bénéficier de la sécurité d'un suivi médical, sans l'inconvénient de la prise en charge hospitalière et sans dépenses excessives.

VI.2.3 – Plateforme du système de télésurveillance médicale

L'architecture du système envisagé pour le suivi à distance est basée sur l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans le secteur médical (**Fig. VI.4**). Elle médiatise l'acte médical en interposant un outil sans fil de diagnostic et de communication entre un médecin et son patient. La plateforme proposée permet de maintenir le contact permanent et immédiat médecin-malade et vient s'ajouter aux outils du médecin au service du patient. Elle exerce une partie de la pratique médicale qui représente un enjeu considérable pour l'amélioration des conditions de soin et de vie des personnes.

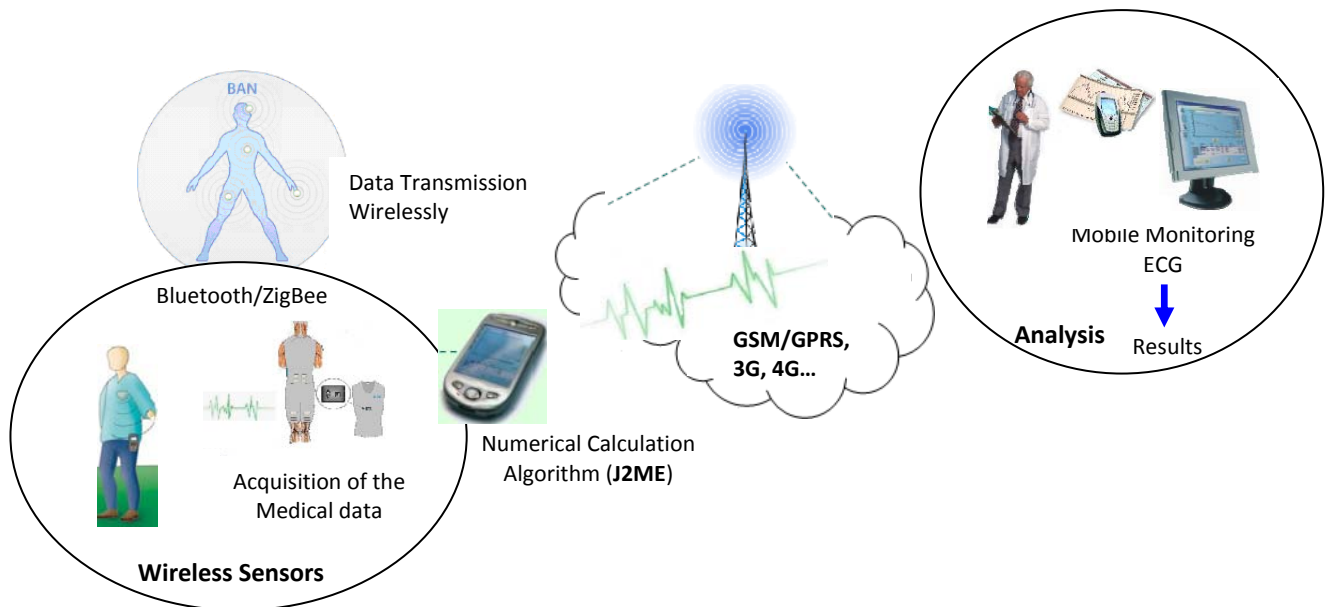


Fig. VI.4 – Architecture de la Plateforme du système

La procédure consiste à intégrer sur le téléphone portable, les opérations suivantes:

- Collection des données *ECG* issue des capteurs.
- Classification de signal *ECG*.
- Détection des pathologies (*ESV*, ...).
- L'enregistrement à distance des résultats de classification 24h/24h sur une base de données.
- Envoi d'une alarme en cas d'une pathologie dangereuse.
- Visualisation du signal *ECG* sur l'écran de terminal mobile (médecin).
- Possibilité de zoomer la partie en question sur ce signal *ECG*.

VI.2.3.1 – Modèle conçu pour les risques cardiovasculaire

Actuellement, de nombreux travaux de recherche tentent de développer de nouvelles approches d'aide à la décision, dans le but de réaliser des systèmes intelligents qui tiennent compte de la spécificité de l'utilisateur.

Le cas concret sur lequel nous avons travaillé, relève du domaine de l'interprétation automatique des *ECG*. Nous avons tout d'abord proposé un modèle original de traitement des données, puis nous nous sommes plus particulièrement intéressés à la détection de quelques pathologies cardiaques (situations critiques). Les résultats obtenus par ces algorithmes implémentés sur le terminal mobile présentent la même précision que celle obtenue par simulation sous *MATLAB*, d'où l'intérêt de l'utilisation de ce système.

Quoiqu'il en soit, il n'existe certainement pas de méthode universelle pour l'aide à la décision, mais il va falloir procéder par fusion de données en intégrant davantage d'information (données cliniques, historique médical, etc.) dans le processus décisionnel.

Le système de décision embarqué dans la plateforme des services de *télémédecine* est dans sa vision globale basé sur l'utilisation des méthodes et des fonctions implémentés sur le terminal mobile avec une génération d'alarmes et de leur niveau prenant en considération les scores de risque évalués par les algorithmes implémentés.

Cependant, pour obtenir un diagnostic plus précis et plus personnalisé, nous avons envisagé une approche qui consiste à inclure dans le processus décisionnel une stratification des informations cliniques du patient telles que les facteurs de risque. Le fait d'ajouter une information supplémentaire dans la décision finale devrait permettre d'avoir une marge de sécurité supplémentaire.

La figure (Fig. VI.5) illustre l'évolution du processus décisionnel que nous préconisons de mettre en place dans notre plateforme mobile des services.

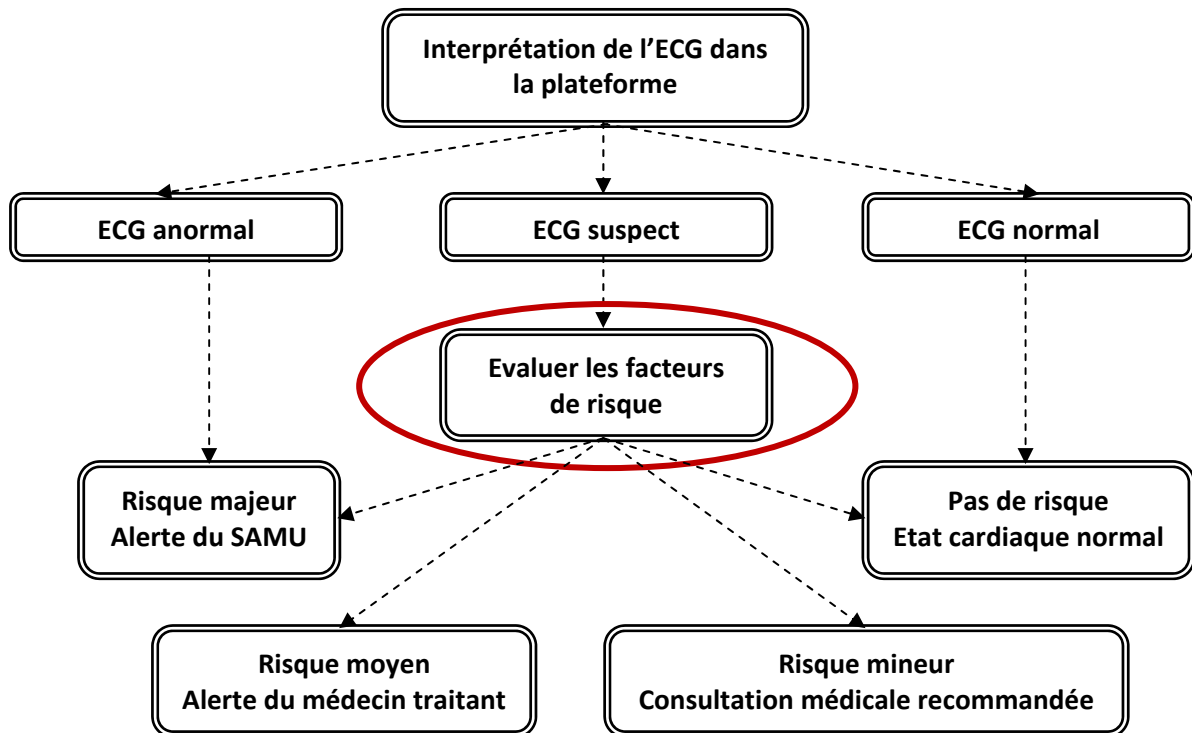


FIG. VI.5 – Modèle pour les risques cardiovasculaires

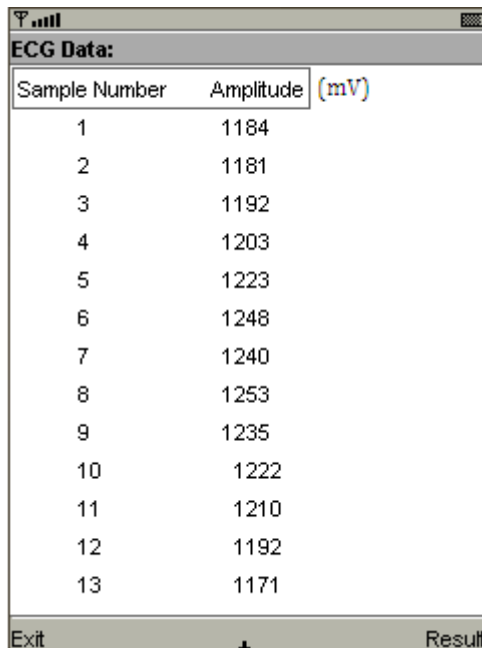
La version actuellement embarquée dans la plateforme consiste en un module qui analyse l'ECG et en fonction du score de risque déclenche l'alarme majeure, moyenne, mineure voire aucune alarme. Ce modèle devrait inclure en plus de ce module, un ensemble des méthodes de stratification des facteurs de risque. Ces méthodes interviennent après l'interprétation de l'ECG, lorsque l'ECG est jugé comme suspect (ce qui correspond à une alarme moyenne ou mineure) soit pour confirmer le niveau d'alarme, soit le modifier en fonction des facteurs du sujet [121].

VI.2.3.2 – Résultats

Comme nous l'avons déjà vu auparavant, l'environnement J2ME a été exploité pour l'implémentation du modèle de simulation. Ce processus génère les paramètres et les informations de l'ECG sur un téléphone portable pour la procédure de classification.

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

Lors du démarrage de l'application, la MIDlet permet au médecin d'activer le mode de la télésurveillance médicale ECG (Remote Monitoring ECG). Dès sa mise en service, elle fonctionnera et communiquera de façon autonome avec le réseau de capteurs de mesure. Le téléphone collecte alors périodiquement les échantillons, générés par ces capteurs sans fil du patient (Fig. VI.6). Il se charge de stocker ces données de façon séquentielle sous forme de vecteurs de 10000 échantillons afin de les impliquer dans le traitement nécessaire et suffisant à la détection des situations critiques.



Sample Number	Amplitude (mV)
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

FIG. VI.6 – Acquisition de 10000 échantillons du patient (Signal ECG).

La figure (FIG. VI.6) montre l'organisation en vecteurs (10000 échantillons) des valeurs de l'ECG transférées via les technologies PAN sans fil (*Bluetooth*) à la mémoire interne du téléphone mobile. Le nombre des échantillons est important par rapport aux ressources offertes par le terminal mobile. L'intégration d'une telle quantité de mesures sur le Smartphone dépend alors de la taille mémoire disponible et du format dont les données sont représentées sur le terminal. Nous avons abouti par simulation à une valeur maximale de 10000 points, autorisée par l'outil *Sun Java™ Wireless toolkit*. Cette valeur est suffisante pour effectuer une analyse sur plusieurs battements le long du signal ECG. Les mesures de la figure (FIG. VI.6) 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, elles sont converties au format nombres juste pour effectuer les opérations arithmétiques. Cette quantité de données collectées, nous a permis d'avoir des résultats pertinents lors de la classification.

Hors de cette limite de 10000 échantillons, le gestionnaire d'applications découvre que la *MIDlet* n'est pas bien adaptée et par conséquent, il détecte un manque de 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 les services de l'application et de bien répondre aux objectifs de la *télé médecine*.

L'application embarquée sur le dispositif mobile, permet de communiquer les données *Bluetooth* via le support API JSR 82. JSR 82 implémente deux APIs distincts, l'interface de la gestion de réseau *Bluetooth* (découverte de dispositif et l'échange de données) et l'API du protocole de l'échange OBEX.

Les données asynchrones du capteur sont fournies au mobile sur son interface *Bluetooth*. L'unité d'acquisition de signal, envoie les données sans interruption au cours d'une période, en blocs d'échantillons d'ECG, c'est à dire au format des octets (bytes) binaire. La *MIDlet* collecte les bytes reçus sur des vecteurs pour le traitement, les calculs (FIG. VI.7, FIG. VI.8) et le tracé des échantillons d'ECG (FIG. VI.11, FIG. VI.12).

Il est à noter que plusieurs technologies (PAN (Bluetooth) ou WAN (GSM/GPRS)) peuvent être employées pour transmettre ces données médicales. Nous proposons dans cette thèse, d'exploiter les deux technologies pour la diffusion de données entre le Réseau de capteurs doté d'une station de base et le mobile. Le logiciel embarqué sur le terminal, doit être capable d'activer le mode correspond à l'architecture déployée. Par conséquent, cette solution, nous donne la possibilité d'avoir une bonne autonomie, une grande couverture et une adaptabilité hétérogène.

A – Analyse du signal ECG: les ondes caractéristiques

Comme il a été mentionné auparavant, le but de cette partie de recherche 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 des algorithmes de calcul sur le mobile (cœur de la plateforme). Ils déterminent les paramètres les plus significatifs nécessaires à la caractérisation et le repérage précis et continu 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 scénario, 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. Il s'agit donc de sensibiliser le lecteur à l'importance de l'étude des caractéristiques des ondes (formes, distances relatives...) qui va au delà d'une simple analyse du rythme. Nous exposons dans la suite des tracés normaux, anormaux, des cas particuliers (**Fig. VI.14**, **Fig. VI.15** et **Fig. VI.16**) et les paramètres caractéristiques (**Fig. VI.7** et **Fig. VI.8**) qui sont justement ceux que les algorithmes seront amenés à analyser.

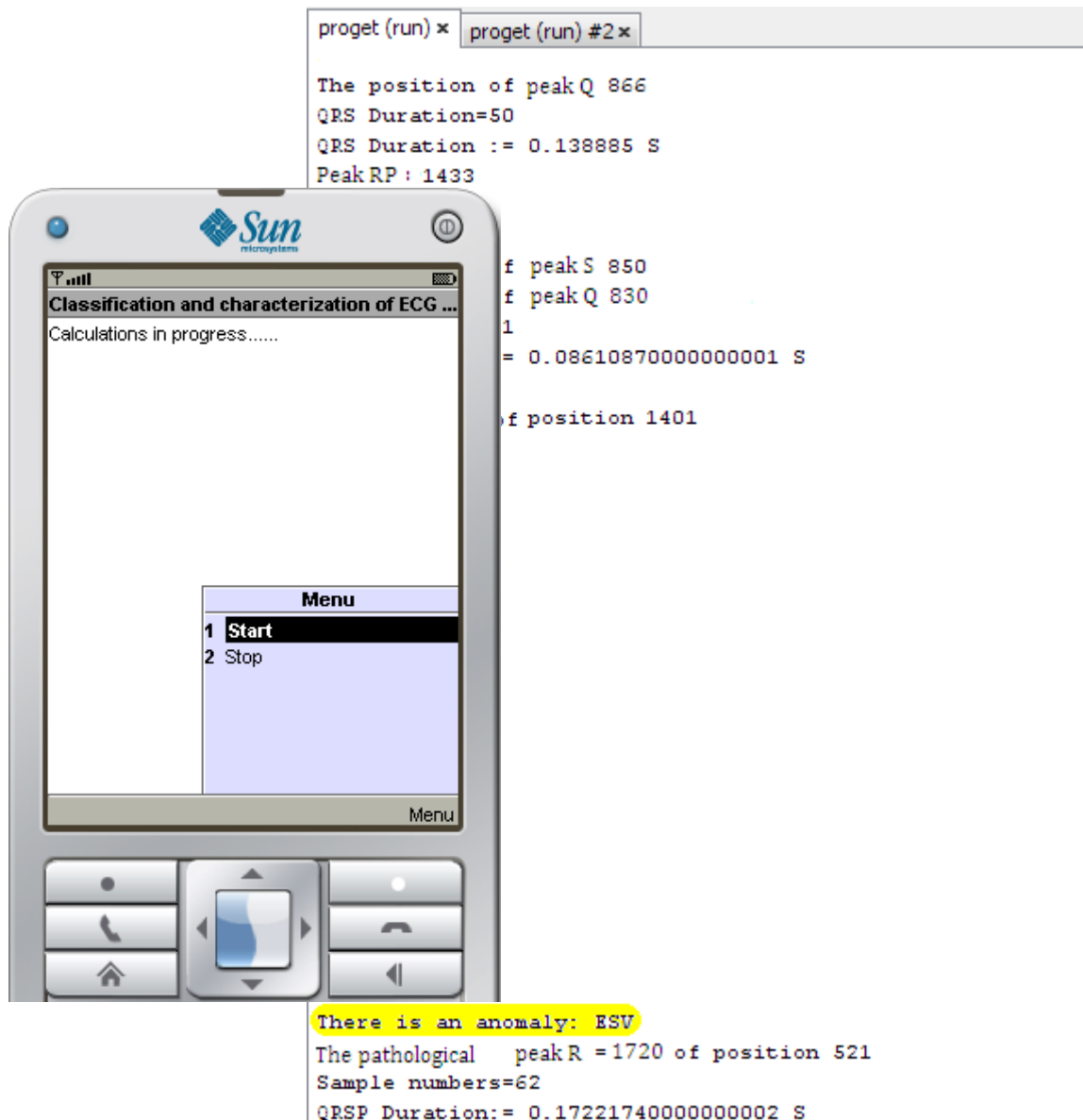


FIG. VI.7 – Génération des séquences de données

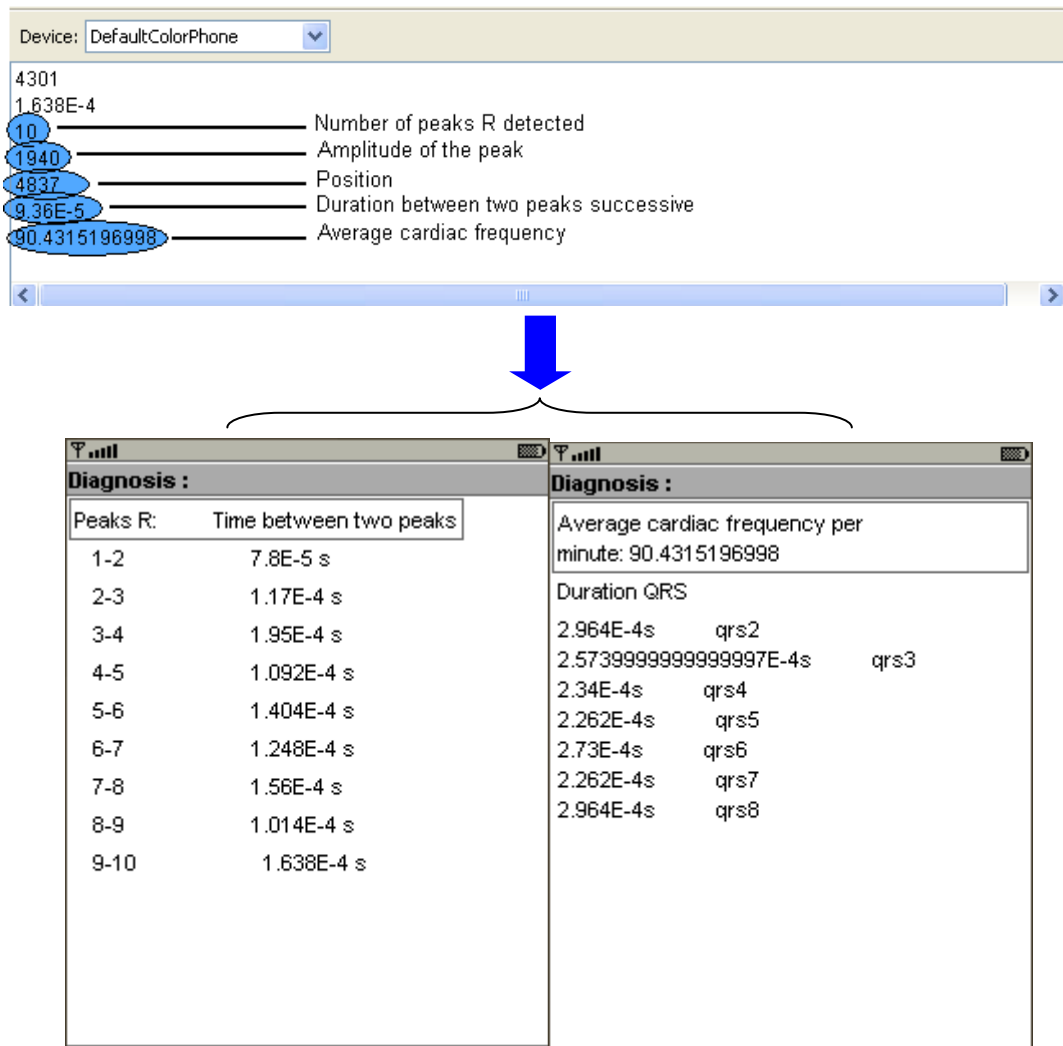


FIG. VI.8 – Génération, affichage et stockage des paramètres du signal ECG

Nous avons implémenté, les deux types de diagnostic (rythme et forme 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 (Fig. VI.7, Fig. VI.8). 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 TAB. II.3.b).

Le problème de cette détection est qu'il faut d'une part, étudier et adapter plusieurs cas (Fig. VI.14, Fig. VI.15 et Fig. VI.16) et d'autre part intégrer le maximum possible de battements lors du traitement. Ceci, conduit à minimiser les ambiguïtés et les erreurs de diagnostic et par conséquent aboutir à une analyse fiable.

Ainsi, la difficulté réside dans la gestion et le traitement de cette quantité de données sur le mobile en raison des ressources limitées du terminal mobile, ce qui nécessite de trouver un compromis pour une solution optimale et efficace.

Une fois l'étape de détection des ondes R achevée, les algorithmes de balayage gauche et droite, sont activés 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 (Fig. VI.7, Fig. VI.8). 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 les tableaux: **TAB. II.3.a** et **TAB. II.3.b**.

En raison des ressources limitées du terminal mobile, nous exploitons lors des phases de détection des vecteurs de stockages adaptés à la taille mémoire disponible. Notre stratégie consiste à récupérer et traiter régulièrement les données issues des capteurs (Fig. VI.6) sur un vecteur à écraser périodiquement, afin d'optimiser la mémoire pour le stockage des résultats pertinents, ce qui permet au médecin de revoir les archives (Fig. VI.8). Ainsi, le médecin est invité à consulter les derniers résultats reçus (base de donnée, téléphone portable...) de son patient (Fig. VI.9) afin de prendre la décision adéquate.

Key code	R position	QRS Duration	S N	The date	Type
10	2224	0.0777756	28	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	2740	0.0722202	26	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	3265	0.0777756	28	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	3777	0.0749979	27	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	4086	0.0916641	33	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	4281	0.1305519	47	Mon Jul 06 12:03:42	ESV
10	4754	0.0944418	34	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	4888	0.0916641	33	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	5082	0.136107300000000001	49	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	5551	0.0944418	34	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	5747	0.138885	50	Mon Jul 06 12:03:42	ESV
10	6218	0.086108700000000001	31	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	6457	0.1444404	52	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	6468	0.083331	30	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	6782	0.0611094	22	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	6978	0.172217400000000002	62	Mon Jul 06 12:03:42	ESV
10	7180	0.1333296	48	Mon Jul 06 12:03:42	TACYCHARDIA
10	7461	0.0777756	28	Mon Jul 06 12:03:42	NORMAL
10	7462	0.136107300000000001	49	Mon Jul 06 12:03:42	ESV

FIG. VI.9 – Les informations médicales reçues (Base de données)

Enfin, les résultats générés et les signaux tracés (construits) sont sauvegardés à distance sur une base de données auprès du médecin traitant et éventuellement affichés sur son écran. Quelques résultats pertinents sont stockés dans la mémoire de l'outil de diagnostic (téléphone portable) en cas d'une

déconnexion réseau éventuelle. Pour cela, un test de connectivité, réalisé périodiquement pour les équipements de liaison entre les acteurs médicaux juste avant le transfert des données utiles, permet d'évaluer l'état des connexions réseaux.

L'envoi est immédiat d'un SMS/MMS (informations de contrôle) au médecin traitant en cas de détection d'une pathologie (Fig. VI.10).

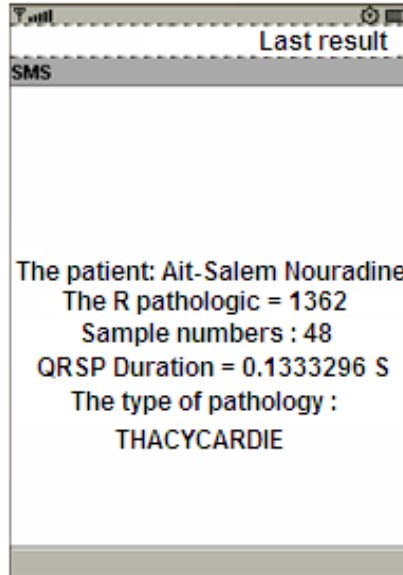


FIG. VI.10 – Pathologie détectée, envoyée immédiate

Le médecin peut également observer les signaux ECG en temps réel sur son écran (Fig. VI.11, Fig. VI.12):

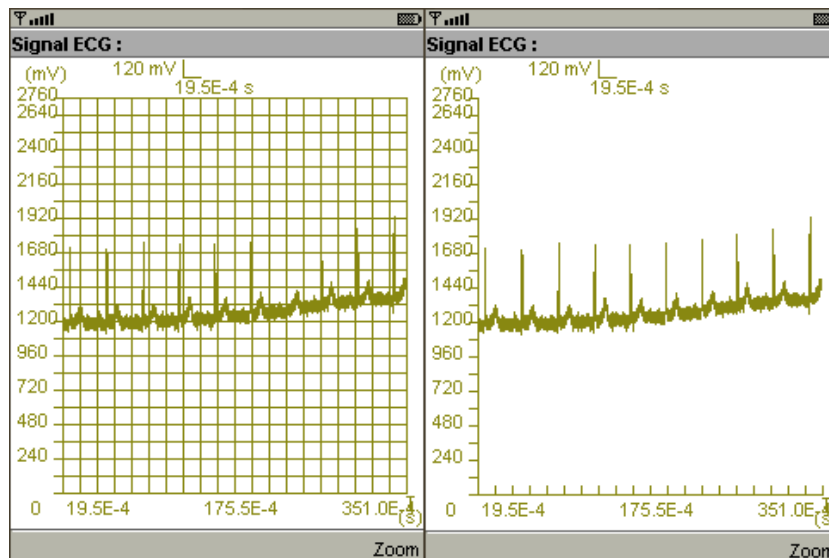


FIG. VI.11 – Signal ECG du patient A (avec et sans Grid)

Le signal de la figure (Fig. VI.11) présente un exemple de séquences temporelles réelles d'un patient dans un contexte expérimental.

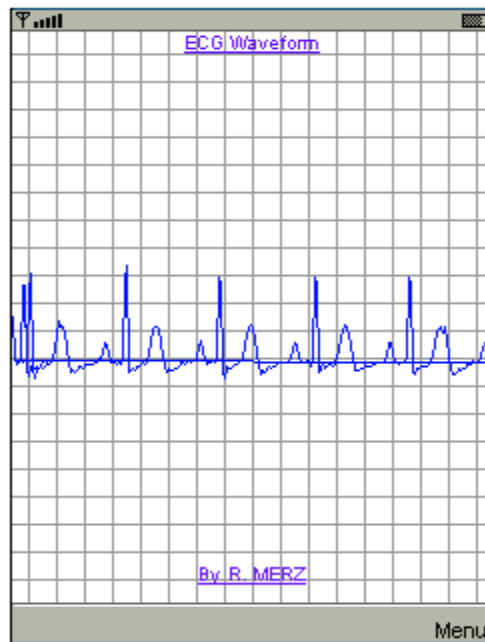


FIG. VI.12 – Signal ECG du patient B

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* d'offrir un service d'affichages multi-terminaux, adaptables et portables, ce qui rend ces types d'applications utilisables dans des contextes variés et répond par conséquent aux différents besoins liés à la nature des environnements mobiles.

Une option supplémentaire, permettant de zoomer 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 (FIG. VI.13).

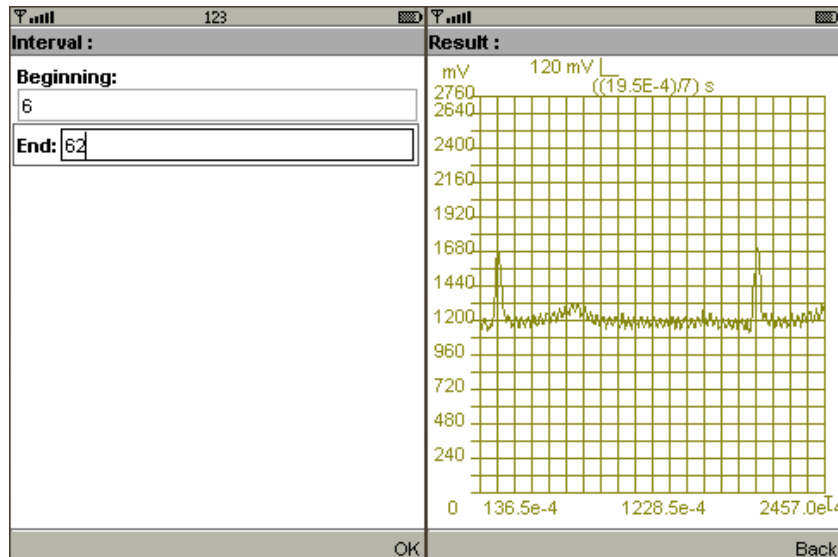


FIG. VI.13 – Zoom une partie de la courbe

B – Cas particuliers

Le problème de détection des situations critiques d'une personne à partir des données collectées à distance nécessite la conception d'assistants intelligents. Plusieurs cas et situations peuvent être évoqués lors de l'étape d'analyse des données. Les projets développés et les plus avancés jusqu'à présent dans ce contexte s'intéressent souvent à une pathologie particulière, ou bien à un ensemble restreint ou spécifique de paramètres.

Ainsi, on n'a pas identifié de recherches avancées vers la conception d'un assistant intelligent « générique », qui permet d'étudier et d'analyser toutes les situations inhabituelles rencontrées. On a décidé alors de mener des travaux dans le contexte de certaines observations anormales du tracé *ECG*. Il s'agit ainsi, de sensibiliser le lecteur à l'importance de l'étude à long terme de la diversité des cas possibles et de la spécificité du comportement de chaque personne.

Dans ce stade là, nous complétons les travaux de recherche de cette thèse par quelques cas particuliers et signes présentés sur l'outil de génération d'interface graphique. Nous avons identifié alors, l'existence de ces observations par une démonstration graphique présentée aux experts.

On présente sur les figures, **FIG. VI.14**, **FIG. VI.15** et **FIG. VI.16**, les tracés et les indications soulevés par les algorithmes de reconstitutions des signaux.

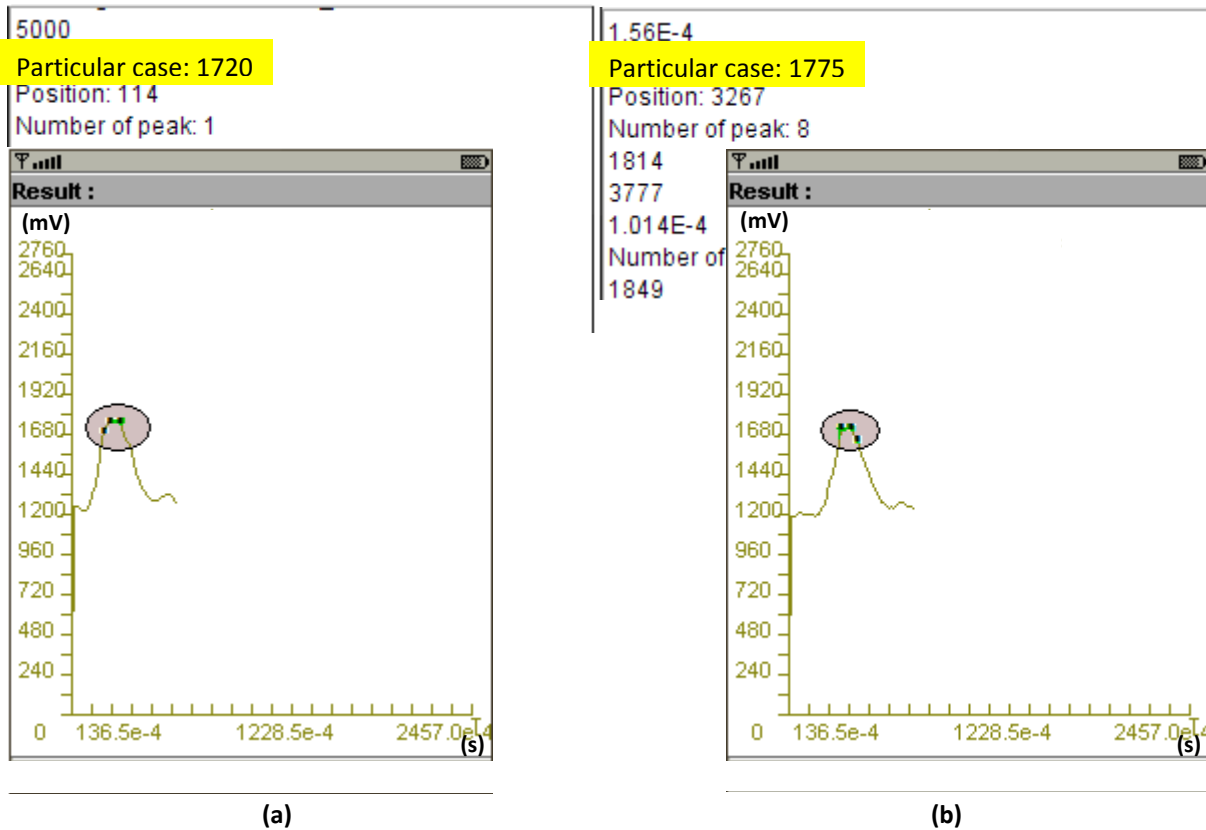


FIG. VI.14 – Zoom sur des points centraux du pic

(a): deux maximums égaux (le centre avec le suivant) – (b): deux maximums égaux (le centre avec le précédent)

Les figures **FIG. VI.14 (a) et (b)** représentent deux maximums égaux d'un pic R, que ce soit le centre avec le point précédent ou le centre avec le point suivant. L'implémentation de ces deux cas, est menée dans l'objectif de développer plus précisément des algorithmes destinés à la détection. Il s'agit en particulier d'étudier de nombreux cas possibles adaptés aux exigences et aux besoins de la *télésurveillance* médicale. Il est ainsi nécessaire d'être précis dans le modèle conceptuel pour répondre à la finalité de la surveillance dans le respect de la vie privée des personnes.

La figure (**FIG. VI.15**), illustre le zoom d'un dédoublement du pic R sur le signal *ECG*. Il s'agit de deux maximums égaux et deux maximums de valeurs différentes dont la séparation redescend en dessous du seuil.

Comme il nous est impossible de savoir où se situe réellement le pic R, nous avons imposé un minimum à l'intervalle entre deux positions successives de pics pour corriger ces erreurs. Nous effectuons alors une moyenne des instants d'apparition des deux pseudo-pics, ce qui revient à considérer que le pic R se situerait au milieu des deux pseudo-cycles.

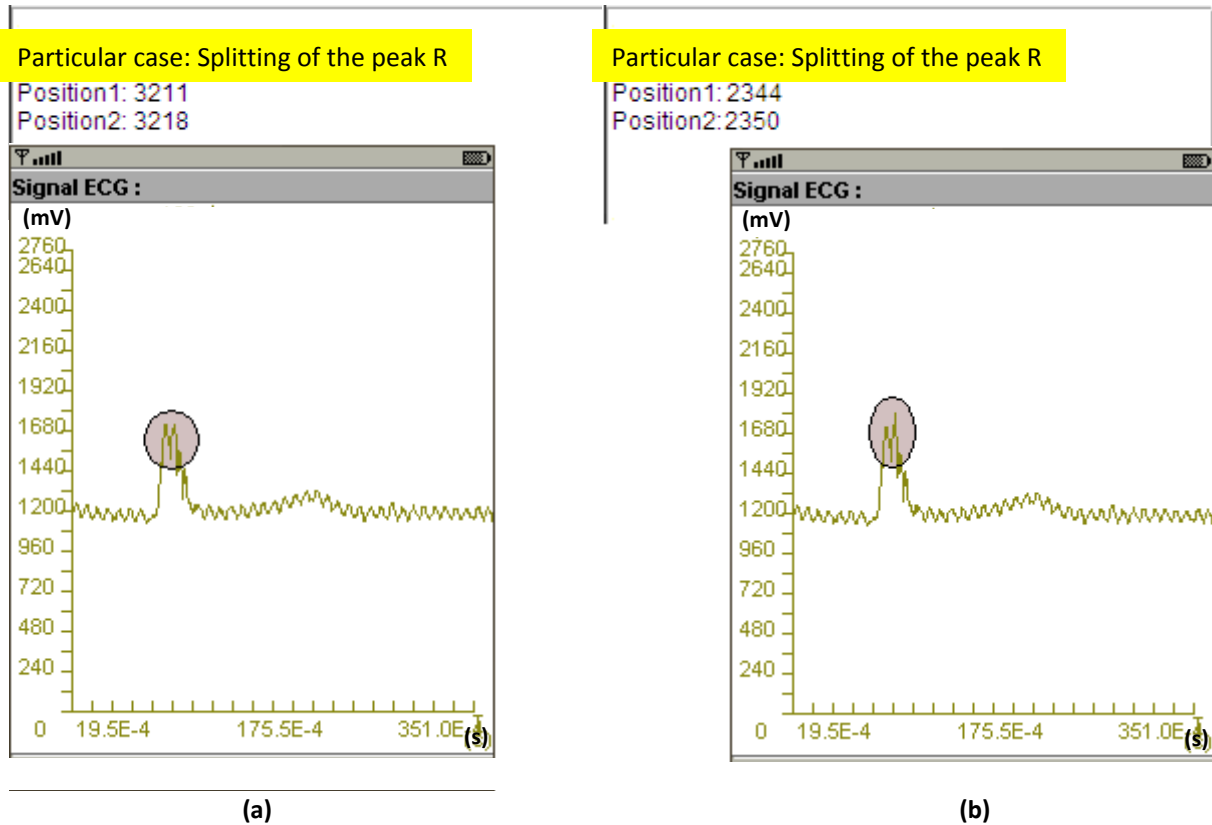


FIG. VI.15 – Détection aberrantes (Zoom sur des pics dédoublés)
(a): deux maximums égaux – (b): deux maximums de valeurs différentes

Finalement, la figure (Fig. VI.16) expose quelques observations anormales (anomalies) du tracé ECG. Elle met en évidence l'installation de pathologies particulières, associées souvent à des modifications des variations habituelles de certains paramètres physiologiques. Dans ce contexte, de nombreuses situations peuvent être rencontrées (ne sont pas abordés ici) qui nécessitent d'être étudiées à long terme afin de bien identifier cette axe recherche. En effet, l'apprentissage du comportement habituel d'une personne à différents niveaux n'est pas vraiment l'objectif de cette thèse. Ainsi, le problème réside dans l'implémentation des algorithmes qui ne permettent pas de couvrir tous ces détails sur des situations critiques ou inquiétantes. En outre, il est apparu que ce problème était récurrent et que nous n'en viendrions pas à bout, ce qui conduit à non plus envisager la description exhaustive de l'ensemble des cas critiques possibles. Pour cela, nous avons exploité l'outil graphique afin de compléter ce manque. Il s'agit de l'envoi d'images graphiques médicales à distance pour consultation par des experts.

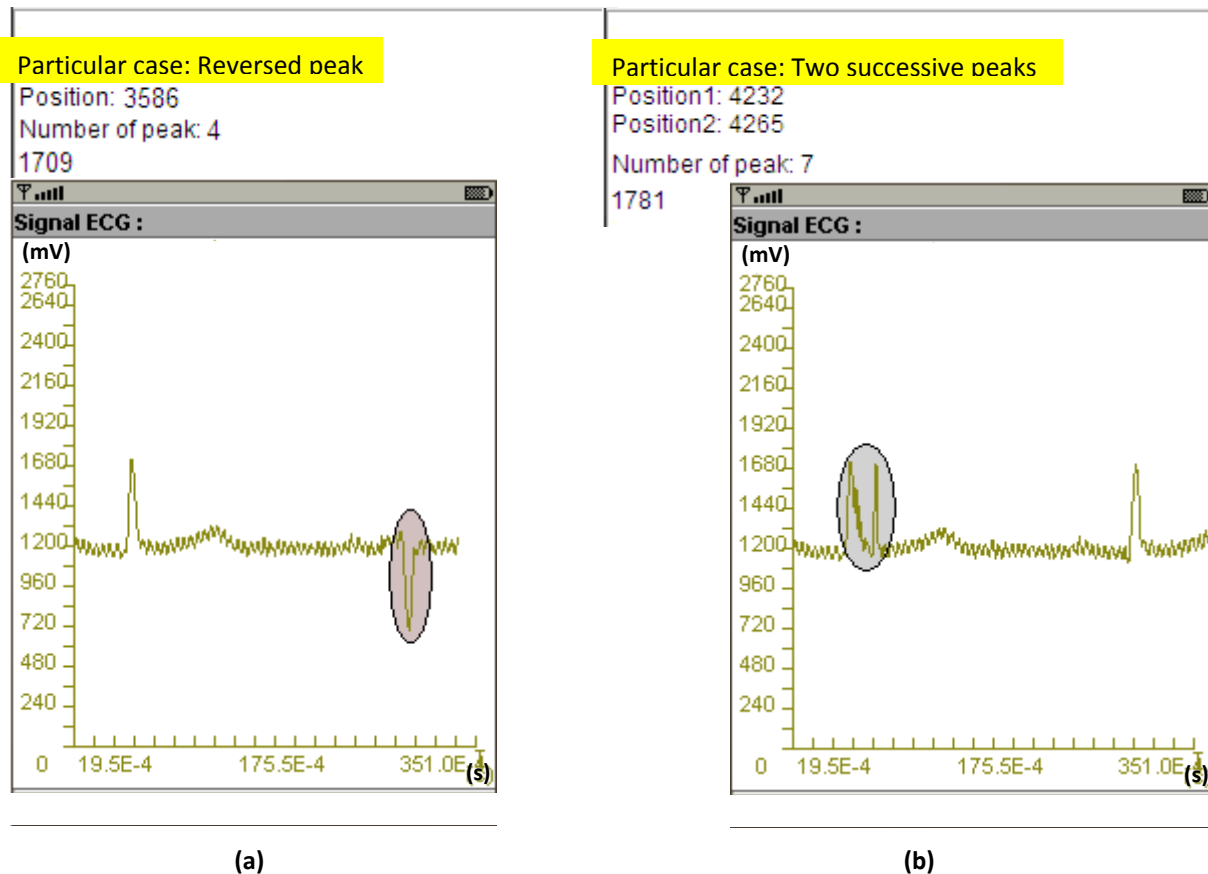


FIG. VI.16 – Détection anomalies
(a): Pic inversé – (b): deux pics successives

VI.3 – Les séquences de données générées: Système de téléassistance médicale

La deuxième partie de ce document propose les séquences de données, générées pour les services de santé par la plateforme, et construites selon le modèle défini auparavant dans le contexte de *téléassistance* médicale. Dans le cadre des travaux de cette thèse, on s'intéresse particulièrement à la conception et au développement d'un middleware centralisé pour gérer les données des capteurs. Ces données sont communiquées via des interfaces de connexions. Donc, la *MIDlet* conçue doit être capable de collecter les informations sur plusieurs points de connexion.

VI.3.1 – Téléassistance médical de personnes transportées

Dans notre cas, le service de *téléassistance* est destiné en particulier aux personnes à risques transportés au *SAMU* ou service d'urgence pour une prise en charge plus rapide et efficace. Ainsi, un bulletin ou un bilan médical est rempli sur un terminal mobile, immédiatement envoyé au téléphone portable du médecin spécialiste ou au service des urgences. Ce système exploite la mobilité des réseaux sans fil pour envoyer le bulletin médical d'un patient avant son arrivée à l'hôpital ou sur tout autre lieu médicalisé.

VI.3.2 – Problématique

Dans ce travail, nous nous intéressons à la conception et à la mise en œuvre d'un système ouvert de fourniture de services dans un environnement mobile. Ce système doit, d'une part, répondre aux besoins des personnes à risques et, d'autre part, se baser sur les technologies et les standards définis dans ce cadre. Ils concernent notamment la conception d'architectures de communication entre les acteurs de ces systèmes et l'implémentation des unités logicielles efficaces et adaptables. Cette adaptation relate toutes les contraintes des terminaux mobiles abordés auparavant.

Le problème aussi, se pose au niveau de la gestion de données communiquées par les capteurs de

mesures au mobile. Le terminal portable doit implémenter une méthode capable de partager l'accès entre les différentes sources d'émission pour la collection des données. Les détails de l'algorithme sont présentés dans la section suivante.

Dans ce contexte, l'étude envisagée conduit à une solution peu coûteuse, efficace et très confortable pour les patients transportés. Ces derniers, pourront alors bénéficier d'une sécurité permanente et d'un accès direct au service concerné en cas d'hospitalisation.

VI.3.3 – Plateforme de Téléassistance médicale

La plateforme envisagée permet, à tout moment, à une personne transportée en urgence (Service SAMU) d'être en contact avec son praticien traitant. L'objectif est de simplifier le travail des médecins en leur procurant un moyen d'être plus efficace en termes de rapidité de transmission des données. Ainsi, le problème du malade sera pris en charge rapidement dès son arrivée au service des urgences (Fig. VI.17).

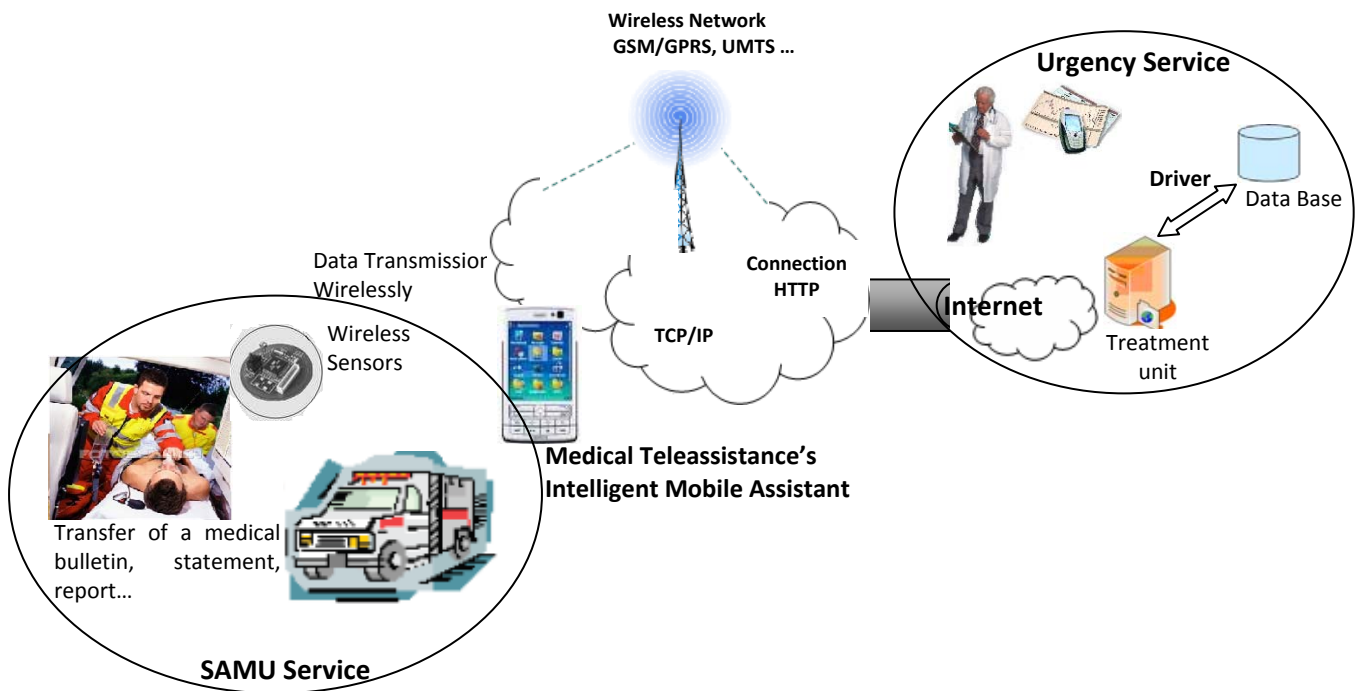


FIG. VI.17 – Architecture de la Plateforme du système

La procédure consiste à intégrer sur le téléphone portable, les opérations suivantes:

- Collection et gestion des données issue des capteurs en vue de réaliser un bilan médical.
- Transfert en temps réel du bulletin (toutes les informations nécessaires : signal ECG, Température, Tension...) au service des urgences.
- Exploitation et activation de tous les modes de transmission à travers les réseaux hétérogènes (*Internet, GSM/GPRS...*).

VI.3.4 – Résultats

Le Smartphone communique de façon autonome avec les capteurs sans fil du patient. L'assistant (le mobile) de *téléassistance* médicale collecte et récupère alors périodiquement les échantillons de mesure générés par ces différents capteurs sans fil (Fig. VI.18, Fig. VI.19).

Ce travail porte sur les algorithmes d'allocation de créneaux de temps associés à un ensemble de capteurs en conservant une bonne gestion lors des communications. Cette approche, proposée pour stabiliser les connexions, assure que le système converge vers une allocation TDMA. La base de notre algorithme consiste en une technique de regroupement et d'exécution des threads multitâches. On attribue pour cela, des créneaux de temps d'utilisation. Chaque thread de la *MIDlet* établit la

connexion sur un capteur pendant un intervalle de temps. Nous ne considérons ici que le capteur d'ECG qui est le plus prioritaire par rapport aux autres. Le reste des nœuds sont de même priorité, ce qui implique que chaque nœud dispose autant de bande passante que les autres.

Ces programmes se chargent de stocker ces données d'une façon séquentielle sous forme d'un ensemble de vecteurs (plusieurs cases). Une partie de ces données va être traitée par cet algorithme afin de générer les signaux voulus et par conséquent les intégrer dans le bulletin médical à envoyer. Tandis que le reste de ces données seront organisées et regroupées sous forme d'un formulaire rempli. L'ensemble constitue le bilan médical de la personne transportée en ambulance.

Medical Data for Mobile Teleassistance	
Name	Mohammed
Last Name	MASMOUDI
Age	44
Sex	♣ Masculine
Grouping	♣ 0+
Temperature	39
Tension	13
Nature of accident	Accident
Transfer of ECG signal	♣ Yes
Exit	Send

FIG. VI.18 – Bilan Médical

L'interface (FIG. VI.18) de l'assistant de *téléassistance* représente l'organisation d'un bilan médical préliminaire (différents paramètres) à envoyer immédiatement. Il est structuré comme un formulaire rempli par des données hétérogènes relatives à la personne transportée (SAMU) en cours. Les données sont transmises de la même manière sauf le rythme cardiaque. Il faudrait alors s'attacher au type des données cliniques afin de déterminer leur fréquence d'envoi et leur mode de stockage sur le téléphone portable. Les données concernant le rythme cardiaque sont envoyées de manière séquentielle en blocs d'échantillons sous forme des bytes. La *MIDlet* de réception regroupe ces bytes reçus pour tracer le signal ECG correspondant.

L'adaptation des données ECG au contexte consiste à remplacer une ressource graphique à envoyer au médecin traitant. Pour cela, nous avons remplacé une représentation dans l'espace 2D par ses échantillons descriptifs. Notons que le débit d'envoi des données à un autre téléphone ou à une *Servlet* est suffisant pour transmettre ce genre de mesures.

Medical Bulletin

Age :
44

Grouping :
0+

Temperature
39

Tension
13

Nature of accident
Accident

ECG_Signal

Exit ↑

FIG. VI.19 – Bilan Médical reçu

Remarque: Quelques informations concernant le Nom, Prénom..., nécessite l'intervention de l'urgentiste avant l'envoi du Bilan Médical.

Les données médicales récupérées sur l'outil de *téléassistance* sans fil, sont soit exploitées pour générer les signaux médicaux, ou bien sont organisées dans des champs bien spécifiques avant d'être envoyées. Le médecin peut alors consulter le bilan médical du patient (Fig. VI.19) afin de prendre la décision la plus adaptée.

VI.4 –Évaluation de la qualité des résultats

L'évaluation de la qualité des résultats obtenus est réalisée en expérimentant les méthodes et les stratégies proposées pour le traitement et l'analyse (classification...) des séquences et des signaux à distance pour lesquels on connaît a priori les caractéristiques des motifs et la localisation temporelle de leurs zones inquiétantes.

Les performances de la plateforme proposée sont alors évaluées selon la sensibilité au contexte et la pertinence des résultats pour l'identification du comportement en cours. Cette identification estime la précision de la classification dans le respect de la qualité du suivi à distance pour la prise d'une décision convenable. On s'intéresse en particulier au contexte de la présence d'une masse de données à analyser par des algorithmes adaptés au mobile et conçus pour la détection de différentes pathologies (plusieurs situations). L'objectif est ainsi d'évaluer l'efficacité de ce système proposé au contexte de cet ensemble de situations possibles.

Dans notre contexte, l'expérimentation est réalisée en fonction des connaissances prédéfinies à l'avance. Cela conduit à une analyse de séquence qui est basée sur les connaissances a priori des paramètres générés et des caractéristiques qu'elles contiennent. Pour cela, nous observons en particulier l'évolution des indices de sensibilité et spécificité en fonction de ces paramètres clés implémentés au système. Nous avons évalué également les performances de cette plateforme selon la fiabilité, le tarif du transfert des données dans les deux sens et le temps de réponse Client-Serveur.

[119] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Design and Development of an Intelligent Mobile Health Tele-assistance System in Ambulance Practice Service», In *(IJCNIS) special issue on Recent Advances in Wireless Networks*, Pakistan, 2010.
<http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=9151©ownerid=10600>.

[120] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Algorithm of Remote Monitoring ECG Using Mobile Phone: Conception and Implementation», In *African Journal of Information and Communication Technology (AJICT)*, Vol. 5, Number 2, June 2009.
ISSN: 1449 – 2679.
<http://epress.lib.uts.edu.au/ojs/index.php/ajict/article/view/E111032009006/1134>.

[121] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Design and implementation of an algorithm for cardiac pathologies detection on mobile phone», In *International Journal of Wireless Information Networks (IJWIN)*, Springer, Vol. 18, Number 1, pp. 11–23, March 2011.
ISSN: 1068 – 9605.
DOI: 10.1007/s10776-011-0129-1.
<http://www.springerlink.com/content/383251061x34l242/fulltext.pdf>

Conclusion générale et perspectives

Cette thèse traite la conception, le développement et le déploiement de services en *télé médecine* adaptés aux environnements mobiles. Elle a pour but de proposer une plateforme permettant aux usagers mobiles (terminaux mobiles) de découvrir, bénéficier et d'exécuter des services sensibles au contexte et à leur environnement.

Les services proposés sont adaptés aux téléphones portables (faibles ressources : capacité, taille de l'écran, résolution...) et aux ressources disponibles du réseau.

Nous avons commencé nos travaux de recherche dans le cadre de cette thèse par l'identification des besoins imposés par la fourniture de services sur les terminaux mobiles. Ces besoins sont essentiellement liés, d'une part, à la souffrance des patients (personnes cardiaques...) dans un milieu non hospitalier, à la détection de leur situation critique ou inquiétante et à leur prise en charge, et d'autre part, à l'adaptabilité de ces services et applications sur des terminaux à faibles ressources (téléphones mobiles). Trois besoins ont été étudiés en détail: Il s'agit de la sensibilité au contexte, de déploiement des services et de l'adaptabilité des services et applications au contexte de leur exécution. Ensuite, nous avons présenté un panorama des travaux de recherche, de concepts généraux, de standardisation et des systèmes adaptables au contexte.

La plateforme proposée a été construite selon une approche hybride et incrémentale afin de répondre aux objectifs suivants :

- S'adapter à la complexité d'un contexte hétérogène et multidimensionnel (paramètres générés, l'hétérogénéité des systèmes...);
- Assurer la validation du système au niveau du respect des objectifs prédéfinis dans un contexte donné, et de sa pertinence plus globale pour la résolution d'un problème.
- Adaptation des méthodes et des algorithmes implémentés au contexte mobile.

L'étude s'articule ainsi autour d'une démarche de conception et de développement dans le respect de la complexité et des objectifs du contexte des services de *télé médecine*, puis sa vision plus globale dans le cycle de résolution du problème de classification pour assurer la détection de situations critiques. Cette approche de conception modulaire (architecture en couche) permet de prendre en compte les différents contextes des situations possibles, en permettant de regrouper, d'analyser et de réaliser les traitements par un ensemble des méthodes de la plateforme, ce qui facilite la tâche pour les traitements complexes.

Ces travaux de thèse ont permis une première analyse de la classification des comportements des personnes cardiaques à distance à partir de la fusion de données générées par un ensemble de capteurs sur les environnements mobiles. Tout écart par rapport à ce profil comportemental est susceptible de correspondre à une situation inquiétante ou critique. La démarche proposée comprend (I) la définition du contexte et des objectifs de la problématique, (II) la mise en place d'une plateforme de fourniture de services adaptée aux terminaux mobiles et (III) les services proposées dans cette thèse.

La formulation de la problématique d'étude a mis en évidence la nécessité de bien définir les contraintes et objectifs de résolution à la fois pour la mise en place d'une plateforme de conception

des services et pour bien répondre aux exigences et aux besoins des publics en générale et en particulier des personnes dépendantes. Ces éléments forment ainsi un cycle de résolution d'un problème qui peut être itéré tant que les résultats de la décision ne sont pas en adéquation avec les objectifs fixés.

La mise en place d'une plateforme de fourniture de services a en particulier montré la complexité des variations individuelles et conjointes des paramètres étudiés, le manque de connaissances a priori disponibles, la diversité des profils de comportement et des situations rencontrées et l'adaptabilité des services proposés au contexte de leur exécution. Une démarche incrémentale et hybride a été proposée dans le contexte des services de *télé médecine* pour la construction d'un modèle. La validation des résultats obtenus a été réalisée et effectuée suivant deux modèles selon que nous disposons ou non de données expérimentales pour les paramètres considérés : la validation intuitive avec l'aide des connaissances d'un expert, si nous ne disposons pas de données expérimentales associées au contexte et enfin la validation par un logiciel de calcul numérique (*MATLAB*) des données générées par la plateforme proposée. Nous estimons cependant « *suffisant* » leur niveau de validité d'analyse considéré dans le cadre de l'observation et la surveillance à distance de l'évolution de la situation d'une personne à long terme. Même si les séquences générées ne sont pas précisément celles enregistrées potentiellement par la base *MIT-BH*, elles permettent néanmoins de disposer d'une grande quantité de données relativement réalistes, représentatives de différents profils de personnes et types de situations, et appropriées à l'étude du profil comportemental d'une personne

La plateforme de services proposés dans le cadre de cette thèse, concerne le domaine de la *télé médecine*. Il s'agit de deux services de santé, la *télé surveillance* et *télé assistance* médicale. La conception et le développement de cette plateforme permet en tout lieu et à tout moment au patient (personne cardiaque, personne à risque...) d'être toujours en contact avec son médecin traitant, en vue de son suivi médical. La confrontation des diagnostics à partir des données transmises (les résultats obtenus) par le téléphone mobile est sanctionnée par une prise de décision et par conséquent une prise en charge du patient. D'autres services, dédiés au grand public afin d'améliorer le confort dans leurs lieux de vie, sont présentés en **Annexe C**.

Les approches proposées dans ce travail pour la conception et le développement des services sur les terminaux mobiles ne pourront être complètement validées que par leur expérimentation sur des séquences de données enregistrées en environnement réel de *télé médecine*. L'évaluation de la pertinence des algorithmes de simulation proposés permettra en particulier de savoir la démarche de simulation dans le respect de la complexité et des objectifs du contexte de la *télé médecine* par des unités portatives, puis sa vision plus globale dans le cycle de résolution du problème de construction du profil de comportement d'une personne pour assurer une situation critique.

Cette approche se rapporte à une analyse de signaux biologiques d'un patient, envoyés par les capteurs et détectés sur le téléphone portable ensuite traités, classifiés et transmis en temps réel au médecin traitant à distance. Cette technique de services de *télé médecine* permet de prendre en charge à distance des patients à risque, des personnes transportées en ambulance...

Aussi, les étapes d'identification, par les algorithmes développés, du profil médical d'une personne à distance et la détection des situations critiques ne peuvent couvrir tous les indicateurs médicaux correspondant à chaque patient. Ainsi, des améliorations de ces algorithmes (méthodes) doivent être apportées au fur et à mesure que l'on s'intéresse à de nouvelles pathologies.

Cette solution, non couteuse et facilement réalisable, est adaptée aux appareils portatifs assurant la protection et la sécurité permanente des malades à tout moment et en tout lieu. C'est dans cette vision que d'autres services, associés aux téléphones mobiles et destinés à la *télé médecine* ainsi qu'à la domotique, sont en cours de réalisation.

Références & Bibliographie

- [1] G. H. FORMAN et J. ZAHORIAN, «The challenges of mobile computing», *IEEE Computer*, Vol. 27, N_4, pp. 38–47, April 1994.
ISSN: 0018-9162.
<http://citeseer.nj.nec.com/38782.html>
- [2] M. CAUVILLE, «Diagnostic, soins et prévention par la télémédecine: explications de J. Demongeot», *Sciences et Technologies*, Vol. 2, pp. 32–34, 1999.
- [3] A. FRANCO, «La télémédecine au service de l'autonomie», *La revue de médecine interne*, Vol. 24(s.4), pp. 390–393, Décembre 2003.
DOI: S0248-8663(03)80347-8
<http://www.em-consulte.com/article/32034>.
- [4] P. STAB, «Téléconsultation en psychiatrie : évaluation d'une expérience originale dans le haut-pays niçois», *Thèse de doctorat en Médecine de l'Université Louis Pasteur*, Strasbourg, France, 2001.
http://www.minkowska.com/article.php3?id_article=145.
- [5] E. CAUCHY, «Pôle d'excellence en médecine de montagne au pays du Mont Blanc», *Projet en médecine*, Institut de formation et de recherche en médecine de montagne, France, 2010.
<http://www.ifremmont.com/ifrelab/index.php?2006/01/3-tmt>.
- [6] L. BAJOLLE, «E-médecine : Amélioration, Optimisation et Humanisation de la médecine de ville par l'usage de l'internet et des nouvelles technologies», *Thèse de doctorat en Médecine de l'Université Joseph Fourier*, Grenoble, France, Janvier 2002.
<http://www.sudoc.abes.fr/xslt/DB=2.1/SET=1/TTL=10/CLK?IKT=63&TRM=The%CC%80se>.
- [7] 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.
<http://telemedecine.aphp.org/doc/Legitimite.pdf>
- [8] A. NEMO, «La télémédecine: Faire voyager les informations plutôt que le malade», *Journal du Téléphone*, Vol. 13, pp. 4, 1994.
<https://www.e-santepaca.fr/portail/thematiques/dispositions-nationales,228,1087.html>
- [9] 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.
<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/78/63/PDF/tel-00008795.pdf>
- [10] O. FOUIL et I. DEMEURE, «Fourniture de services adaptables dans les environnements mobiles», *Proceeding of European Conference of Systems with adaptable and extensible components*, ENST : Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, France, 2004.
http://www.infres.enst.fr/~demeure/PUBLIS/Notere_Version_Finale_FOUIAL.pdf
- [11] M.T. SEGARRA, R. KERYELL, A. PLAZAOLA, A. THÉPAUT, M. MOKHTARI «AMETSA: un système de contrôle de l'environnement domestique générique fonde sur UPNP», *Conférence internationale Sciences Electroniques, Technologies de l'Information et des Télécommunications (SETIT)*, Sousse, Tunisie, 17-21 mars 2003.
<http://enstb.org/~keryell/publications/conf/2003/SETIT/Ametsa.pdf>
- [12] J. STEWART, L. PITT, M. WINSKEL, R. WILLIAMS, I. GRAHAM, J. AGUIAR, et al «Flows scenarios and definition of services», *IST FLOWS Project Deliverable D1*, European Commission IST (Information Society Technologies) office, Brussels, Belgium, December 2002.
http://homepages.ed.ac.uk/jkstew/work/FLOWS_D6.pdf
- [13] O. FOUIAL, «Découverte et fourniture de services adaptatifs dans les environnements mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique et Réseaux de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications ENST*, Paris, France, 30 Avril, 2004.

http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/97/97/PDF/These_Fouial_2004.pdf

[14] 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.
<http://pelleas.univ-mlv.fr/document/UMLV-2004-000235-PDF.pdf>

[15] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *5ème Editions, Groupe EYROLLES*, 2006.
ISBN: 2-212-11987-9.

http://www.editions-vm.com/Chapitres/9782212119879/Chap21_Pujolle.pdf

[16] M. CAMUS, «Architecture de réception RF très faible coût et très faible puissance. Application aux réseaux de capteurs et au standard ZigBee», *Thèse de doctorat en Micro et Nano Technologies de Toulouse III - Paul Sabatier*, Toulouse, France, 29 Février 2008.
http://thesesups.ups-tlse.fr/282/1/Camus_Manuel.pdf

[17] 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.
<http://www.caducee.net/breves/breve.asp?idb=9005&mots=all>.

[18] E. GUÉGUEN, «Étude et optimisation des techniques UWB haut débit multibandes OFDM», *Thèse de doctorat en Électronique, Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (Institut d'Électronique et de Télécommunications)*, France, 14 janvier 2009.
http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/42/37/53/PDF/These_E-Gueguen.

[19] P. GODLEWSKI, X. LAGRANGE, S. TABBANE, «Réseaux GSM-DCS», *4e Édition Hermès*, Paris, France, 1999.
ISBN: 2-7462-0028-7.

<http://www.decite.fr/livres/RESEAUX-GSM-DCS.aspx/9782746200289>.

[20] 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.
http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_281-umts_f.pdf

[21] G. PUJOLLE, «Les réseaux», *Édition EYROLLES*, Paris, France, 2008.
ISBN: 978-2-212-11757-8.

http://www.friendlyduck.com/AF_TA/rel/index.cfm?RST=UNF&TAD=420036.

[22] K. IBRAHIMI, «Gestion des ressources des réseaux mobiles de nouvelle génération par rapport à la mobilité des utilisateurs», *Thèse de doctorat en Informatique, Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse France & Université Mohammed V-Agdal Rabat - Maroc*, Laboratoire LIA, Avignon, France, Laboratoire LIMIARF, Rabat, Maroc, 20 Novembre 2009.
http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/45/36/44/PDF/2009AVIG0169_0_0.pdf

[23] Rabah MERAIHI, «Gestion de la qualité de service et contrôle de topologie dans les réseaux ad hoc», *Thèse présentée en Informatique et Réseaux pour obtenir le grade de docteur de l'École nationale supérieure des télécommunications, ENST*, Paris, France, 2003.
http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/99/43/PDF/Rabah_Meraihi.pdf

[24] G. PUJOLLE, «Les Réseaux», *Éditions EYROLLES*, Paris, France, 2000.
ISBN: 978-2-212-09119-9.

<http://www-rp.lip6.fr/~pujolle/Documents/CVGP%20janvier%202009.pdf>

[25] A. TANENBAUM, «Réseaux», *3ème Édition DUNOD*, 1996.
ISBN: 0133499456/0-13-349945-6.

<http://www.abebooks.fr/servlet/BookDetailsPL?bi=4774150740&searchurl=an%3Dtannenbaum%2Bbandrew%26sortby%3D3>.

[26] D. JEANMONOD, «MMSCam, pilotage à distance d'un téléphone MMS», *Rapport d'un travail de diplôme, Département d'électricité et d'informatique, Ecole d'Ingénieurs du Canton de Vaud*, France, 2003.
<http://www.iict.ch/HomePages/SRT/Rapport-Jeanmonod.pdf>

[27] R. MERZOUGUI, «Télésurveillance à travers les réseaux IP & Mobiles», *Thèse présentée pour obtenir le grade de Magister de l'université Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algérie, Juin 2006.

- [28] K.Z. HAIGH et H.A. YANCO, «Automation as Caregiver: A Survey Of Issues and Technologies», in *Proceedings of the AAAI-2002 Workshop on Automation as Caregiver: The Role of Intelligent Technology in Elder Care*, Edmonton, Alberta, Canada, pp. 39–53, August 2002.
<http://www.cs.cmu.edu/~khaigh/papers/AAAIWS02-HaighYanco.ps>
- [29] V. RIALLE, F. DUCHÊNE, et al, «Health "Smart" Home: Information Technology for Patients at Home», *Telemedicine Journal and E-Health*, Vol. 8, Number 4, pp. 395–410, Winter 2002.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12626109>.
- [30] G. WILLIAMS, K. DOUGHTY, D.A. BRADLEY, «A system approach to achieving CarerNet – an integrated and intelligent telecare system», *IEEE Trans Biomed Eng*, Vol. 2, pp. 1–9, 1998.
ISSN: 1089-7771.
<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http://ieeexplore.ieee.org/iel4/4233/15888/00737585.pdf%3Farnumber%3D737585&authDecision=-203>.
- [31] G. WILLIAMS, K. DOUGHTY, D.A. BRADLEY, «Distributed intelligent nodes as information filters in advanced telecare systems», In *Proceeding of the 21st Annual IEEE Engineering in Medicine & Biology Society*, Atlanta, USA, Vol. 2, pp. 703, 1999.
ISBN: 0-7803-5674-8.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=803858.
- [32] K. DOUGHTY, R. ISAK, et al «MIDAS – Miniature Intelligent Domiciliary Alarm System - a practical application of telecare», In *Proceeding of the 1st Joint BMES/EMBS Conf Serving Humanity, Advancing Technology*, Atlanta, USA, Vol. 2, pp. 691, October 13-16 1999.
ISBN: 0-7803-5674-8.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=803846.
- [33] M.J. RODRIGUEZ, M.T. ARREDONDO, et al «A home telecare management system», *Journal of Telemedicine Telecare*, Vol. 1, Number 2, pp. 86–94, 1995.
<http://eciencia.urjc.es/dspace/bitstream/10115/2290/1/A%20HOME%20TELECARE%20MANAGEMENT%20SYSTEM.pdf>
- [34] J.P. THOMESSE, R. BEUSCART, et al, «TISSAD: Technologies de l'Information Intégrées aux Services des Soins À Domicile», *Télémedecine et e-santé*, Springer–Verlag, collection "Informatique et Santé", Paris, France, Vol. 13, pp. 27–34, 2002.
<http://hal.inria.fr/inria-00100907/en/>
- [35] A.ROTH, Z. CARTHY, M. BENEDK, «Telemedicine in emergency home care – the 'Shahal' experience», *Journal of Telemedicine Telecare*, Vol. 3 Number 1, pp. 58–60, 1997.
<http://www.mendeley.com/research/telemedicine-emergency-home-carethe-shahal-experience/>
- [36] J. FINKELSTEIN, G. O'CONNOR, R.H. FRIEDMAN, «Development and implementation of the Home Asthma Telemonitoring (HAT) system to facilitate asthma self-care», in *Proceeding of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO)*, London, UK, pp. 810–814, 2001.
http://www.experts.scival.com/jhu/pubDetail.asp?t=pm&id=11604847&n=FINKELSTEIN,+JOSEPH&u_id=1736
- [37] L. LIND, E. SUNDVALL, H. AHLFELDT, «Experiences from development of home health care applications based on emerging Java technology», in *Proceeding of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO)*, London, UK, pp. 830–834, September 2001.
https://www.imt.liu.se/mi_old/Publications/pdfs/lind01.pdf
- [38] M. CHAN, H. BOCQUET, E. CAMPO, T. VAL, J. POUS, «Alarm communication network to help carers of the elderly for safety purposes : a survey of a project», *International Journal of Rehabilitation Research*, Vol. 22, Issue 2, pp. 131–136, 1999.
http://journals.lww.com/intjrehabilres/Citation/1999/06000/Alarm_communication_network_to_help_carers_of_the.8.aspx
- [39] M. OGAWA, T. TOGAWA, «Attempt at monitoring health status in the home», In *Proceeding Of the 1st IEEE-EMBS on Microtechnologies in Medicine and Biology*, Lyon, France, Dittmar and Beebe (eds), pp. 552–556, 12-14 October 2000.
ISBN: 0-7803-6603-4.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=893845.

- [40] B.G. CELLER, T. HESKETH, W. EARNSHAW, E. IISAR «An instrumentation system for the remote monitoring of changes in functional health status of the elderly at home», *In Proceeding of the 16th Annual IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Baltimore, USA, pp. 908–909, 03-06 November 1994.
ISBN: 0-7803-2050-6.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=415207.
- [41] B.G. CELLER, W. EARNSHAW, E. IISAR, et al, «Remote monitoring of health status of the elderly at home. A multidisciplinary project on aging at the university of South Wales», *International Journal of Bio-Medical Computing*, Vol. 40, Issue 2, pp. 147–155, October 1995.
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00207101>.
- [42] B.G. CELLER, W. EARNSHAW, E. IISAR, «Remote monitoring of the elderly at home: preliminary results of a pilot project at the University of N.S.W.», *Journal Biomedical Engineering – Applications, Basis and Communications*, Vol.9, pp. 134–140, 1997.
ISBN: 064630576X.
<http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=019247266522886;res=IELHEA>.
- [43] B. NAJAFI, K. AMINIAN, A. PARASCHIV-IONESCU, et al, «Ambulatory System for Human Motion Analysis Using a Kinematic Sensor : Monitoring of Daily Physical Activity in the Elderly.», *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 50 Number 6, pp. 711–723, June 2003.
ISSN: 0018-9294.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1203810.
- [44] G. ELGER, B. FURUGREN, «"SmartBo" – An ICT an computer-based demonstration home for disabled people», *In Proceeding of the 3rd TIDE Congress: Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life for the European Citizen*, Helsinki, Finland, 1998.
http://www.dinf.ne.jp/doc/english/Us_Eu/conf/tide98/66/elger_furgren.html
- [45] S.G. BONNER, «Assisted Interactive Dwelling House», *In Proceeding of the 3rd TIDE Congress: Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life fir the European Citizen*, Helsinki, Finland, 1998.
http://www.dinf.ne.jp/doc/english/Us_Eu/conf/tide98/77/bonner_steve.html
- [46] O. SUEDA, M. IDE, A. HONMA, et al, «Smart House in Tokushima», *In Proceeding Of the 5th European Conference for the Advancement of Assistive Technology*, Düsseldorf, Germany, 1999.
<http://www.hcirn.com/res/event/aaate.php>
- [47] A. VAN BERLO, «A "smart" model house as research and demonstration tool for telematics development», *in Proc. of the 3rd TIDE Congress : Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life fir the European Citizen*, Helsinki, Finland, 1998.
http://www.dinf.ne.jp/doc/english/Us_Eu/conf/tide98/101/berlo_ad2.html
- [48] N. NOURY, T. HERVE, V. RIALLE, G. VIRONE, E. MERCIER «Monitoring behavior in home using smart fall sensor and position sensors», *In Proceeding of the 1st IEEE-EMBS on Microtechnologies in Medicine and Biology*, Lyon, France, pp. 607–610, 12-14 October 2000.
ISBN: 0-7803-6603-4.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=893857.
- [49] V. RIALLE, N. NOURY, T. HERVE, «An experimental health smart home and its distributed Internet-based Information and Communication System: first steps of a research project», *In Proceeding of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO)*, Londres, the Patel et al. (eds), pp. 1479–1483, 2001.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11604972>.
- [50] V. RIALLE, N. NOURY, J. FAYN, M. CHAN, E. CAMPO, L. BAJOLLE, J.P. THOMESSE, «Health smart home information systems: concepts and illustrations», *in Proc. of the 3rd International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Health Care Industry (HEALTHCOM)*, L'Aquila, Italy, pp. 99–103, 2001.
<http://hal.inria.fr/inria-00100639/en/>
- [51] H. AFSARMANESH, V. GUEVARA-MASIS, L.O. HERTZBERGER, «Federated management of information for TeleCARE», *in Proceedings. of the 1st International Workshop on Tele-Care and Collaborative Virtual Communities in Elderly Care*, Porto, Portugal, 13 April 2004.
ISBN: 972-8865-10-4.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.99.6843&rep=rep1&type=pdf>.

- [52] A. CHOUDHRI, L. KAGAL, A. JOSHI, T. FININ, Y. YESHA, «PatientService: A system for Electronic Patient Record Redaction and Delivery in Pervasive Environments», in *Proc. of the 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry*, anta Monica, CA, pp. 41–47, June 2003.
ISBN: 0-7803-7960-8.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1218716.
- [53] Agence Wallonne des Télécommunications, «TIC et Santé: quoi de neuf docteur?», *Document (Congrès e-health) a mis en évidence les besoins spécifiques du secteur de la santé. A cette occasion, plusieurs projets innovants en matière de e-health ont également été dévoilés*, Bruxelles, 8 Novembre, 2007.
<http://www.awt.be/web/res/index.aspx?page=res,fr,foc,100,074>.
- [54] E. BEN HAMIDA and E. MERCIER «Body Area Networks: RF Communication and Higher Layer Protocol Design», *IN'TECH seminar*, Grenoble – Rhône-Alpes, France, January 20, 2011.
<http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:VdhVbC5bHNgJ:www.inria.fr>
- [55] M. JATON, J.F. WAGEN, D. GABIOUD, F. ETIQUE, «IMINET: Intelligent Medical Information Network», *Projet déposé dans le cadre du programme Réserve stratégique de la HES-SO, Axe stratégique: Interfaces for Intelligent Environments*, Number 15446, Octobre, 2005.
<http://mediatools.iict.ch/document?url=iminet/IMINet.doc.pdf&dpId=14>.
- [56] D. KOTZ, S. AVANCHA, A. BAXI, «Privacy Framework for Mobile health and Home-Care system», *WIMD'09*, November 13, Chicago, Illinois, USA, 2009.
ISBN: 978-1-60558-790-5.
DOI: 10.1145/1655084.1655086.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1655086&dl=ACM>.
- [57] D. PREUVENEERS, Y. BERBERS, «Mobile Phones Assisting With Health Self-Care: a Diabetes Case Study», *Journal of Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, publisher ACM, pp. 177–186, New York, USA, September 2008.
<http://www.healthgamesresearch.org/publications/mobile-phones-assisteing-with-health-self-care-a-diabetes-case-study>.
- [58] J. SRIRAM, M. SHIN, T. CHOUDHURY et D. KOTZ, «Activity-aware ECG-based Patient Authentication for Remote Health Monitoring», *ICMI-MLMI'09*, November 2-4, Cambridge, MA, USA, 2009.
<http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:s3cS9bCDFKJ:www.ists.dartmouth.edu/library>.
- [59] M. SATYANARAYANAN, «Fundamental Challenges in Mobile Computing», *Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC'96)*, pp. 1–7, Philadelphia, Pennsylvania, USA, Mai, 1996.
ISBN: 0-89791-800-2.
DOI: 10.1145/248052.248053.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=248053>.
- [60] F. LE MOUËL, «Environnement adaptatif d'exécution distribuée d'applications dans un contexte mobile», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique de l'université de Rennes 1*, France, 1 Décembre, 2003.
<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/59/20/PDF/tel-00004161.pdf>
- [61] B. DELB, «J2ME, Application java pour terminaux mobiles», *Édition EYROLLES*, 61, Bld Saint-Germain, 75240 Paris, France, 2002.
EAN13: 9782212110845.
<http://www.eyrolles.com/Informatique/Livre/j2me-9782212110845>.
- [62] M. DE JODE, A. JONATHAN, H. DARREN, N. ALAN and T. COLIN, «Programming Java 2 Micro Edition on Symbian OS», *Édition Wiley*, the Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England 2004.
ISBN: 0-470-09223-8.
<http://www.scribd.com/doc/27953118/Programming-Java-2-Micro-Edition-on-Symbian>.
- [63] A. MARTELLI, «Python en concentré», *Édition O'Reilly*, France, 2004.
<http://wpetrus.developpez.com/linux/pythonconcentre/>

- [64] T. CHAARI, «Adaptation d'applications pervasives dans des environnements multi-contextes», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique de l'université de Lyon, France*, 28 Septembre, 2007.
<http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2007/chaari/these.pdf>
- [65] N. NOUALI-TABOUDJEMAT, N. BADACHE, «Gestion des transactions en environnement mobile», *RIST: Revue d'Information Scientifique & Technique*, pp. 11–32, Vol. 11N° 01, 2001.
ISSN: 1111-0015.
<http://www.ajol.info/index.php/rist/article/view/26698>.
- [66] R. SAADI, «The Chameleon: Un Système de Sécurité pour Utilisateurs Nomades en Environnements Pervasifs et Collaboratifs», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique*, INSA de Lyon: Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 17 Juin, 2009.
<http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2009/saadi/these.pdf>
- [67] D. AYED, «Déploiement sensible au contexte d'applications à base de composants», *Thèse présentée pour obtenir le grade de doctorat en Informatique*, Institut National des Télécommunications (INT), Université d'Évry Val d'Essonne, Paris, France, 18 Novembre, 2005.
<http://www-public.int-evry.fr/~taconet/LibreService/Phd/theseDhouha.pdf>
- [68] J. ZIV, A. LEMPEL, «A Universal Algorithm for Sequential Data Compression», *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 23, Issue: 3, p. 337-343, Mai 1977.
ISSN: 00189448.
DOI: 10.1109/TIT.1977.1055714.
http://www.cs.duke.edu/courses/spring03/cps296.5/papers/ziv_lempel_1977_universal_algorithm.pdf
- [69] T. A. WELCH, «A Technique for High-Performance Data Compression», *IEEE Computer*, Vol. 17, Number 6, pp. 8–19, Juin, 1984.
DOI: 10.1109/MC.1984.1659158.
http://www.cs.duke.edu/courses/spring03/cps296.5/papers/welch_1984_technique_for.pdf
- [70] J. KNUDSEN, «Wireless Java Developing with J2ME», *Second Edition Apress*, 2003.
ISBN: 1590590775.
<http://apress.com/book/view/9781590590775>.
- [71] M. J. YUAN, «Enterprise J2ME: Developing Mobile Java Applications», *Édition Prentice Hall PTR*, October 23 2003.
ISBN: 0-13-140530-6.
<http://lib.mexmat.ru/books/11745>.
- [72] M. J. WELLS, «J2ME, Game Programming», *Édition Thomson, Course technology*, Boston, MA 02210, USA, February 24, 2004.
ISBN: 1-59200-118-1.
<http://www.amazon.com/exec/obidos/ASIN/1592001181/hashbang-20>.
- [73] T. A. ANDERSON, Y. BREITBART, H. F. KORTH et A. WOOL, «Replication, Consistency, and Practicality: Are These Mutually Exclusive ?», *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD'98)*, pp. 484–495, Seattle, Washington, USA, Juin, 1998.
<http://citeseer.nj.nec.com/anderson98replication.html>
- [74] F. ANDRÉ and M.-T. SEGARRA, «On Building a File System for Mobile Environments Using Generic Services», *Proceedings of the 12th International Conference on Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS'99)*, Radisson Bahia Mar Beach Resort, Florida, USA, Août, 1999.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?jsessionid=2923966EA1A56132DBDE4A46715F8966?doi=10.1.1.44.3703&rep=rep1&type=pdf>.
- [75] F. ANDRÉ et E. SAINT POL, «A middleware for transactional hospital applications on local wireless networks», *Proceedings of 2000 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Application (PDPTA'2000)*, Monte Carlo Resort Casino, Las Vegas, USA, Juin, 2000.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/07/27/91/PDF/RR-3863.pdf>

- [76] F. ANDRÉ, A.-M. KERMARREC et F. LE MOUËL, «Improvement of the QoS via an Adaptive and Dynamic Distribution of Applications in a Mobile Environment», *Proceedings of the 19th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS'2000)*, p. 21.29, Nürnberg, Germany, Octobre, 2000.
ISBN: 0-7695-0543-0.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=885389.
- [77] F. LE MOUËL, F. ANDRÉ et M.T. SEGARRA, «AeDEn : An Adaptive Framework for Dynamic Distribution over Mobile Environments», *Annales des Télécommunications*, Vol. 57, Number 11-12, pp.1124–1148, Novembre-Décembre, 2002.
ISSN: 0003-4347.
http://hal.inria.fr/docs/00/39/49/23/PDF/Annals_of_Telecommunications2002.pdf
- [78] S. NOIMANEE, J. TONTRAKOON, «The ECG Monitor from Database Using Mobile Telephone», *The 2004 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2004)*, Hotel Taikanso, Sendai/Matsushima, Miyagi-Pref., JAPAN, July 6-8, 2004.
<http://www.mk.ecei.tohoku.ac.jp/ITC-CSCC2004/>
- [79] E. P. CHAN THE, «INTÉRÊTS ET LIMITES DE L'ÉVALUATION DE LA CHARGE DE TRAVAIL À L'AIDE DES ÉCHELLES DE BORG», *Thèse Présentée et soutenue publiquement dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée pour obtenir le grade de Docteur en Médecine, Université Henri Poincaré, Nancy 1, Faculté de Médecine de Nancy, France, 24 Octobre, 2002.*
<http://www.sante-durable.fr/telechargement/these-epct.pdf>
- [80] R. SLAMA, G. MOTTÉ, A.LEENHARDT, C.SEBAG, «Aide Mémoire de Rythmologie», *Édition Flammarion*, Paris, 04/2003.
ISBN 10: 2257124065.
ISBN 13: 9782257124067.
<http://www.unitheque.com/medecine/Rythmologie-2385.html>
- [81] A. ELLRODT, «Urgences Médicales, 5^e Édition», *Édition ESTEM*, 89, boulevard Auguste Blanqui, 75013, Paris, 04/2003.
ISBN: 978 2 84371 335 4.
<http://www.scribd.com/doc/40469809/Urgences-medicales>.
- [82] J-P. BASSAND, «Introduction à la pathologie cardiaque et vasculaire», *Cours de Professeur à l'université de Besançon*, France, 25 Octobre 2005.
<http://www.besancon-cardio.org/cours/01-intro.php>
- [83] T. CHAARI, F. LAFOREST «Génération et adaptation automatiques des interfaces utilisateurs pour des environnements multi-terminaux, Projet SEFAGI: Simple Environment For Adaptable Graphical Interfaces». *Revue Ingénierie des systèmes d'Information*, n° spécial systèmes d'information pervasifs, Vol. 9, n°2, pp. 11–38, 2004.
<http://liris.cnrs.fr/~flafores/articles/ISIPervasifVFinaleChaariLaforest.pdf>
- [84] N. KOUICI, «Gestion des déconnexions pour applications réparties à base de composants en environnements mobiles», *Thèse de doctorat en Informatique, Institut National des Télécommunications (INT), Université d'Évry Val d'Essonne, France, 16 novembre 2005.*
http://www-public.it-sudparis.eu/~conan/Publications/2005_thesis_nabil.pdf
- [85] E.D. LARSON, «Wireless Java Application Saves Women's Cancer Center», *J2ME case studies*, September 2002.
<http://wireless.java.sun.com/midp/casestudies/wcc/>
- [86] V. MASSÉ, «La société MobilePlanet Europe fournit des terminaux mobiles à la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris (BSPP) pour l'équipement de ses véhicules d'intervention», *Mobile Planet*, Juin 2002,
http://www.mobileplanet.fr/m_includes/press_release/2002_brigade.asp
- [87] S. BENJAMINSEN, A. DJORA «JetRek: How organisational identities slowed down speedy requisitions», *BSA medical sociology conference*, New York, September 2002.
<http://www.sv.ntnu.no/iss/Aksel.Tjora/publications/Siri-york02-09.pdf>
- [88] TeraCom, «Soluphone santé», 2002.
<http://www.soluphone.com/SoluSante.pdf>

- [89] G. MENKHAUS, «Adaptive User Interface Generation in a Mobile Computing Environment», PhD Thesis, Salzburg University, 2002.
<http://www.softwareresearch.net/fileadmin/src/docs/publications/D001.pdf>
- [90] T. LEMLOUMA, N. LAYÁIDA, «A Framework for Media Resource Manipulation in an Adaptation and Negotiation Architecture», *OPERA project, INRIA 2002*, Rhône-Alpes, august 2001.
<http://opera.inrialpes.fr/people/Tayeb.Lemlouma/Papers/RSRS.pdf>
- [91] M.-T. SEGARRA, «Une plate-forme à composants adaptables pour la gestion des environnements sans fil», *Thèse de doctorat, Université de Rennes 1*, Rennes, France, Novembre 2000.
<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=205780>.
- [92] S. DEERING et R. HINDEN, «Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification», *Request For Comments (RFC) 2460*, Statut: «Draft Standard», December 1998.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>
- [93] J. POSTEL, «Transmission Control Protocol, Standard (STD) 0007», *Request For Comments (RFC) 793*, Statut: «Standard», September 1981.
<http://www.faqs.org/rfc/rfc793.txt>
- [94] S. SHEPLER, B. CALLAGHAN, D. ROBINSON, R. THURLOW, C. BEAME, M. EISLER et D. NOVECK, «NFS version 4 Protocol», *Request For Comments (RFC) 3530*, Statut: « Proposed Standard », Avril 2003,.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=RFC3530>.
- [95] R. FIELDING, J. GETTYS, J. MOGUL, H. FRYSTYK, L. MASINTER, P. LEACH et T. BERNERS-LEE, «Hypertext Transfer Protocol. HTTP/1.1», *Request For Comments (RFC) 2616*, Statut: «Draft Standard», Juin 1999.
<http://www.rfc-ref.org/RFC-TEXTS/2616/chapter17.html>
- [96] R. KHARE et S. LAWRENCE, «Upgrading to TLS Within HTTP/1.1», *Request For Comments (RFC) 2817*, Statut: «Proposed Standard», Mai 2000.
<http://greenbytes.de/tech/webdav/rfc2817.pdf>
- [97] C.E. PERKINS, «IP Mobility Support», *Request for Comments (RFC)*, October 1996.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2002.txt>
- [98] H. BALAKRISHNAN, S. SESHAN, E. AMIR, and R.H. KATZ, «Improving TCP/IP performance over Wireless Network», *In Proceedings of 1st ACM Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom)*, November 1995.
<http://nms.lcs.mit.edu/~hari/papers/mcn.ps>
- [99] M. STANGEL and V. BHARGHAVAN, «Improving TCP performance in mobile computing environments», *International Conference on Communications 98*, Atlanta, GA, pp. 584–589, Vol.1, 7-11 June 1998.
ISBN: 0-7803-4788-9.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=682952.
- [100] J.C.S. LUI, K.Y. OLFIELD, and T.S. TAM, «NFS/M: An Open Platform Mobile File System», *In International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 488–495, 26-29 May 1998.
ISSN: 1063-6927.
ISBN: 0-8186-8292-2.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=679783.
- [101] F. ANDRÉ and M.T. SEGARRA, «On building a File System for Mobile Environments Using Generic Services», *In 12th International Conference on Parallel and Distributed computing Systems (PDCS99)*, Fort Lauderdale, Florida, USA, August 1999.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=DC9F919BCED3EA079181420F53FC24C7?doi=10.1.1.44.3703&rep=rep1&type=pdf>
- [102] M. SATYANARAYANAN, J. MKISTLER, P. KUMAR and M. OKASAKI, «Coda: a highly available file system for a distributed workstation environment», *IEEE Transactions on Computers*, V. 39, Issue 4, pp. 447–459, April 1990.
ISSN: 0018-9340.
http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=54838.

- [103] C. BARRON HOUSEL and B. DAVID LINDQUIST, «WebExpress: A system for optimizing Web browsing in a wireless environment», *In Second Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 108–116, ACM, November 1996.
ISBN: 0-89791-872-X.
DOI: 10.1145/236387.236416.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=236416>.
- [104] E. ZULBERTI, «Guide méthodologique d'élaboration d'une stratégie de communication multimédia», *Service de la vulgarisation, de l'éducation et de la communication, Atelier régional bilingue, Niamey, Niger, 1-5 Avril 2002*.
<http://www.fao.org/docrep/005/Y4333F/y4333f00.HTM#Contents>.
- [105] F. LAFOREST, «De l'adaptation à la prise en compte du contexte, une contribution aux systèmes d'information pervasifs», *Habilitation à Diriger des Recherches, HDR 017, Université Claude Bernard Lyon I, Lyon, France, 2007*.
<http://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-3409.pdf>
- [106] T. CHAARI, F. LAFOREST et A. FLORY, «Adaptation des applications médicales à des contextes multiples», *Journées Francophones d'Informatique Médicale, Laboratoire d'informatique en images et systèmes d'information LIRIS UMR CNRS 5205, Lille, France, Mai 2005*.
<http://liris.cnrs.fr/~flafores/articles/jfim05ChaariLaforestFlory.pdf>
- [107] M. Tommaso, P. Dario, F. A. Ian, «Optimal Local Topology Knowledge for Energy Efficient Geographical Routing in Sensor Networks», *INFOCOM, Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Vol. 3, pp. 1705–1716, 2004*.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.4747&rep=rep1&type=pdf>.
- [108] B. BOUYEDDOU, «Implémentation d'un protocole d'économie d'énergie EMM-DSR pour les réseaux ad hoc 802.11», *Thèse de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, Juin 2007*.
- [109] European Telecommunications Standards Institute, «Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Technical realization of the Short Message Service (SMS); Point-to-Point (PP) (GSM 03.40 version 6.0.0)», *Draft en (GSM 03) V6.0.0, F-06921 Sophia Antipolis Cedex – France, March 1998*.
http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/03_series/03.40/0340-600.zip
- [110] «Wireless Application Protocol, Multimedia Messaging Service, Client Transactions Specification», *WAP 206 : WAP MMS Client Transactions, 15 Janvier 2002*.
<http://www.openmobilealliance.org/wapdocs/WAP-206-MMSTR-20020115-a.pdf>
- [111] «Wireless Application Protocol, MMS Encapsulation Protocol», *WAP-209-MMSEncapsulation-20020105-a, 05 Janvier 2002*.
<http://www.openmobilealliance.org/wapdocs/WAP-209-MMSEncapsulation-20020105-a.pdf>
- [112] D. H. CROCKER, «Standard for the Format of ARPA Internet Text Messages», Department of Electrical Engineering, University of Delaware, USA, August 1982.
<http://www.w3.org/Protocols/rfc822/>
- [113] D. ZÉNI, «Présentation personnelle : Java 2 Micro Edition», *Document, EIVD – E15b, Février 2003*.
<http://deptinfo.cnam.fr/Enseignement/CycleSpecialisation/IHM/annee89/presJ2ME.pdf>
- [114] N. T. THINH, «Système d'exploitation pour les mobiles», *Rapport, Institut de la Francophonie pour l'informatique, Hanoi, Vietnam, Juillet 2009*.
http://www2.ifi.auf.org/rapports/tpe-promo14/tpe-nguyen_tien_thinh.pdf
- [115] A. N. KLINGSHEIM, «J2ME Bluetooth Programming», *Master's Thesis, Department of Informatics University of Bergen, Norway, 30th June 2004*.
<http://www.scribd.com/doc/53196675/J2ME-bluetooth-programming>.
- [116] J-M. DOUDOUX, «Les servlets», *Cours Développons en Java: Chapitre 36, 1999-2006*.
<http://jmdoudoux.developpez.com/cours/developpons/java/chap-servlets.php>
- [117] R.G. Sargent, «Validation and verification of simulation models», *in Proc. of the 31st conference on Winter simulation, Phoenix, Arizona, United States, pp. 39–48, 1999*.
ISBN:0-7803-5134-7.

DOI:10.1145/324138.324148.

<http://www.informs-sim.org/wsc10papers/016.pdf>

[118] J. RODRIGUEZ, A. GONI, A. ILLARRAMENDI, «Real-time classification of ECGs on a PDA», *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Issue 1, Vol. 9, pp. 23–34, 2003.

ISSN: 1089-7771.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.1798&rep=rep1&type=pdf>

[119] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Design and Development of an Intelligent Mobile Health Tele-assistance System in Ambulance Practice Service», *In (IJCNIS) special issue on Recent Advances in Wireless Networks*, Pakistan, 2010.

<http://www.wikicfp.com/cfp/servlet/event.showcfp?eventid=9151©ownerid=10600>.

[120] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Algorithm of Remote Monitoring ECG Using Mobile Phone: Conception and Implementation», *In African Journal of Information and Communication Technology (AJICT)*, Vol. 5, Number 2, June 2009.

ISSN: 1449 – 2679.

<http://epress.lib.uts.edu.au/ojs/index.php/ajict/article/view/E11032009006/1134>.

[121] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Design and implementation of an algorithm for cardiac pathologies detection on mobile phone», *In International Journal of Wireless Information Networks (IJWIN)*, Springer, Vol. 18, Number 1, pp. 11–23, March 2011.

ISSN: 1068 – 9605.

DOI: 10.1007/s10776-011-0129-1.

<http://www.springerlink.com/content/383251061x341242/fulltext.pdf>

[122] S. THOMSON & T. NARTEN, «IPv6 Stateless Address Autoconfiguration», *Request For Comments (RFC) 2462*, décembre 1998.

<http://www.ietf.org/rfc/rfc2462.txt>. 2.2.1.1.

[123] R. DROMS, J. BOUND, B. VOLZ, T. LEMON, C. PERKINS et M. CARNEY, «Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)», 30 Avril 2003.

<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-dhc-dhcpv6-28.txt>. 2.2.1.1.

[124] H. BALAKRISHNAN, S. SESHAN, E. AMIR et R. H. KATZ, «Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks», *Proceedings of the 1st Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'95)*, Berkeley, California, USA, pp. 2–11, November 1995.

<http://www.cs.berkeley.edu/~hari/papers/mcn.ps>. 2.2.2.2

[125] H. BALAKRISHNAN, S. SESHAN et R. H. KATZ, «Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks», *ACM Wireless Networks*, Vol. 1, Number 4, 1995.

<http://daedalus.cs.Berkeley.edu/publications/winet.ps.gz>. 2.2.2.2.

[126] M. STANGEL & V. BHARGHAVAN, «Improving TCP Performance in Mobile Computing Environments», *Proceedings of the International Conference on Communications (ICC'98)*, pp. 584–589, Atlanta, Georgia, USA, June 1998.

<http://timely.crhc.uiuc.edu/Papers/icc98.2.ps.gz>. 2.2.2.

[127] M. MATHIS, J. MAHDAVI, S. FLOYD et A. ROMANOW, «TCP Selective Acknowledgement Options», *Request For Comments (RFC) 2018*, October 1996.

<ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2018.txt>. 2.2.2.4.

[128] S. FLOYD, J. MAHDAVI, M. MATHIS and M. PODOLSKY, «An Extension to the Selective Acknowledgement (SACK) Option for TCP», *Request For Comments (RFC) 2883*, July 2000.

<ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2883.txt>. 2.2.2.4.

[129] C. G. GRAY & D. R. CHERITON, «Leases: An Efficient Fault-Tolerant Mechanism for Distributed File Cache Consistency», *Proceedings of the 12th ACM Symposium on Operating System Principles (SOSP'89)*, pp. 202–210, The Wigwam, Litchfield Park, Arizona, USA, December 1989.

<http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/ops/74850/p202-gray/p202-gray.pdf>. 2.2.3.1.

[130] F. KON & A. MANDEL, «SODA: A Lease-Based Consistent Distributed File System», *Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Computer Networks*, Belo Horizonte, Brazil, Mai 1995.

<ftp://ftp.ime.usp.br/pub/reports/comp/rt-mac-9303.ps.gz>. 2.2.3.1.

[131] J. C. S. LUI, O. K. Y. SO and T. S. TAM, « NFS/M: An Open Platform Mobile File System », *Proceedings of the 18th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'98)*, pp. 488–495, Amsterdam, The Netherlands, Mai 1998.

<http://citeseer.nj.nec.com/197687.html>. 2.2.3.1.

[132] F. ANDRÉ et M.-T. SEGARRA, «On Building a File System for Mobile Environments Using Generic Services», *Proceedings of the 12th International Conference on Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS'99)*, Radisson Bahia Mar Beach Resort, Florida, USA, Août 1999.

<http://www.irisa.fr/solidor/doc/ps99/pdcs99.ps.gz>. 2.2.3.2, 4.3.1.

[133] M.-T. SEGARRA & F. ANDRÉ, «MFS: A Mobile File System Using Generic System Services», *Proceedings of the 1999 ACM Symposium on Applied Computing (SAC'99)*, pp. 419–420, San Antonio, Texas, USA, Février 1999.

<http://www.irisa.fr/solidor/doc/ps99/sac99.ps.gz>. 2.2.3.2.

[134] M. SATYANARAYANAN, « Scalable, Secure, and Highly Available Distributed File Access », *IEEE Computer*, Vol. 23, Number 5, pp. 9–21, Mai 1990.

<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/coda/Web/docdir/scalable90.pdf>. 2.2.3.3.

[135] B. C. HOUSEL et D. B. LINDQUIST, «WebExpress: A System for Optimizing Web Browsing in a Wireless Environment», *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'96)*, pp. 108–116, Rye, New York, USA, November 1996.

<http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/comm/236387/p108-housel/p108-housel.pdf>. 2.2.4, 2.2.4.1.

[136] H. CHANG, C. D. TAIT, N. COHEN, M. SHAPIRO, S. MASTRIANNI, R. FLOYD, B. C. HOUSEL et D. B. LINDQUIST, «Web Browsing in a Wireless Environment : Disconnected and Asynchronous Operation in ARTour Web Express», *Proceedings of the 3rd Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'97)*, pp. 260–269, Budapest, Hungary, September 1997.

<http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/comm/262116/p260-chang/p260-chang.pdf>. 2.2.4.1.

[137] B. C. HOUSEL, G. SAMARAS et D. B. LINDQUIST, «WebExpress: A Client/Intercept Based System for Optimizing Web Browsing in a Wireless Environment», *Mobile Networks and Applications (MONET)*, Vol. 3, Number 4, pp. 419–431, 1998.

<http://www.acm.org/pubs/articles/journals/monet/1999-3-4/p419-housel/p419-housel.pdf>. 2.2.4.1.

[138] N. M. HAMED, «Étude et Développement d'un service de Téléassistance médicale sur un terminal mobile», *These of Magister, University Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algeria, 2008.

[139] S. CHELOUFI, «Le guide de la médecine et de la santé au Maghreb», *Tlemcen : la gérontologie et la gériatrie en débat - Le quotidien d'Oran*, Tlemcen, Algérie, 12 Février 2008.

http://www.santemaghreb.com/actualites/index.asp?id=5556&text=0208/mag0208_55&action=lire.

[140] M. MAKEDHI, «Les maladies cardiovasculaires en Afrique: L'Algérie parmi les pays les plus exposés», *El-Watan*, 03 Novembre 2008.

<http://www.elwatan.com/archives/article.php?id=108003>.

[141] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Mobile System of Remote Monitoring: Conception and Implementation», *CIAE 2011 : Colloque d'Informatique, Automatique et Electronique*, N° 36, Mundiapolis Université Casablanca - Maroc - 24 et 25 Mars, 2011.

[142] Smart-Its project, «upward sensor node», 2005.

<http://particle.teco.edu/upart/>

[143] Crossbow Technology, «Inc. MicaZ datasheet», 2007.

http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAZ_Datasheet.pdf

[144] Sun Microsystems, «Inc. Sun small programmable object technology», 2007.

<http://www.sunspotworld.com/products/>

[145] ETH, «BTnode Project @ ETH Zurich», 2007.

<http://www.btnode.ethz.ch/>

[146] Moteiv Corporation, «TMote sky datasheet», 2006.

<http://moteiv.com/products/docs/tmote-sky-datasheet.pdf>

[147] Shockfish SA, «TinyNode fact sheet», 2005.

<http://www.tinynode.com/uploads/media/SH-TN584-103.pdf>

[148] Scatterweb GmbH, «Scatternode sensor node», 2007.

http://www.scatterweb.com/content/products/industry_line/

[149] R. ROMAN, C. ALCARAZ, J. LOPEZ, «A Survey of Cryptographic Primitives and Implementations for Hardware-Constrained Sensor Network Nodes», *In International Journal of Mobile Network Application*, Springer Science, Vol. 12, pp. 231–244, 03 October 2007.

DOI: 10.1007/s11036-007-0024-2.

<http://www.springerlink.com/content/3785k818327456gq/fulltext.pdf>

Annexe A

Les approches et les techniques d'adaptation non abordés.

SOMMAIRE

- A.1 – Mobile-IP
 - A.2 – Snoop
 - A.3 – Mobile-TCP
 - A.4 – WTCP
 - A.5 – NFS/M
 - A.6 – MFS
 - A.7 – Coda
 - A.8 – WebExpress
-

Cette annexe présente les détails de quelques approches concernant les systèmes adaptables aux environnements mobiles. Les interactions entre les différentes entités communicantes sont définies selon des approches dans la littérature afin de bien étudier le terme « *mobilité* » et de mieux comprendre le fonctionnement des principaux composants.

A.1 – Mobile-IP

Le terminal mobile (*Mobile Node*) possède une adresse *IP* permanente (*Home Address*) correspondant à son réseau d'attache (*Home Network*) et une seconde adresse *IP* temporaire (*care-of address*) correspondant au réseau où il se trouve actuellement (*Foreign Network*).

Le routage des données ou des paquets s'effectue de manière conventionnelle en exploitant les protocoles de routage *Internet* si le terminal se trouve dans son support réseau d'attache. Maintenant, dans le cas où le terminal se déplace vers un autre réseau, il obtient une adresse *IP* temporaire en utilisant, par exemple, le protocole *DHCPv6* [122], [123].

La figure **Fig. A.1** schématise le scénario de cette technique :

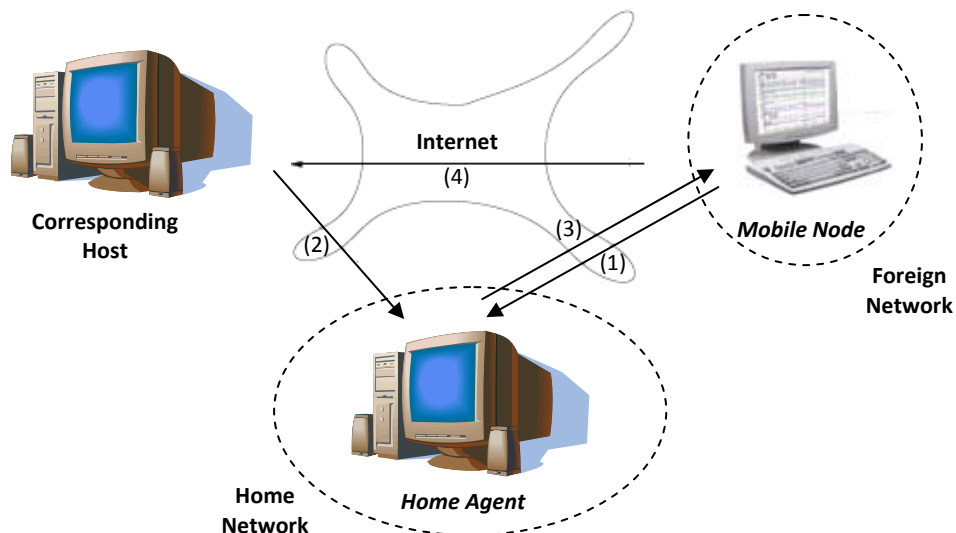


FIG. A.1 – Support de la mobilité dans Mobile-IP

Etape 1 : Le terminal choisit une adresse comme étant son adresse primaire et l'enregistre auprès d'un agent se trouvant sur son réseau d'attache (*Home Agent*).

Etape 2 et 3 : L'agent met à jour sa table de routage et joue alors temporairement le rôle d'un routeur.

Etape 4 : Enfin, le terminal mobile peut alors avertir ses correspondants de sa nouvelle adresse et établir une connexion directe (**Fig. A.1**).

Cette approche permet de résoudre le problème de la mobilité mais elle présente cependant l'inconvénient de devoir passer par l'Agent du réseau d'attache.

A.2 – Snoop

La couche réseau dans cette approche n'est modifiée que sur la station de base. Le routage est géré par un module nommé « *the Snoop module* » qui examine les paquets *TCP* [124], [125]. Ce module copie chaque paquet reçu (envoyé par la station fixe) dans un cache et le transmet au terminal mobile. Si ce paquet est perdu au cours de la transmission sans fil, la station de base reçoit alors des acquittements dupliqués concernant le paquet précédent. Si le paquet perdu est dans le cache du module, il le retransmet et n'envoie pas les acquittements dupliqués à la station fixe. Par contre, si le paquet n'est pas dans son cache, il achemine les acquittements dupliqués à la station fixe qui est alors en charge de revenir sur la perte du paquet.

A.3 – Mobile-TCP

Concernant le protocole *TCP* standard, la station émettrice est la responsable de l'interprétation de toutes les pertes de paquet (cas d'une congestion, par exemple). L'approche « *Mobile-TCP* » [126], permet de distinguer les différentes pertes de paquets. Leur scénario se déroule selon trois phases

distinctes. Une station fixe est informée par la station de base à propos des pertes de paquets dues à (i) une congestion, (ii) un changement d'interface ou (iii) un changement de cellule.

Dans le premier cas, elle peut activer les mécanismes et les techniques appropriés à la congestion. Pour le second cas, le terminal mobile peut se déplacer dans un réseau possédant des caractéristiques complètement différentes du précédent. Une remise aux valeurs par défaut de la taille de la fenêtre d'émission, du temps estimé d'aller-retour et du temporisateur de retransmission sera effectuée par la station fixe. Enfin, dans le troisième cas, la retransmission ne se fait que quand le terminal mobile a fini de changer de cellule.

A.4 – WTCP

Cette approche, propose une couche de transport permettant des communications de bout en bout. Elle assure la fiabilité (les acquittements sélectifs) et le contrôle de congestion à travers ces propres mécanismes. L'absence de temporisateur de retransmission est remplacée par un contrôle de la fréquence des acquittements. Le contrôle de congestion se base sur le taux de transmission et sur le délai entre les paquets [127], [128]. Un calcul rapide de ces valeurs est effectué lors de l'établissement de la connexion en exploitant un algorithme spécifique.

A.5 – NFS/M

Ce protocole est particulièrement sensible aux problèmes de déconnexions. Il permet d'effectuer une copie des blocs de données (en cours d'utilisation) sur le client. Une courte période de temps valide est affectée à cette copie [129], [130] et, lorsque cette période expire, une requête de vérification de la validité de la copie est envoyée au serveur. Si ce dernier n'est pas disponible, la copie est invalidée et par conséquent le bloc reste inaccessible et tout traitement est impossible. L'approche NFS/M permet de masquer ces périodes de déconnexions grâce à l'exploitation d'un cache sur le client. Un module bien spécifique s'occupe de charger à l'avance les blocs qui pourraient être accédés [131]. Pour cela, deux techniques peuvent être exploitées pour ce pré-chargement. La première se base sur le fait que lorsqu'un bloc d'un fichier est accédé, les autres blocs de ce fichier seront également ultérieurement accédés. Tandis que la seconde se base sur une liste de fichiers définie par l'utilisateur.

A.6 – MFS

Un intermédiaire Proxy est introduit par le MFS sur le réseau fixe entre le terminal mobile et le serveur NFS [132], [133]. Le protocole de communication (qui communique avec le serveur NFS) consiste en l'utilisation de taille de blocs adaptée à la bande passante et la réduction du trafic grâce à la suppression des requêtes de vérification de validité. Le terminal mobile accède à ses copies locales sans vérification de validité car c'est une fonction qui est assurée par l'intermédiaire. Les requêtes d'accès aux blocs sont transmises par le terminal à son intermédiaire.

A.7 – Coda

Le système Coda utilise le système de fichiers AFS au lieu du système de fichiers NFS [134]. Le principe des serveurs AFS consiste à conserver un état de l'utilisation des fichiers et ce n'est plus aux clients de vérifier si leurs copies locales sont valides. Le serveur qui met à jour les copies locales des terminaux. Ce système réagit en fonction des déconnexions en adoptant trois différents modes de fonctionnement :

Mode 1 : Le terminal est considéré comme fortement connecté et le système charge les données nécessaires au fonctionnement courant. Il pré-charge les données nécessaires pendant une déconnexion et applique normalement le protocole AFS de gestion de cache par invalidation.

Mode 2 : Le terminal est déconnecté et le système effectue alors les modifications sur les objets locaux et en garde l'historique pour la réintégration sur le serveur. Il assure la persistance des objets locaux pour que l'utilisateur puisse reprendre son travail même après avoir éteint son portable.

Mode 3 : Est le mode intermédiaire entre les précédents et correspondant à une connexion faible du portable. Dans ce cas, les actions du système coda réalisent les modifications sur les objets locaux

avec conservation de l'historique de ces modifications et continuent le pré-chargement de données nécessaires à une déconnexion. Grâce à ce mode, les terminaux faiblement connectés ne vont pas pénaliser les terminaux fortement connectés en les empêchant de mettre à jour des objets en cours de réintégration.

A.8 – WebExpress

Afin de réduire et d'optimiser le protocole de communication, *WebExpress* exploite un module intermédiaire pour intercepter et contrôler les communications sur le lien sans fil. *WebExpress* permet d'offrir la transparence aux clients et serveurs et d'effectuer les optimisations suivantes [135], [136], [137]:

Techniques de cache : Les modules du *WebExpress* mettent en cache les objets graphiques et les objets *HTML* des requêtes les plus fréquentes. Si un objet se trouvant dans le cache, est spécifié par une requête *http*, il est immédiatement retourné comme réponse. La totalité du cache du terminal est assurée par invalidation avec intervalle de temps spécifié par l'utilisateur.

Techniques de différenciation : Un ensemble d'informations ou d'objets communs peuvent contenir dans les réponses à différentes requêtes *http*. Par exemple, dans un même site Web où les différentes pages *HTML* ont une mise en page commune. Les modules effectuent une différenciation des requêtes *http* qui consiste à mettre en cache les objets de base communs aux requêtes. Ces différences sont calculées par un module et envoyées à un autre module qui les réintègre avec l'objet de base.

Réduction de protocole : Toutes les requêtes et réponses sont acheminées et multiplexées sur une seule connexion *TCP/IP* pour éviter les surcoûts liés à l'établissement de ces types de connexion.

Réduction d'entête : quand une connexion est établie, ces paramètres et ces informations sont envoyés uniquement à la première requête et mémorisés par un module appelé « *SSI* » pour toute la durée de la connexion. Ce module introduit ensuite ces informations dans toutes les requêtes qu'il doit remettre au serveur Web.

- [122] S. THOMSON & T. NARTEN, «IPv6 Stateless Address Autoconfiguration», *Request For Comments (RFC) 2462*, décembre 1998.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2462.txt>. 2.2.1.1.
- [123] R. DROMS, J. BOUND, B. VOLZ, T. LEMON, C. PERKINS et M. CARNEY, «Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)», 30 Avril 2003.
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-dhc-dhcpv6-28.txt>. 2.2.1.1.
- [124] H. BALAKRISHNAN, S. SESHAN, E. AMIR and R. H. KATZ, «Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks», *Proceedings of the 1st Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'95)*, Berkeley, California, USA, pp. 2–11, November 1995.
<http://www.cs.berkeley.edu/~hari/papers/mcn.ps>. 2.2.2.2
- [125] H. BALAKRISHNAN, S. SESHAN et R. H. KATZ, «Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks», *ACM Wireless Networks*, Vol. 1, Number 4, 1995.
<http://daedalus.cs.Berkeley.edu/publications/winet.ps.gz>. 2.2.2.2.
- [126] M. STANGEL & V. BHARGHAVAN, «Improving TCP Performance in Mobile Computing Environments», *Proceedings of the International Conference on Communications (ICC'98)*, pp. 584–589, Atlanta, Georgia, USA, June 1998.
<http://timely.crhc.uiuc.edu/Papers/icc98.2.ps.gz>. 2.2.2.
- [127] M. MATHIS, J. MAHDAVI, S. FLOYD et A. ROMANOW, «TCP Selective Acknowledgement Options», *Request For Comments (RFC) 2018*, October 1996.
<ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2018.txt>. 2.2.2.4.
- [128] S. FLOYD, J. MAHDAVI, M. MATHIS et M. PODOLSKY, «An Extension to the Selective Acknowledgement (SACK) Option for TCP», *Request For Comments (RFC) 2883*, July 2000.
<ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2883.txt>. 2.2.2.4.
- [129] C. G. GRAY & D. R. CHERITON, «Leases: An Efficient Fault-Tolerant Mechanism for Distributed File Cache Consistency», *Proceedings of the 12th ACM Symposium on Operating System Principles (SOSP'89)*, pp. 202–210, The Wigwam, Litchfield Park, Arizona, USA, December 1989.
<http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/ops/74850/p202-gray/p202-gray.pdf>. 2.2.3.1.
- [130] F. KON & A. MANDEL, «SODA: A Lease-Based Consistent Distributed File System», *Proceedings of the 13th Brazilian Symposium on Computer Networks*, Belo Horizonte, Brazil, Mai 1995.
<ftp://ftp.ime.usp.br/pub/reports/comp/rt-mac-9303.ps.gz>. 2.2.3.1.
- [131] J. C. S. LUI, O. K. Y. SO et T. S. TAM, «NFS/M: An Open Platform Mobile File System», *Proceedings of the 18th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'98)*, pp. 488–495, Amsterdam, The Netherlands, Mai 1998.
<http://citeseer.nj.nec.com/197687.html>. 2.2.3.1.
- [132] F. ANDRÉ and M.-T. SEGARRA, «On Building a File System for Mobile Environments Using Generic Services», *Proceedings of the 12th International Conference on Parallel and Distributed Computing Systems (PDCS'99)*, Radisson Bahia Mar Beach Resort, Florida, USA, Août 1999.
<http://www.irisa.fr/solidor/doc/ps99/pdcs99.ps.gz>. 2.2.3.2, 4.3.1.
- [133] M.-T. SEGARRA & F. ANDRÉ, «MFS: A Mobile File System Using Gereric System Services», *Proceedings of the 1999 ACM Symposium on Applied Computing (SAC'99)*, pp. 419–420, San Antonio, Texas, USA, Février 1999.
<http://www.irisa.fr/solidor/doc/ps99/sac99.ps.gz>. 2.2.3.2.

- [134] M. SATYANARAYANAN, «Scalable, Secure, and Highly Available Distributed File Access», *IEEE Computer*, Vol. 23, Number 5, pp. 9–21, Mai 1990.
<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/coda/Web/docdir/scalable90.pdf>. 2.2.3.3.
- [135] B. C. HOUSEL et D. B. LINDQUIST, «WebExpress: A System for Optimizing Web Browsing in a Wireless Environment», *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'96)*, pp. 108–116, Rye, New York, USA, November 1996.
<http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/comm/236387/p108-housel/p108-housel.pdf>. 2.2.4, 2.2.4.1.
- [136] H. CHANG, C. D. TAIT, N. COHEN, M. SHAPIRO, S. MASTRIANNI, R. FLOYD, B. C. HOUSEL and D. B. LINDQUIST, «Web Browsing in a Wireless Environment: Disconnected and Asynchronous Operation in ARTour Web Express», *Proceedings of the 3rd Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'97)*, pp. 260–269, Budapest, Hungary, September 1997.
<http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/comm/262116/p260-chang/p260-chang.pdf>. 2.2.4.1.
- [137] B. C. HOUSEL, G. SAMARAS et D. B. LINDQUIST, «WebExpress: A Client/Intercept Based System for Optimizing Web Browsing in a Wireless Environment», *Mobile Networks and Applications (MONET)*, Vol. 3, Number 4, pp. 419–431, 1998.
<http://www.acm.org/pubs/articles/journals/monet/1999-3-4/p419-housel/p419-housel.pdf>. 2.2.4.1.

Annexe B

Étude Statistique: handicapés et les personnes âgées en Algérie.

SOMMAIRE

- B.1 – Statistiques relatifs aux accidents de la route**
 - B.2 – Statistiques en rapport avec les personnes âgées**
 - B.3 – Statistiques concernant les catastrophes naturelles**
 - B.4 – Statistiques sur les handicapés en Algérie**
 - B.5 – Maladies cardio-vasculaires**
-

Au cours de ces travaux de recherche nous avons ciblé le secteur de la santé en ayant recours aux réseaux mobiles et ces terminaux portables. Pour cela, un aperçu sur les statistiques relatives aux catégories de personnes pouvant être ciblées par ces services a été défini dans cet Annexe. Ces statistiques concernent l'Algérie puisque notre axe de recherche fait partie des objectifs fixés par les projets à impact socio-économique du laboratoire de recherche «Systèmes et Technologies de l'Information et de la Communication» (STIC), agréé en Juin 2008.

Il existe différentes causes de mortalité et de handicaps dans le monde, nous pouvons citer les différentes maladies (cardiovasculaires, diabète, cancers...), la vieillesse, les catastrophes naturelles, les accidents de la route...

Pour cette raison, notre laboratoire s'est investi dans une étude statistique touchant différents cas afin de sensibiliser les personnes et les autorités compétentes. Il est à noter que ces statistiques touchent l'Algérie uniquement.

B.1 – Statistiques relatifs aux accidents de la route

Le bilan de ces 40 dernières années est très lourd, les victimes tuées et blessées se chiffrent par millions et les couts sont faramineux.

Un total de 129 795 personnes tuées et 1 471 374 blessés dans 1 216 687 accidents de la route survenus entre 1970 et 2008. Il a été dénombré également 130 000 handicapés.

Avec ces chiffres là, l'analyse des statistiques algériennes des accidents de la route, durant les 40 dernières années, montre une évolution soutenue du risque routier. Le constat est que notre pays possède un niveau d'insécurité routière inquiétant, le nombre des accidents corporels et des victimes continuent toujours leur progression. La baisse du risque dans la période 1991-1994 est exceptionnelle et s'explique par la chute du volume du trafic due à la situation sécuritaire de l'époque.

Selon le Centre national de prévention et de sécurité routière (CNPSR), au début de l'année 2008, 2746 personnes ont été tuées et 40 871 blessés dans 25 856 accidents de la route. Comparativement à la même période de l'année 2007, le nombre des accidents de la route est en hausse de 7%.

Les causes principales des accidents de la route en Algérie résident dans l'imprudence des conducteurs et la détérioration de l'état des routes. Le premier facteur des accidents est malheureusement humain, avec 76%. D'autres statistiques relèvent également que 13% des accidents de la route sont dus à la non-maitrise du véhicule, annoncé par un communiqué de la protection civile [138].

En résumé, le cout des accidents de la route est très élevé en Algérie. Chaque année plus de 4 mille personnes sont tuées, 60 mille autres sont blessées dont plus de 3 mille resteront handicapées à vie et des pertes sont estimées à près de 1 milliard de dollar par an.

B.2 – Statistiques en rapport avec les personnes âgées

En effet, il est difficile de définir la vieillesse, tant se recouvrent ou s'opposent une série de termes, tous sources d'enjeux: personnes âgées, vieillard, troisième âge, quatrième âge, aînés, retraités, seniors, etc. il n'est guère simple de déterminer le seuil d'entrée dans la période de la vie communément appelée vieillesse. Ils ont fixé le seuil de la catégorie statistique des personnes âgées à 60 ans.

Selon des statistiques en 2008, le pourcentage de la population supérieure à 65 ans est de 5% en Algérie.

En outre, nous retrouvons 7,3% de personnes qui ont plus de 60 ans et 3,7 millions de retraités contre 18,4% de jeunes de moins de 15 ans, 64,2% de population en âge de travailler. En 2040, l'Algérie aura 50 millions d'habitants, ce qui nous mène à parler de vieillissement, l'augmentation de l'espérance de vie est liée à la diminution de la mortalité et de la fécondité.

Les besoins de santé du 3ème âge font peur aussi, 11,40% de maladies chroniques et surtout cette tranche d'âge compte 80% d'analphabètes. 23% de vieux n'arrivent pas à subvenir à leurs besoins. Finalement, voici des statistiques de quelques maladies: hypertension artérielle 41%, diabète 20,10%, maladies cardio-vasculaires 16,5%, asthme 11,5% [139].

B.3 – Statistiques concernant les catastrophes naturelles

Lorsque l'on parle de catastrophe naturelle, cela fait référence à un évènement qui bouleverse la vie quotidienne des personnes, nous pouvons dire qu'elle fait partie de l'histoire des hommes. Entre les tremblements de terre, les tsunamis, les tempêtes, les avalanches, les ouragans, les tornades, les cyclones, les glissements de terrains ou les météorites, les catastrophes naturelles, sont malheureusement de plus en plus nombreuses. La gestion des risques naturels majeurs n'est pas une chose facile.

Par exemple, les inondations en Algérie avaient tué 113 personnes en 2008, dont 43 dans la seule ville de Ghardaïa et détruit près de 30 000 foyers [139].

Cette étude statistique est très importante dans le contexte de notre travail de recherche car ce sont des situations d'urgences auxquelles il faut faire face grâce à des équipements et des systèmes au niveau des hôpitaux ou des ambulances. Les deux parties suivantes traiteront le cas des urgences,

elles sont ainsi le cœur de notre sujet.

B.4 – Statistiques sur les handicapés en Algérie

Les services proposés au cours de cette thèse, ont pour but d'être utile aux personnes handicapées en situation d'urgence, dans la mesure où leur prise en charge par les urgentistes sera administrée par des équipements et des technologies qui font partie de notre mémoire de thèse de Doctorat.

Les questions les plus souvent posées sont les suivantes :

Combien y a-t-il de personnes handicapées dans le monde ? Combien d'enfants porteurs d'une déficience physique, sensorielle ou mentale sont accueillis à l'école ordinaire ? Quel est le nombre de demandeurs d'emploi handicapés ?

Etre handicapé en Algérie n'est pas aisé. Les personnes en situation d'handicap sont un peu victimes d'une double peine, le handicap, mal pris en charge de surcroit, et les difficultés de vie dans une société qui ne leur est pas adaptée. Mais la solidarité des uns avec les autres atténuée peut être un peu leurs incapacités (ces difficultés).

Selon des associations des handicapés, il y aurait 10% de la population algérienne qui serait atteinte de nécessité physique. Mais une étude statistique et des données relatives aux handicapés en Algérie, issue du ministère de la défense nous ont donné les chiffres suivants :

- 1.752.998 : le nombre de personnes handicapées en 2006 dont :
 - **854.156 de sexe féminin.**
 - **898.842 de sexe masculin.**
- Estimations pour 2010 : 1.898.833 personnes handicapées.

Les efforts déployés par l'Etat ont pour but de prendre en charge cette catégorie de la société. Pour cela, le ministre a mis en 2006 certaines stratégies et des programmes spéciaux initiés dans cette perspective. Les statistiques que nous avons, précisent que quelques 18.000 handicapés bénéficient de programmes de prise en charge spécialisée au niveau de 258 centres spécialisés relevant de son département et 8.000 autres handicapés sont pris en charge au niveau de 119 centres spécialisés financés par l'Etat et gérés par des associations en Algérie [138].

La *télé médecine* ainsi que la technologie des réseaux radio mobiles tentent d'aider ces personnes dépendantes à palier leur incapacités et avoir leur autonomie tout en inventant et en créant des solutions via les réseaux sans fil et des unités portatives applicables dans le domaine médical.

Parmi les handicaps les plus fréquents, et qui se révèle être la première cause de mortalité dans le monde, on retrouve les maladies cardio-vasculaires. La section qui suit donne un aperçu sur cette maladie en Algérie.

B.5 – Maladies cardio-vasculaires

Cette maladie constitue aujourd'hui, un véritable problème de santé dans le monde et plus particulièrement pour les algériens. Près de 15 000 décès en 2002 et environ 17000 décès sont enregistrés chaque année. Un taux de mortalité de 0,5 pour 1000 habitants figure en Algérie, sachant que l'hypertension artérielle, dont la prévalence moyenne est estimée à 20%. Elle constitue le principal facteur de risque des cardiopathies et des maladies cérébro-vasculaires. À l'occasion de la cinquième journée mondiale du cœur (26 Septembre 2008), l'OMS en collaboration avec la fédération mondiale du cœur et le centre de contrôle des maladies aux Etats-Unis ont lancé un atlas des maladies cardio-vasculaires et des attaques cérébrales. Il décrit avec précision à l'échelle mondiale la répartition géographique de ces affections ainsi que les facteurs de risques qui les favorisent, à savoir le tabac, le cholestérol, l'obésité, le diabète et la sédentarité.

Selon des statistiques, 756 personnes sont décédées de cardiopathies rhumatismales. Les principales causes de cardiopathies et d'accidents vasculaires cérébraux (l'obésité, les régimes alimentaires médiocres, le tabagisme et la sédentarité) peuvent être observées dès le plus jeune âge. Cet atlas, devrait offrir un moyen de sensibilisation permettant de stimuler une action vitale et contribuer à promouvoir la prise de décision constructive par les gouvernements, les responsables politiques, les

organisations nationales et internationales, les professionnels de la santé, les particuliers ainsi que les familles partout dans le monde.

Autres statistique selon l'OMS, le nombre de décès devrait dépasser le cap des 20 millions par an et atteindre plus de 24 millions en 2030. Selon le Dr Robert, les maladies cardio-vasculaires ne touchent que les hommes corpulents et stressés des pays développés vers 40 ou 50 ans n'a plus cours. Aujourd'hui, les hommes, les femmes et les enfants sont tous à risque et 80% de la charge de morbidité concernent les pays à revenu faible et intermédiaire. Ces types de maladies (les cardiopathies et les accidents vasculaires cérébraux) ne provoquent pas seulement des décès, mais sont aussi à l'origine d'un énorme fardeau économique [140].

Dans cette vision, le monde devrait constituer des nouveaux instruments précieux, des systèmes et des stratégies pour la sensibilisation et l'éducation au niveau mondial. Les objectifs de cette thèse constituent une modeste contribution portant sur le développement de services associés aux téléphones portables et destinés à la *télé médecine* ainsi qu'aux usages publics.

[138] N. M. HAMED, «Étude et Développement d'un service de Téléassistance médicale sur un terminal mobile», *These of Magister, University Abou Bekr Belkaid*, Tlemcen, Algeria, 2008.

[139] S. CHELOUFI, «Le guide de la médecine et de la santé au Maghreb», *Tlemcen: la gérontologie et la gériatrie en débat - Le quotidien d'Oran*, Tlemcen, Algérie, 12 Février 2008.

http://www.santemaghreb.com/actualites/index.asp?id=5556&text=0208/mag0208_55&action=lire.

[140] M. MAKEDHI, «Les maladies cardiovasculaires en Afrique: L'Algérie parmi les pays les plus exposés», *El-Watan*, 03 Novembre 2008.

<http://www.elwatan.com/archives/article.php?id=108003>.

Annexe C

Quelques services conçus au cours de ce projet de thèse pour le grand public.

SOMMAIRE

- C.1 – Système de Télésurveillance mobile
 - C.2 – Service de localisation (Navigation): Chemin Optimal
 - C. 3 – M-Commerce
 - C. 4 – Autres services
 - C. 5 – Conclusion générale
-

Comme il a été mentionné auparavant, les travaux de cette thèse consistent à développer, adapter, concevoir et à ajouter des fonctionnalités ce qui veut dire des applications sur un téléphone portable, dont le but d'offrir aux utilisateurs des services à valeurs ajoutés. Notre thème de recherche, intitulé « **Conception et Développement d'applications et services sur les terminaux mobiles** », représente un sujet vaste et à la pointe de l'actualité grâce aux avancées technologiques effectuées dans ce domaine, ce qui conduit à imaginer des applications selon les besoins.

La problématique est donc de détourner ces appareils de leur fonction de base (téléphonie) et d'en faire des outils pour les *NTIC dans des applications telles que la Télésurveillance mobile, le M-Commerce...*

Les services conçus sur ces types des terminaux mobiles permettent un transfert d'informations en temps réel tout en garantissant la mobilité, la sécurité et la fiabilité dans la zone couverte par le réseau *GSM/GPRS*.

Dans cette partie, nous allons présenter un panorama des systèmes et des services mobiles que nous pouvons rencontrer quotidiennement.

PUBLIC.

C.1 – Système de Télésurveillance mobile

Nous présentons ici, une plateforme d'un système destiné à la *télésurveillance* mobile depuis des terminaux mobiles. Nous nous sommes concentrés en particulier sur le développement et la mise en œuvre d'une application qui consiste à transférer une image capturée d'une ou plusieurs caméras sans fil (posés sur différents sites de surveillance) sur un terminal mobile en exploitant le service *MMS*.

C.1.1 – Cahier des charges

Le cahier des charges de ce projet consiste à: [141]

- ✓ Créer une application combinant la réception d'un ordre de «*prise de vue*» par *SMS/MMS* et d'envoyer cette photo via *MMS* vers le numéro ordonnant.
- ✓ Programmer l'application dans un langage qui soit le plus portable possible. L'application doit être simple à utiliser et à installer.
- ✓ Programmer une interface utilisateur de haute qualité.

C.1.2 – Plateforme envisagée

Notre application suit la structure et l'architecture *Client / Serveur* (Fig. C.1) ; ce qui conduit à réaliser deux logiciels. Le premier c'est un Client Mobile, chargé de commander la caméra sans fil et récupérer la photo délivrée. Le deuxième est un Serveur installé sur la caméra sans fil ayant pour fonction d'écouter les requêtes transmises par le Client (*J2ME*) et à déclencher automatiquement pour renvoyer la réponse à celui qu'il a demandé.

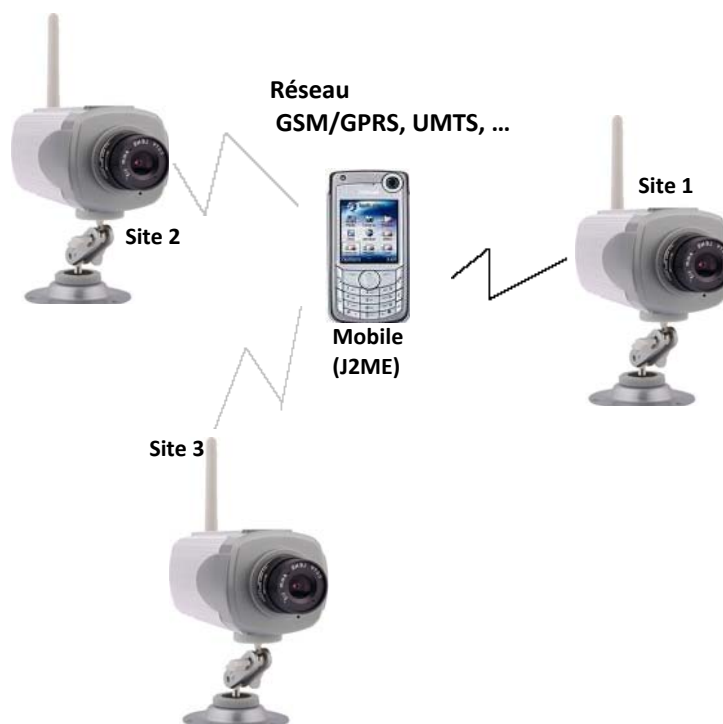


FIG. C.1 – Système de Télésurveillance mobile

Les étapes de l'application se déroulent comme suit:

- Un utilisateur se servira d'un téléphone avec le programme de commande pour envoyer un *SMS/MMS* à une ou plusieurs caméras sans fil.
- Cette dernière (Serveur : la caméra), déclenche automatiquement pour la capture et l'envoi de la photo de surveillance par *MMS*.
- Ainsi, le Client pourra récupérer la réponse (photo) délivrée par le logiciel Serveur.

C.1.2.1 – Application d’envoi des ordres

L’application Client (*J2ME*) commence par l’activation du mode de la *télésurveillance*. Suivie par une demande de choix d’un site distant (contenant chacun une caméra sans fil) dans la liste (Fig. C.2).

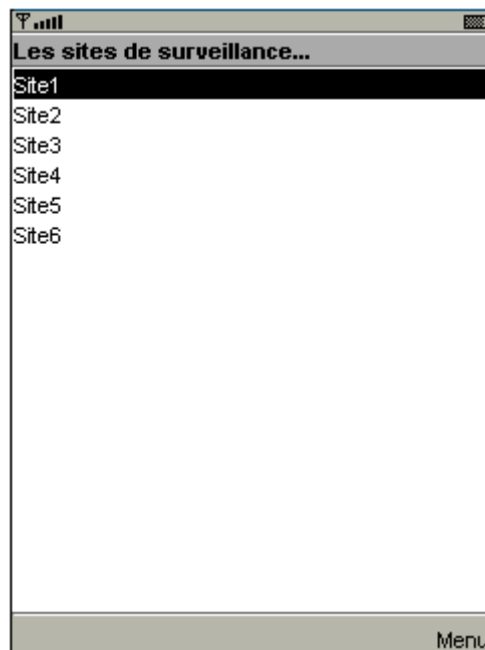


Fig. C.2 – Liste des sites

Suite d’un choix effectué par l’utilisateur d’un site donné, une commande à distance de la caméra de surveillance voulue (Serveur) sera stimulée. Pour cela, il faudra envoyer un message d’ordre à cet appareil.

Pour transmettre un message de téléphone portable à une caméra portable (*GSM/GPRS*, ...), il n’existe pas énormément de possibilités. En effet, il est possible d’envoyer des *SMS* ou des *MMS*.

L’application mobile offre une interface qui permet d’envoyer les ordres de prise de photo. Le peu d’éléments que doit contenir cette partie de l’application permet de placer le tout sur un seul écran.

Les quatre champs à remplir, permettent de préciser :

- Le message à envoyer par *MMS* pour stimuler l’appareil sans fil.
- Le numéro de l’appareil à qui envoyer le message.
- Le mot de passe éventuel.
- Adresse de retour à qui envoyer la capture.

C.1.2.2 – Application de surveillance

Cette application (Serveur) qui est installé sur chaque caméra, sera sensible à l’arrivée du *MMS* de commande. Elle permet alors de recevoir toutes les requêtes possibles transmises par le Client Mobile.

A chaque fois qu’une commande *MMS* sera reçue, la caméra correspondante effectue les opérations suivantes : photo capturée (programme de capture : il commande le pilote de la caméra), photo envoyée, mot de passe erroné, ...

C.1.3 – Évaluation

Les utilisateurs sont de plus en plus mobiles et veulent pouvoir accéder à leurs informations quel que soit le lieu où ils se trouvent. Les applications doivent être adaptées pour répondre à ce nouveau besoin.

Cette partie expose une architecture logicielle complète d’un système de télé-surveillance mobile pour le grand public, afin d’améliorer leur confort dans leurs lieux. Cette solution proposée nous a permis de déployer et de développer une application légère pour appareils portatives tout en

PUBLIC.

assurant la capture des photos de surveillance à n'importe quel moment, depuis n'importe quelle position.

C.2 – Service de localisation (Navigation): Chemin Optimal.

Cet outil est destiné à la manipulation de données géographiques depuis des terminaux mobiles. Nous nous sommes concentrés en particulier sur les bases du standard *SVG*. Le développement d'une solution logicielle dans un environnement à contraintes notamment vis-à-vis de la puissance de calcul et les capacités de stockage a conduit à la mise au point de nos propres méthodes d'analyse *XML*, ainsi que des primitives d'affichage de carte et de gestion de couches de données.

Ce service offre au grand public le calcul du chemin le plus court entre deux endroits (lieux...) d'une ville ciblée. L'application consiste alors, à implémenter l'algorithme de *BELLMANN-FORD* (Chemin Optimal) sur le téléphone portable afin de préciser le trajet optimal à emprunter et par conséquent réduire le temps du parcours pour les utilisateurs. Ce qui donne à cette application une importance dans la vie quotidienne, surtout s'il s'agit des personnes dépendantes comme les personnes âgées, handicapées, etc., ou souffrant d'une maladie critique (tachycardie...).

Nous présentons ici les fonctionnalités, les étapes de conception et la réalisation du service proposé.

C.2.1 – Fonctionnalités

Notre outil a été destiné à la consultation et la création de données géographiques sur terminaux mobiles. La possibilité supplémentaire que nous offrons à l'utilisateur est celle de créer ses propres cartes en enregistrant tout ce qui peut lui sembler utile à partir de son mobile. Un touriste dans une ville inconnue n'aurait qu'à se localiser sur la carte de cette ville pour retrouver son chemin vers l'hôtel désiré. Cet exemple peut s'étendre à tout problème concernant un déplacement (motorisé ou non), puisque se déplacer implique se localiser. Le stockage des données lourdes et des statistiques se fera plutôt sur le téléphone mobile (dans la limite des capacités), afin d'éviter les communications répétées des données qui n'ont pas été mises à jour, celles susceptibles d'évoluer dans le temps (trafic routier) seront par contre rafraichies régulièrement. Offrir ce genre de services ne se fait pas facilement sur des terminaux mobiles, et nous allons détailler par la suite l'implémentation faite.

C.2.2 – Solution proposée

L'architecture logicielle se décompose en plusieurs parties. Nous allons présenter les fonctionnalités de chaque partie et son utilité, en nous concentrant particulièrement sur la partie interface utilisateur et affichage des données géographiques.

C.2.2.1 – Architecture logicielle

Paquetage ContrôleMobile : il regroupe toutes les classes et les sous programmes Java représentant le calcul (Algorithme de *BELLMANN-FORD*) et le stockage des données utiles au bon fonctionnement du logiciel.

Paquetage Communication : Ce paquetage se décompose en deux sous-ensembles: la communication interne au logiciel et la communication externe (exploitation du réseau).

Paquetage FenêtreMobile : Cette entité regroupe toutes les méthodes liées aux interfaces Homme-Machine. Elles assurent le lien entre le système et l'utilisateur.

Paquetage Affichage : Enfin, la partie affichage regroupe toutes les fonctions liées au dessin des données géographiques à l'écran du terminal mobile.

C.2.2.2 – Interface et Affichage

L'affichage des données est le cœur de ce système, puisque c'est de la carte à l'écran que les informations seront interprétées.

L'affichage des cartes est en format *SVG*. Le choix de ce type de format est justifié en raison de la qualité présentée sur la partie zoom (le format *SVG* conserve la même qualité de représentation avant et après le Zoom). En outre, l'affichage n'est pas trop lourd dans le contexte mobile, et d'autre part, la spécification du *SVG* mobile a déjà vu naître d'*API J2ME*.

Nous avons développé une application qui utilise des menus déroulants comme la plupart des logiciels aujourd'hui. Les menus permettent la configuration de l'outil et le déclenchement des méthodes. Une fonction de calcul du chemin optimal est implémentée de manière récursive et donc très lente. Notre fonction de calcul se base sur un algorithme dit du *BELLMANN-FORD* qui consiste à trouver le plus court chemin entre deux endroits (Fig. C.3) d'une ville avec origine unique, y compris dans le cas général où les arcs sont munis de poids négatifs. S'il n'y a pas de circuit de poids négatif, l'algorithme retrouve vrai, et sinon il retourne faux : en effet, dans ce cas, il n'existe pas de plus court chemin à partir de l'origine. Le résultat est une courbe contenant des gros points au niveau des intersections des rues, tracée sur la carte et visible sur l'écran.

Le déplacement des objets utilise des tançons entre chaque deux points (Rue, Endroits spécifique...) avec des points gras qui indiquent les coordonnées, un début ou une fin. Le déplacement tient compte du facteur de Zoom afin de conserver la proportion du mouvement. Donc la fonction de Zoom multiplie ou divise les coordonnées qui seront ensuite recentrées.



FIG. C.3 – Chemin optimal sur une MAP

Ce prototype constitue un noyau intéressant pour l'intégration de la localisation utilisant les réseaux de capteurs installés sur le corps humain pour le cas de *télé-médecine*. Ces travaux sont en cours de développement par mes collègues au sein de notre laboratoire *STIC*.

C.2.3 – Conclusion

Notre projet a permis de développer un client léger pour appareils mobiles novateur tout en respectant les standards au Web. Les services de géo-localisation vont se développer sur les terminaux mobiles dans un futur proche. C'est dans cette vision que nous avons créé un logiciel simple dans son utilisation et sa configuration.

La représentation graphique de la carte permet d'obtenir une vue d'ensemble des résultats mais aussi des informations détaillées grâce à la fonction de calcul du chemin optimal entre deux endroits précis.

L'utilisateur peut créer des cartes personnalisées, ce qui est une fonctionnalité appréciable. Nous avons apporté un soin tout particulier à l'optimisation de l'affichage afin de rendre la navigation et la recherche d'information sur la carte plus rapide, plus ergonomique et plus simple.

C. 3 – M-Commerce

Ce service recouvre un type de commerce électronique permettant la vente et l'achat en ligne de produits à partir des unités portatives comme les téléphones portables.

C. 3.1 – Système envisagé

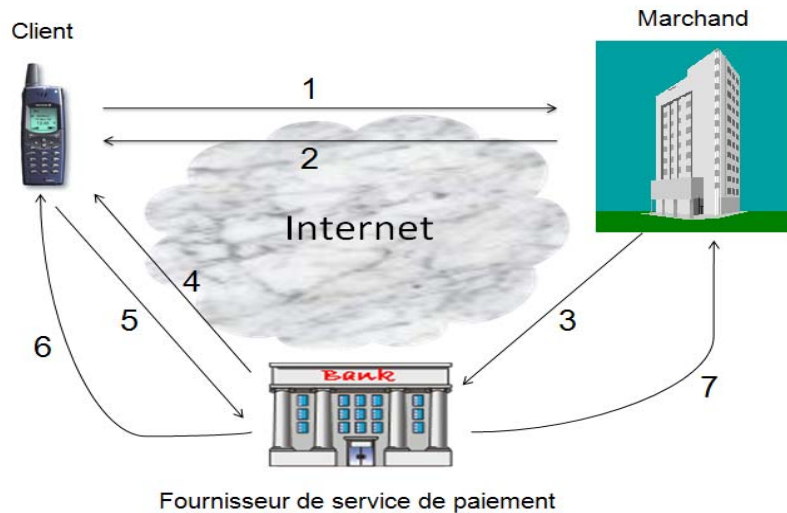


FIG. C.4 – Système du M-Commerce

Le déroulement des opérations sera le suivant: (FIG. C.4)

- 1) On lance l'application du M-commerce configuré sur le mobile à travers *Internet* pour accéder au serveur du marchand.
- 2) Après authentification une variété de produits s'affiche avec leurs prix.
- 3) Une fois le choix de la marchandise effectué par le client, le marchand établit le calcul de la somme correspondant à la marchandise commandée. Cette somme sera transmise au Fournisseur de service de paiement pour la créditer du compte du client.
- 4) Une session est établie entre le fournisseur de service de paiement et le client, qui comprend des informations concernant les transactions.
- 5) Lorsque l'identification du client est effectuée, le fournisseur de service de paiement transfère la somme due du compte du client au compte du marchand.
- 6) Chaque élément de cette opération (client et marchand) sera informé de son nouveau solde.

C. 3.2 – Cahier des charges

- Données de bases:

Cette application consiste à exploiter le service du commerce sur téléphone mobile, pour pouvoir faire l'achat et le paiement des produits existant chez un marchand, les transactions se passent sans obstruction dans le temps et dans l'espace.

Un logiciel ayant la fonction de permettre l'accès à un serveur d'un marchand via connexion *https* (*http* sécurisée) a été développé pour satisfaire les fonctionnalités décrites ci-dessus. Il est possible d'installer le logiciel sur tout terminal mobile multimédia.

- Cahier de charge:

Le cahier de ce projet consiste à:

- ✓ Créer une application combinant l'achat et le paiement des produits sur le téléphone mobile.
- ✓ Programmer l'application dans un langage qui doit être simple à l'utilisation.

PUBLIC.

- ✓ Programmer une interface utilisateur simple, souple, haute qualité, facile à manipuler et qui possède un grand degré de sécurité.

- *Fonction:*

A l'aide de l'application installée sur téléphone portable, et par le biais d'une connexion *https* on se connecte au serveur du marchand pour voir les produits proposés en vente, après les étapes d'authentifications. Après avoir fait le choix des produits, une session est établie entre le client et le fournisseur de service de paiement pour confirmation de la transaction d'achat et fournit les informations nécessaires. Suite à une vérification des informations du client, la banque donne la main au marchand pour accomplir la transaction et transfère la somme due, du compte du client à celui du marchand. La banque envoie un accusé au client pour lui montrer son nouveau solde et un autre accusé au marchand pour lui confirmer le transfert de la somme à son compte.

C. 3.3 – Avantage du M-Commerce

La technologie du Commerce électronique par téléphonie mobile offre au marchand les avantages suivants :

- ◆ **Ubiquité:** L'utilisation de terminaux mobiles permet des transactions n'importe où et n'importe quand.
- ◆ **Accessibilité :** vous possédez votre terminal, vous pouvez être contacté quand vous le voulez par qui vous voulez, vous gagnez en réactivité.
- ◆ **Praticité :** La portabilité du terminal de paiement est imbattable tout en conservant une capacité de stockage importante (*PDA*).
- ◆ **Pertinence:** Avec la localisation (géo-localisation) du portable ou du terminal, une information extrêmement personnalisée et ciblée peut être mise à votre disposition (plans par GPS).
- ◆ **Personnalisation:** La personnalisation prendra la forme de l'information adaptée aux besoins du client, rencontrant les préférences des utilisateurs, par suivi des mécanismes de paiement qui tiennent compte de l'information personnelle stockée.
- ◆ **Service complet:** intégrant les éléments suivants :
 - Différents moyens de paiement (débit de compte bancaire, opérateurs, carte de crédit).
 - Des services logistiques.
 - Des services de facturation.
 - Des services de marketing mobile.

C. 3.4 – Conclusion

La réalisation de cette application nous a permis de concevoir, de développer un système de M-Commerce et par conséquent de créer un nouveau mode économique basé sur l'achat et le paiement en exploitant le téléphone portable. Ce projet se lance donc dans une tentative visant le développement d'une application commerciale et cela n'a pas nécessité de gros moyens ainsi qu'une grosse infrastructure, puisque aujourd'hui un simple téléphone portable peu suffire.

C. 4 – Autres services

Beaucoup de services ont été conçus et développés au cours de cette thèse, nous avons détaillé quelques un, mais pour la suite nous préférons les citer sans détails. Les autres services sont :

- Négociation à distance sur des serveurs (Multimédia...).
- Pilotage à distance d'un téléphone *MMS*.
- Messagerie instantanée entre dispositifs mobiles (Diffusion).
- Gestion des rendez-vous.

C. 5 – Conclusion générale

Ces nouveaux services mobiles présentés, font appel souvent à l'utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de Communication (*NTIC*). Pour conclure, nous voudrions mettre

l'accent sur le fait que tous nos services proposés s'inscrivent dans le cadre des activités de recherche à impacts socio-économiques du laboratoire *STIC* et dénotent ses attachements à mener des recherches utiles permettant de participer au développement de notre pays.

[141] R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «Mobile System of Remote Monitoring: Conception and Implementation», *CIAE 2011: Colloque d'Informatique, Automatique et Electronique*, N° 36, Mundiapolis Université Casablanca - Maroc - 24 et 25 Mars, 2011.
http://www-common.esiee.fr/download/recherche/fic_actualite.

Annexe D

Les configurations et les besoins (Soft et Hard) de la plateforme proposée.

SOMMAIRE

- D. 1 – Configuration minimale
 - D. 2 – Propositions et choix des équipements pour la plateforme
 - D. 3 – Test réel sur Smartphone Nokia, N96
-

Dans cette annexe, nous définissons les configurations et les besoins que ce soit Software ou Hardware de la plateforme pour une meilleure utilisation et exploitation des potentialités des services proposés.

D. 1 – Configuration minimale

D. 1.1 – Caractéristique du Smartphone

Pour pouvoir utiliser notre plateforme, il faut un Smartphone, qui a les caractéristiques suivantes :

- Environnement *Java™ ME* : Support du profile au minimum *MIDP 2.0 (MIDP 2.1)* et de *CLDC 1.0 (CLDC 1.1)*.
- Système d'exploitation incorporé : *OS Symbian*.
- 30ko d'espace mémoire disponible.

D. 1.2 – Package Java: API Technologies

Le simulateur *WTK* est le *kit* de conception et développement fourni par *Sun* que l'on peut trouver sur le site Internet, leur site ^{D.1}. Il permet la création d'applications conçues pour fonctionner sur des appareils mobiles (faible ressource). On y trouve toutes les bibliothèques nécessaires ainsi que le compilateur. Il contient aussi des émulateurs qui permettent de tester la compatibilité avec les différentes configurations et profiles. Les packages au minimum que l'on peut avoir sur le simulateur afin d'une utilisation adéquate de la plateforme proposée, sont les suivants:

Wireless Messaging APIs.

Java™ APIs for Bluetooth.

J2ME™ Web Services.

Scalable 2D Vector Graphics APIs for J2ME™.

Mobile Media APIs.

NB : En plus de ces fonctions de base, on y trouve l'outil *KToolbar* qui permet de créer, modifier, compiler et exécuter des projets *J2ME*. Finalement, on y trouve aussi toute une série d'exemples qui sont très intéressants pour débiter une étude des possibilités de *J2ME*.

D. 1.3 – Caractéristique du fichier JAD de l'outil sans fil

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 *AssistIntelligent.jad* suffit à installer le programme.

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

```
MIDlet-1: Démarrer l'assistant intelligent, Démarrer l'assistant
intelligent, AssistIntelligent
MIDlet-Jar-Size: 2347
MIDlet-Jar-URL: AssistIntelligent.jar
MIDlet-Name: AssistIntelligent
MIDlet-Vendor: MERZOUGUI Rachid
MIDlet-Version: 1.0
MicroEdition-Configuration: CLDC-1.0
MicroEdition-Profile: MIDP-2.0
```

FIG. D.1 – Fichier JAD de notre plateforme

^{D.1} <http://java.sun.com>.

D. 2 – Propositions et choix des équipements pour la plateforme

D. 2.1 – Smartphone

Des tests ont été effectués avec succès sur un smartphone de type Nokia Série N, N96, mémoire de stockage interne 16 Go, Processeur *CPU-ARM 9* cadencé à 264 MHz avec 128 MB de *RAM*. Pour cela, nous le retenons comme assistant intelligent et cœur de la plateforme développée. La fiche complète du smartphone proposée est décrite dans ce qui suit:

Java Technologie:

JSR 139 Connected, Limited Device Configuration (CLDC) 1.1.

JSR 118 MIDP 2.1.

JSR 248 Mobile Service Architecture Subset for CLDC.

JSR 75 FileConnection and PIM API.

JSR 82 Java™ APIs for Bluetooth 1.1.

JSR 172 J2ME™ Web Services Specification.

JSR 172 J2ME™ Web Services Specification.

JSR 177 Security and Trust Services API for J2ME™.

JSR 177 Security and Trust Services API for J2ME™.

JSR 179 Location API for J2ME™ 1.0.

JSR 180 SIP API for J2ME™.

JSR 184 Mobile 3D Graphics API for J2ME™ 1.1.

JSR 205 Wireless Messaging API 2.0.

JSR 226 Scalable 2D Vector Graphics API for J2ME™ 1.1.

JSR 234 Advanced Multimedia Supplements 1.0.

JSR 135 Mobile Media API 1.2.

Java API Access Permissions.

CPU-ARM:

Le processeur de type *ARM* est caractérisé par la puissance, l'efficacité et la bonne gestion en traitement (problèmes complexes) à faible consommation d'énergie. En outre, ce processeur effectue un nombre d'instruction limité, il est exploité par les Smartphones Nokia sous le système d'exploitation *Symbian OS*.

Problème de la saisie des données sur le Smartphone :

La taille des claviers intégrés dans les Smartphone varie selon le type des Smartphones, on peut trouver un Smartphone avec un petit clavier, ce qui constitue un problème au niveau de la manipulation (opération de saisie des données...) et l'exploitation des informations. En effet, un avantage majeur pour les smartphones c'est qu'ils facilitent la tâche de la saisie des données et ça grâce à des accessoires supplémentaires qu'on peut ajouter. Ces accessoires ne sont rien autre que des claviers externe fournis par les fabricants. Ces claviers avec liaison directe ou avec liaison sans fil *Bluetooth* permettent de taper de long texte plus aisément et avec plus de rapidité.

Ainsi le problème de la manipulation des unités portatives comme les téléphones portables peut être réglée par ces claviers externes.

D. 2.2 – Le marché des réseau de capteurs sans fils

Comme il a été mentionné auparavant, dans l'environnement sans fil d'un réseau de capteur, un nœud est extrêmement contraint en termes de matériel dû aux facteurs tels que maximiser la durée de vie et réduire au minimum la taille physique des dimensions et le coût globale. Néanmoins, ces nœuds doivent pouvoir exécuter et implémenter des opérations adaptées au contexte et basées sur des primitifs selon les besoins et les objectifs voulus. Par conséquent, il est indispensable de comparer et d'examiner les différentes technologies existantes sur le marché. Enfin, un choix judicieux d'une telle ou telle technologie adéquate est le but de cette partie.

La section suivante sera consacré aux microcontrôleurs et les émetteurs-récepteurs incorporés sur les nœuds puisqu'ils caractérisent parfaitement les principaux éléments des nœuds sans fil.

Microcontrôleur:

Un microcontrôleur utilisé dans un nœud a assez de possibilités informatiques et de mémoire pour exécuter des tâches simples tout en consommant le moins possible d'énergie. Le choix d'un microcontrôleur dépend de quel service doit fournir au nœud en termes de la consommation d'énergie, programme et mémoire des données, stockage, vitesse et port d'E/S.

Notons qu'il existe des nœuds de différentes compagnies qui peuvent partager le même microcontrôleur (par exemple le *BTNode* et le *MicaZ*), même si leur architecture globale est complètement différente.

On peut classifier les microcontrôleurs des capteurs sans fil selon leurs potentialités globales (TAB. D.1). Certains parmi eux, sont extrêmement contraints. Ces dispositifs sont considérés comme faible et appelés en anglais « *Weak* ». Un exemple de ce type de dispositif est le *PIC12F675*, qui est exploité par le nœud *uPart* [142]. De l'autre côté du spectre, il y a des microcontrôleurs qui sont aussi puissants que les microprocesseurs utilisés en *PDA*s, et peuvent exploiter les systèmes d'exploitation complexes ou Java basé sur la machine virtuelle. Ces dispositifs seront appelés « *Heavy-Duty* ». Les exemples de ces dispositifs sont les *PXA271* et les *ARM920T*, qui sont employés respectivement dans *iMote2* [143] et le *SunSPOT* [144]. Enfin, les dispositifs qui ont des contraintes en ressource mais relativement puissant pour supporter une application complexe, seront connus en tant que « *Normal* ». C'est le type le plus exploité dans les capteurs, il existe plusieurs types de microcontrôleurs classifiés dans cette catégorie. Un exemple de cette catégorie est *ATmega128L* qui est utilisé dans *Micaz* [143], *BTNode* [145], et *MeshBean*. Un autre exemple est le *MSP430-F1611*, qui est intégré dans *Tmote Sky* [146], *telosb* [143], *EyesIFXv2.1*, et *TinyNode 584* [147]. Les autres dispositifs sont les *MSP430F14x*, qui sont employés par les nœuds *ESB* comme *ScatterNode* [148], et le *PIC18F6720*, utilisé comme noyau des nœuds *zPart* et *pPart* [142].

Un panorama des différents microcontrôleurs et leurs caractéristiques (telles que fréquence, mémoire *RAM*...) est résumé sur le tableau (TAB. D.1):

	Weak	Normal				Heavy-duty	
Model	PIC12F675	PIC18F6720	MSP430F14x	MSP430F16x	ATmega128L	PXA271	ARM920T
Frequency (MHz)	4	20	4	8	8	13(416)	180
Word size (bit)	8	8	16	16	8	32	32
RAM memory	64 B	4 KB	2 KB	10 KB	4 KB	256 KB	512 KB
Inst. Memory	1.4 KB	128 KB	60 KB	48 KB	128 KB	32 MB	4 MB
Power (awake ; mA)	2.5	2.2	1.5	2	8	31–44	40–100
Power (slept)	1 nA	1 µA	1.6 µA	1.1 µA	15 µA	390 µA	40µA

TAB. D.1 – Les types des microcontrôleurs utilisés dans les réseaux de capteurs [149]

Émetteur-Récepteur:

Un des principaux caractéristiques des nœuds est leurs capacités d'envoyer et recevoir des informations (des données) sur un canal sans fil. Ainsi, il est indispensable d'intégrer sur le nœud sans fil un module d'émetteur-récepteur. Ces émetteurs-récepteurs des capteurs sans fil, doivent offrir un équilibre adéquat entre un bas débit (par exemple entre 19.2 et 250 Kbps) et une consommation d'énergie plus petite en environnement basse-tension (c-à-d. autour de 3 V), permettant au nœud de vivre pendant une période prolongée. Pour ces raisons, les normes telles que *802.11* ne peuvent pas être employées dans ce genre de réseaux.

La technologie d'émission-réception dans les capteurs peut être divisée en deux catégories : radios à bande étroite (*narrowband radios*) et radios à large bande (*wideband radios*). La catégorie « *narrowband radios* » a peu de flux de données et est plus susceptible au bruit, mais elle a moins de consommation d'énergie et de temps de réponse plus rapide. Les avantages et inconvénients de

«*narrowband radios*» sont inversés dans la catégorie «*wideband radios*» : elle est plus rapide et plus robuste, mais également plus de puissance consommée et plus lent en temps de réponse.

Le *narrowband radios* fonctionne à de plus basse fréquence (433 et 868 MHz en Europe, 915 MHz en USA), alors que la catégorie *wideband radios* fonctionne habituellement à des fréquences plus élevées (2.4 GHz). Dans ces fréquences plus élevées, on trouve deux standards non compatibles qui s'adapte dans la catégorie *wideband radios* : *Zigbee* et *Bluetooth*. Le *CC1000* est le plus commun pour le *narrowband*, il est employé par le *BTNode* [145], *Mica2* [143] et *Mica2Dot* [143]. Un autre module d'émission-réception avec des caractéristiques semblables, le *CC1020*, est employé sur les nœuds *MSB* [148]. D'autres modules sont les *TR1001*, employés par le *Scatternodes* [148], et les *XE1205*, employés par le *TinyNode 584* [147].

Pour la catégorie *wideband*, l'émetteur-récepteur le plus commun est le Chipcon *CC2420*, qui implémente le standard *802.15.4* et est employé par le *Micaz* [143], *TMote Sky* [146], *SunSpot* [144], *zPart* [142], *MeshBean* [142] et *IMote2* [143]. La technologie *Bluetooth* qui est la norme *802.15.1*, a permis à des nœuds, comme le *BTNode* [145], d'exploiter le module *ZV4002*. Les différentes caractéristiques et les possibilités de ces émetteurs-récepteurs sont présentées dans le tableau (TAB. D.2).

	Narrowband				wideband	
Model	CC1000	CC1020	XE1205	TR1001	CC2420	ZV4002
Frequency	300–1000 MHz	402–940 MHz	300–1000 MHz	868 MHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Max. data rate (Kbps)	76.8	153.6	152.3	115.2	250	723.2
Modulation	FSK/OOK	FSK/GFSK/OOK	CPFSK	OOK/ASK	DSSS-O-QPSK	FHSS-GFSK
Turn on time (ms)	< 2	< 2	< 2	< 0.5	< 1	–
Power (RX; mA)	9.6	19.9	14	3.1	18.8	65
Power (TX; mA)	16.5	20.5	33	12	17.4	65
Power (slept; μ A)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	140
Security	None	None	None	None	AES-128	SC-128

TAB. D.2 – Modules d'émission-réceptions utilisés dans les réseaux de capteurs [149]

L'étude des technologies des réseaux de capteurs existantes sur le marché a permis de mieux examiner et analyser les différents modèles. Chaque modèle de ou des nœuds sans fils a sa propre caractéristiques et paramètres qu'ils définissent. Le choix judicieux d'une telle ou telle technologie adéquate pour notre plateforme de services s'effectue selon le domaine d'utilisation, nos besoins et les objectifs de cette plateforme conçue. Donc, il faut faire un compromis entre ces types de technologie afin d'exploiter la meilleur marque, et répondre convenablement aux besoins. Tout d'abord, nous commençons à définir les caractéristiques et les paramètres à adapter à ces nœuds :

- Le standard 802.15.1: technologie Bluetooth a été choisie pour l'émission et la réception (*wideband*), car elle permet d'utiliser sans modification matérielle, un terminal mobile (Smartphone, PDA...) comme passerelle.
- Un microcontrôleur normal pour ne pas consommer beaucoup d'énergie et satisfaire plus ou moins les traitements complexes avec une capacité de mémoire relativement large.
- Intégration d'une palette de protocole afin d'élargir le domaine d'utilisation.
- Langage de programmation bas-niveau.
- Faible consommation d'énergie surtout s'il s'agit de transmettre une quantité d'information plus importante.
- Faible dimensions, car c'est la surface du corps du patient qui va porter ces nœuds dans le cas des applications médicales.
- Domaine d'application plus large ce qui permet d'imaginer de nombreux services.

- Faible coût.

D. 2.3 – Capteur Mulle

Après la définition des différentes caractéristiques et paramètres essentielles, nous allons citer une liste des types des nœuds qui satisfont tous ou la plupart des paramètres cités auparavant, dans laquelle on va sélectionner notre capteur. La liste des capteurs est la suivante :

- BTnode.
- Imote, IMote 1.0.
- Mulle (Fig. D.2).
- UCLA iBadge.
- BWRC PicoNode.
- Intrinsic's Cerfcube 255.
- Intrinsic's Cerfcube 405EP.

Finalement, et après une petite comparaison (avec un compromis) entre les marques de cette liste, le choix a été porté sur le capteur *Mulle* et plus particulièrement la version *Mulle v3.2* (Fig. D.3) pour notre plateforme, en raison des caractéristiques et des possibilités suivantes :

Caractéristiques du capteur Mulle :

Communication sans fil.

Capteur et accéléromètre.

Langage de programmation bas-niveau.

Faible taille (dimensions).

Faible consommation d'énergie.

M16C MCU de 16 bits, à 10 MHz.

RAM de 31 kB, flash de 384 kB.

Port à haute densité d'expansion.

I/Os analogique et numérique, SPI, I2C, UART, temporisateurs, interruptions ...

Seulement 26x24 mm.

4 μ A en mode *sleep*.

Utilisé dans la recherche académique (milieu universitaire) et le milieu commercial.

Domaine d'applications plus large (Patient monitoring, sports monitoring, Industrial control, Home automation, Safety and security).



FIG. D.2 – Photo du capteur Mulle

Caractéristiques de la version Mulle v3.2: (Fig. D.3)

Réseaux personnel et réseau de corps (Body area networks).

Bluetooth 2.0 + full IP stack.

HCI, L2CAP, SDP, BNEP, RFCOMM, PPP.

TCP/IP, UDP, ICMP.

DHCP, NTP, OLPv2, http.

NesC, Programmation C.

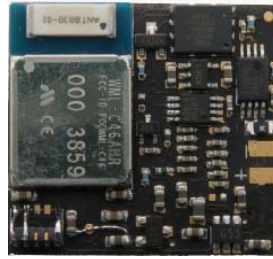


FIG. D.3 – Photo du capteur Mulle v3.2

D. 3 – Test réel sur Smartphone Nokia, N96

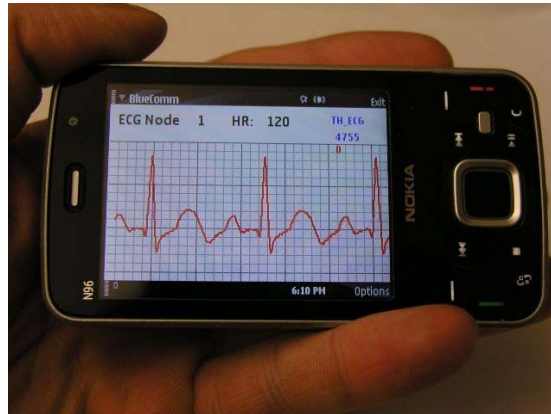


FIG. D.4 – Photo du signal ECG



FIG. D.5 – Paramètres d'ECG générés



FIG. D.6 – Paramètres d’ECG générés

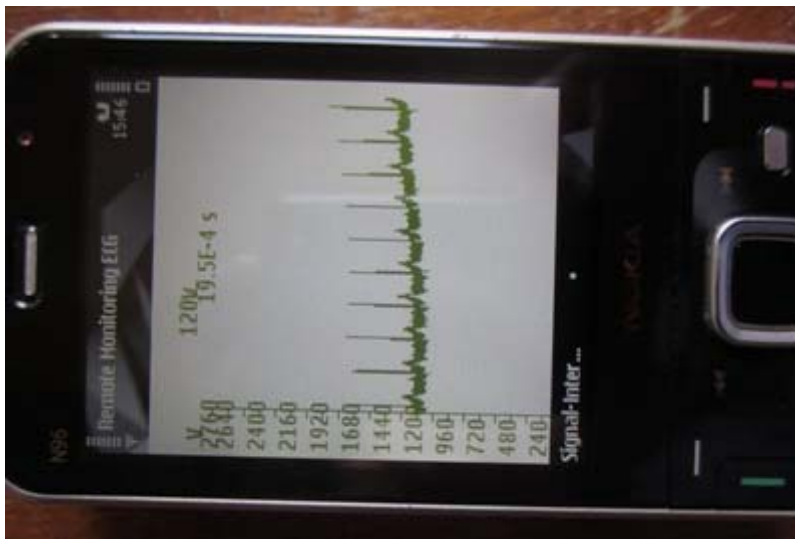


FIG. D.7 – Reconstitution du signal ECG



FIG. D.8 – Intervalle de temps à introduire

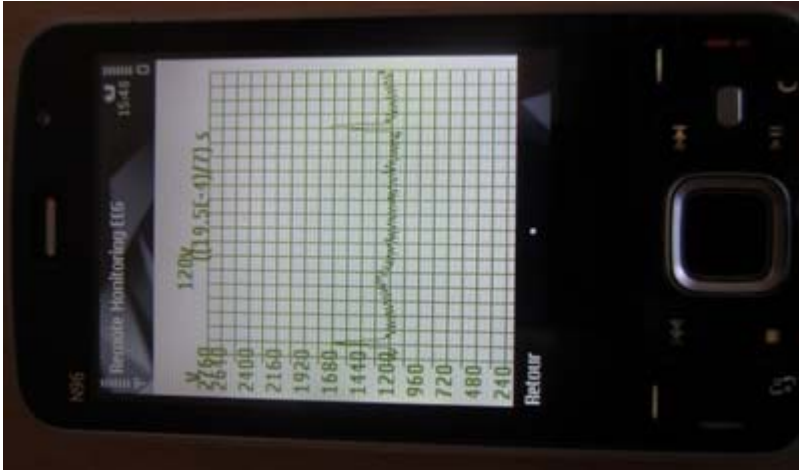


FIG. D.9 – Zoom une partie de la courbe

- [142] Smart-Its project, «upward sensor node», 2005.
<http://particle.teco.edu/upart/>
- [143] Crossbow Technology, «Inc. MicaZ datasheet», 2007.
http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAz_Datasheet.pdf
- [144] Sun Microsystems, «Inc. Sun small programmable object technology», 2007.
<http://www.sunspotworld.com/products/>
- [145] ETH, «BTnode Project @ ETH Zurich», 2007.
<http://www.btnode.ethz.ch/>
- [146] Moteiv Corporation, «TMote sky datasheet», 2006.
<http://moteiv.com/products/docs/tmote-sky-datasheet.pdf>
- [147] Shockfish SA, «TinyNode fact sheet», 2005.
<http://www.tinynode.com/uploads/media/SH-TN584-103.pdf>
- [148] Scatterweb GmbH, «Scatternode sensor node», 2007.
http://www.scatterweb.com/content/products/industry_line/
- [149] R. ROMAN, C. ALCARAZ, J. LOPEZ, «A Survey of Cryptographic Primitives and Implementations for Hardware-Constrained Sensor Network Nodes», *In International Journal of Mobile Network Application*, Springer Science, Vol. 12, pp. 231–244, 03 October 2007.
DOI: 10.1007/s11036-007-0024-2.
<http://www.springerlink.com/content/3785k818327456gq/fulltext.pdf>

Annexe E

Publications associées à cette thèse.

SOMMAIRE

Chapitre dans un ouvrage de publication
Publication International
Publication International en court
Communication International
Articles de recherches associés

Nous présentons en particulier en **annexe E** la liste des publications relatives à ces travaux avec les résumés des articles associés.

Chapitre dans un ouvrage

E. 1 – Chapter 8 of Biomedical and Environmental Sensing: «*Algorithm of remote monitoring ECG using mobile phone: Conception and implementation*».

River publishers series in Information science and technology, November 2009.

ISBN: 978-87-92329-28-8.

<http://www.riverpublishers.com/books/biomedical.pdf>

Publication Internationales

E. 2 – R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «*Algorithm of Remote Monitoring ECG Using Mobile Phone: Conception and Implementation*».

In African Journal of Information and Communication Technology (AJICT), Vol. 5, Number 2, June 2009.

ISSN: 1449 – 2679.

<http://epress.lib.uts.edu.au/ojs/index.php/ajict/article/view/E111032009006/1134>

E. 3 – R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «*Design and implementation of an algorithm for cardiac pathologies detection on mobile phone* ».

In International Journal of Wireless Information Networks (IJWIN), Springer, Vol. 18, Number 1, pp. 11–23, March 2011.

ISSN: 1068 – 9605.

DOI: 10.1007/s10776-011-0129-1.

<http://www.springerlink.com/content/383251061x34l242/fulltext.pdf>

Communication Internationales

E. 5 – R. MERZOUGUI, M. FEHAM, «*Mobile System of Remote Monitoring: Conception and Implementation*».

CIAE 2011, Colloque d'Informatique, Automatique et Electronique, N° 36, Mundiapolis Université Casablanca - Maroc - 24 et 25 Mars, 2011.

http://www-common.esiee.fr/download/recherche/fic_actualite.

Algorithm of Remote Monitoring ECG Using Mobile Phone: Conception and Implementation

Rachid Merzougui · Mohammed Feham.

Abstract—Researches in the medical remote monitoring at home have taken a great consideration and care in wireless communication these last years.

The set of these researches is linked to the aging population and lack of infrastructures of reception for persons exposed to accident's risks in their daily life or degradation of their health in short time. The principal objective is to permit a taking off for medical and social dependant people as aged ones, handicapped, in order to the adaptation with their environment domestically and make up their incapacities. In this case, it is indispensable to make a diagnostic in a real time and managed really the given data of patients between medical actors with the permanent security insurance of highly risky patients.

Furthermore, the need to make a speed diagnostic of patients and to detect their health state with efficacy permits the gain of time in their taking off.

The stakes of setting up such systems are numerous, so much for patients, medical staff and the society generally. So, it is useful to detect and prevent the occurrence of critical situations of a person at home, implying the transmission of message and alarms to actors concerned and ready to intervene in case of necessity.

Our attention has been focused on the choice of a relevant work. It concerns an application on a mobile terminal (MIDlet) for monitoring patient in a non-hospital setting. This paper recalls a complete architecture of an economic wireless transmission system with the implementation of an effective algorithm, adapted to the mobile terminal, allowing to the doctor to have the results of analysis of ECG data wirelessly.

Keywords—Remote Monitoring, Mobile, J2ME, ECG.

1. Introduction

Telemedicine appears to be a medical reality: it has already imposed the use of portable units as mobile phones. The recent technological advances of mobile telecommunications networks applied to the medical domain (medical imaging, debit of transmission, confidentiality of data, the conviviality of systems, etc.) and the miniaturization of devices open perspectives for medical development of remote monitoring in term of accroissement of the efficiency and the care's quality, the knowledge's sharing or reduction of public health cost. These new technologies have led to the emergence of a wide variety of new ways for users to access and use information which interests it anywhere and anytime [1]. Then, today a simple mobile phone can contribute effectively to safeguard of the human lives. This paper describes an application using mobile wireless networks to treat and monitor the state of patient and aged ones at home.

The suggested solution is an implement of an algorithm which transmits the data of the patient via a wireless communication in the purpose to exploit a mobile phone for medical monitoring (detection, calculation of cardiac frequency, visualization of ECG signal on the screen of the mobile phone...).

The majority of the works undertaken in this field carry out the analysis of the signals on large server (great capacities, better resolutions...).

We suggest in this article to introduce the complete analysis of ECG signal for the cardiac persons on a simple mobile phone by respecting its necessary constraints.

Thus the orientation of our works in this sense was dictated by mobile networks services, simplicity of

Design and Implementation of an Algorithm for Cardiac Pathologies Detection on Mobile Phone

Rachid Merzougui · Mohammed Feham ·
Hichem Sedjelmaci.

Received: 4 November 2009 / Accepted: 6 January 2011 / Published online: 30 January 2011
© Springer Science+Business Media, LLC 2011.

Abstract The development and the design of telemedicine services have taken a great consideration and care in the domain of wireless communication nowadays. The set of these researches is concerned with old people and lack of infrastructures of reception for those who are at risk or tend to have deterioration in their health condition. Thus, several works of research contributed to develop telemedicine services. They notably focus on the conception and the development of communication architectures between the actors of these systems, monitoring and the development of human's quality is based on the storage of the collected data at home and analytical tools, and processing of these large quantities of data. Therefore, it is useful to detect and prevent the occurrence of critical situations of a remote person, the transmission of the messages and alarms to concerned actors to be ready to intervene in a case of emergency. Many works and systems undertaken in this field carry out the complete analysis and synthesis of signals on large servers (great capacities, better resolutions...). Moreover, these systems would have required large means and a large infrastructure in their deployment (installation, configuration...), which generates the disadvantage of the excessive expenditure. In this paper, we suggest to introduce and implement this complete treatment for revealing critical situations and pathologies on a simple mobile phone by respecting their constraints. The principal objective is to permit a taking off for medical and social dependant people as aged ones, handicapped, in order to the adaptation with their environment domestically and make up their incapacities.

In this case, it is indispensable to make a diagnostic in a real time and well manage the patient's computerized data between the various medical actors with the permanent security insurance of highly risky patients. Furthermore, the need to make a speed diagnostic of patients and to detect their health state, their parameters (medical information) of analyses with efficacy, allows us to gain time while monitoring the cardiac patient. It concerns the implementation of services on mobile terminals for transferring medical information and results of ECG analysis (calculated parameters) in a real time with ensuring the mobility, the permanent security and the reliability insurance in covered zone by the mobile network, PLMN (GSM/GPRS...). Our attention has been focused on the choice of a relevant work. It concerns an application on a mobile terminal (MIDlet) for detecting some cardiac pathologies and monitoring patient in a non-hospital setting. This paper recalls a complete architecture of an economic wireless transmission system with the implementation of an effective algorithm, adapted to the mobile terminal, allowing to the doctor to have the results of the ECG analysis. Thus, the stakes of setting up such systems are numerous, so much for patients, medical staff and the society in general.

Keywords—Remote monitoring, Mobile, J2ME, Wireless sensors network, ECG, ECG pathologies.

1. Introduction

Recent technological advances of wireless communication networks have contributed to the development of telemedicine. It appears to be a medical reality and it has already imposed the use of portable units as mobile phones. These progress applied to the medical domain (medical imaging,

R. Merzougui (✉), M. Feham, H. Sedjelmaci.
Faculty of Engineering Science of Tlemcen, STIC
Laboratory, Chetouane Tlemcen, Algeria.
e-mail: j2me_com@hotmail.com.

MOBILE SYSTEM OF REMOTE MONITORING: CONCEPTION AND IMPLEMENTATION.

Rachid Merzougui · Mohammed Feham.

Abstract— Following the current development of telecommunication systems, the mobile networks enter a new phase of their evolution. They currently offer, in addition to mobile telephony, a large variety of services [1]. These services are intended not only for general public for the improvement of comfort in their places of life but also to the dependent people, like the elderly people, in order to adapt their domestic environment and to overcome their incapacities (telemedicine) [2].

In this article we present a system intended for the remote monitoring using mobile terminals. In particular, we concentrate on the development and the implementation of an application that consists to transfer an image captured from one or more wireless cameras (located in various sites of monitoring) by an MMS service.

Keywords— *J2ME, MMS, Mobile, Remote monitoring.*

I. INTRODUCTION

Today, the portable telephones of last generations are able to transfer and receive multimedia messages composed of images, sound, texts..., what makes it possible to consider several applications [3]. In this orientation, we propose the service mobile phone system of remote monitoring basing on mobile units. The objective is to order remote Wireless cameras (located in different sites) to take photographs of supervised places and to transmit them to a mobile client by MMS. It is the case of the remote monitoring which one can find in many fields such as the house automation, medical supervision ...

II. PROBLEMS

One of the problems treated within our laboratory *STIC* concern the development of applications on mobile terminals.

Several themes are treated such as the remote monitoring, telemedicine, e-Learning on mobile terminals, etc. The objective of this article is to present the system of remote monitoring on a mobile terminal which consists to order remote one or more Wireless cameras, to take photographs and

return them by MMS, following a request carried out by a mobile phone. Thus one can be able to remotely supervise sites while ensuring mobility.

III. SCHEDULE OF CONDITIONS

The schedule of conditions of our project consists with:

- ✓ To create an application combining the reception of an order by SMS/MMS to take a photograph and to send it via MMS towards the ordering number.
- ✓ To program the application in a language which is most portable possible. The application must be simple to use and install.
- ✓ To program a user interface of high quality.

IV. REALIZATION

Thus two distinct applications were carried out:

- A first to be installed on a phone to send the orders (to take the photographs) to the camera.
- A second application on the camera of monitoring, to send the captured photographs, through the Wireless Network

V. PORTABLE DEVELOPMENT PHONE : J2ME

Version J2ME is a collection of technologies and specifications who are conceived for various parts of the market of the small devices. The principal part of platform J2ME is composed of two different configurations (Figure 1):

Connected Device Configuration (CDC) and Connected Limited Device Configuration (CLDC).

A configuration defines the central libraries of Java technology and virtual storage capacities of the device.

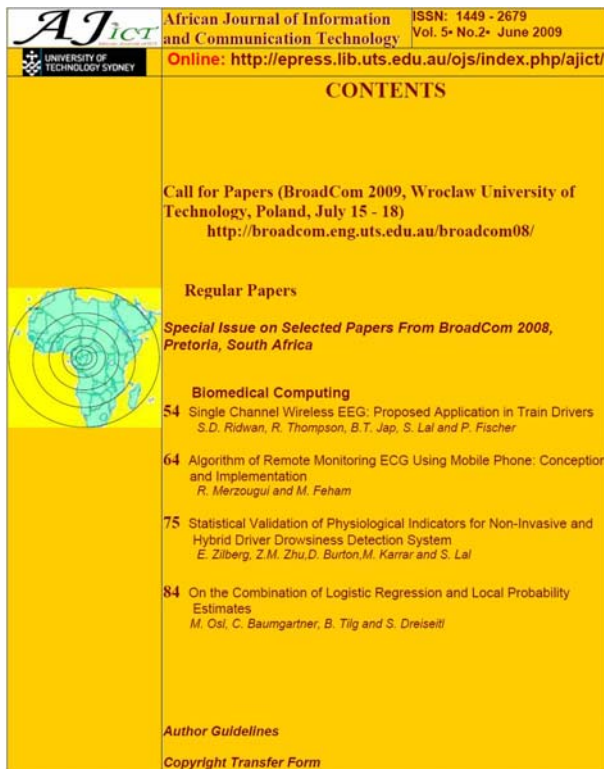


FIG. E.1 – Cover of AJICT Journal.

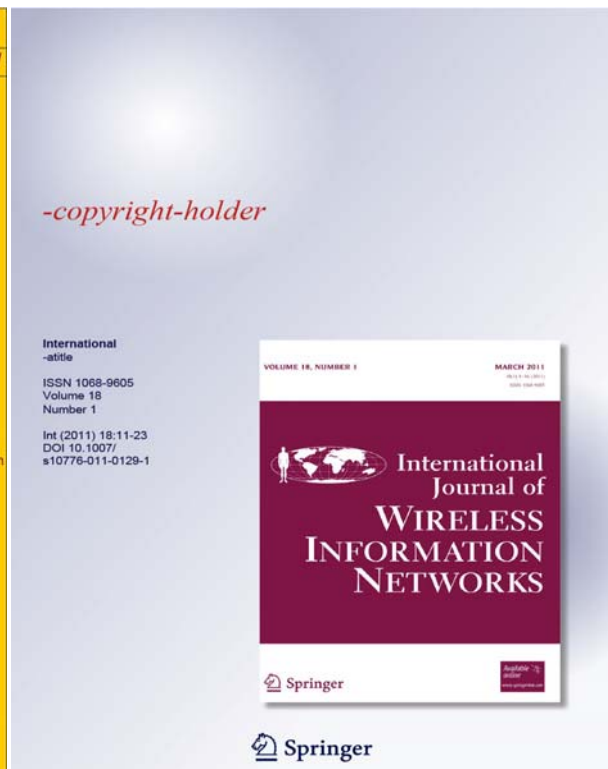


FIG. E.2 – Cover of IJWIN Journal.

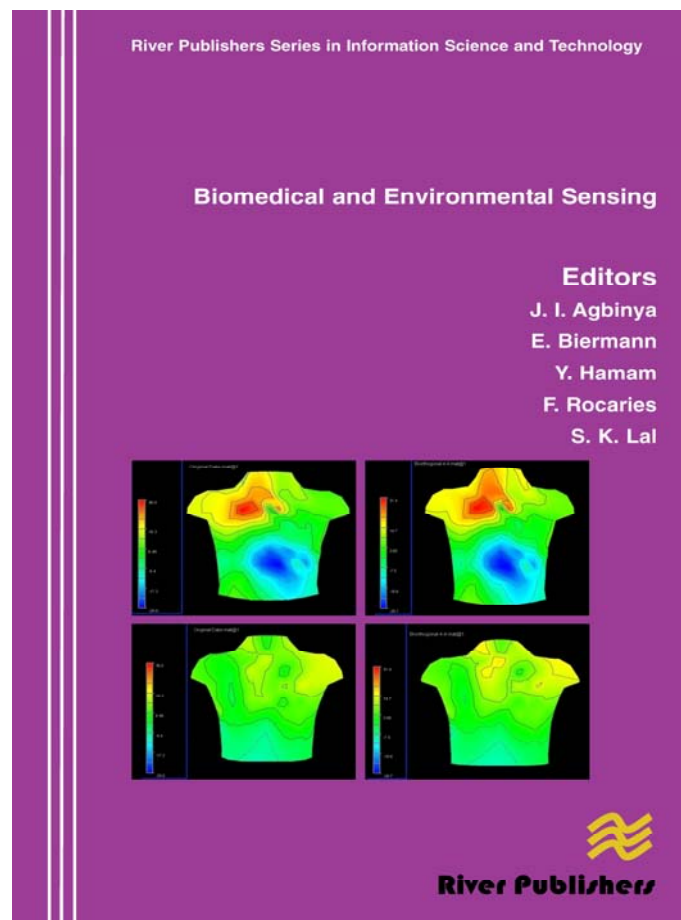


FIG. E.3 – Cover of Book Chapter (Biomedical and Environmental Sensing).