



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
 MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
 ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA 01  
 FACULTE DES SCIENCES  
 DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine :** Mathématique et Informatique  
**Filière :** Informatique  
**Spécialité :** Ingénierie de Logiciel

**Présenté par :**  
 HAMPLAOUI Merwane  
 OULDAMMAR Ayoub



**Thème**

**Etude et réalisation d'un système de monitoring de l'ECG via une application web.**

Soutenu publiquement  
 Le: 18/09/2017  
 Devant le jury :

Mme OUAHRANI Leila	MAA	Présidente	USD Blida
Mr HARIZI Farid	Attaché de recherche	Encadreur	CDTA Baba Hassen
Mr DERRAR Hacene	MCB	Promoteur	USD Blida
Mme OUKID Lamia	Doctorante	Examinatrice	USD Blida

Année Universitaire : 2016/2017

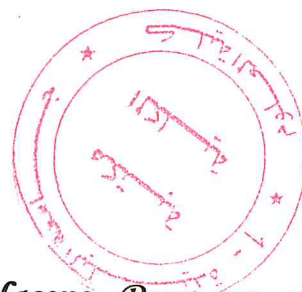
MA-004-511-1

## Remerciements

*Avant de présenter ce travail, nous tenons à remercier Allah le tout puissant pour nous avoir donné beaucoup de patience et de courage pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons à présenter nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à notre encadreur Monsieur **Harizi Farid** pour le sujet qu'il nous a proposé. Merci d'avoir accepté de suivre la réalisation du travail, pour les conseils et l'encouragement.*

*Nous remercions énormément le groupe de CDTA.*



*Nous remercions très sincèrement Monsieur **Derrar Hacene**, Pour son aide précieuse, pour ces conseils et son soutien qui nous avons permis de mettre en valeur toute notre connaissance.*

*Notre respect s'adresse aux membres du jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.*

*Nous tenons à présenter tout notre respect à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation du primaire jusqu'au cycle universitaire.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma chère mère*

*En témoignage de ma profonde gratitude et de mon incontestable reconnaissance, pour tous les sacrifices qu'elle me contente, toute la confiance qu'elles m'accordent et tout l'amour dont elle m'entoure.*

*A Mon Cher père*

*Qui est le meilleur père dans ce monde, grâce à son encouragement, sa confiance, son soutien moral et matériel, pour son amour infini en exprimant mes grâces, mon profond amour et ma passion*

*A mes chers frères : « Halim », « Abdel Kader », « Fethi », « Walid », « Hicham », « Omar », « Med », « Yousef ».*

*A mes chers Sœurs : « Sadia », « Hayat », « Samira », « Akila », « Soraya ».*

*A tous mes ami(e)s en particulier : « Hocine », « Rachad », « Mostapha » et à tous mes ami(e)s de l'association.*

*A Mlle AMEUR Khadidja, qui m'a toujours soutenu et encourager dans tous les années, Ce qui représente pour moi Mère et sœur et amie, Où il a fait beaucoup de beaucoup plus Pour le succès.*

*A Mlle BELKACEM Meriem, Qui m'a donnée Beaucoup de beaucoup plus d'aide dans ce projet.*

*A mon Binôme qui m'a supporté durant toute la durée de la réalisation de ce projet et a su excusé mes retards, « Ayoub ».*

*A notre encadreur Mr « Harizi » pour son assistance et son soutien.*

*A toutes Mes amies des études.*

*A Toute la promotion 2017.*

**HAMLAOUI Merwane.**

## *Dédicace*

*A mes très chers parents pour leur amour, leur soutien moral et leur encouragement que dieu les gardes, mon père DIAMEL et ma mère ZOHRÀ que j'adore sans oublier mes grandes mère, et mes grandes père.*

*A mes très chers frère et sœurs, ABD ERRAHIM, NOUREL HOUDA et YASSER ABDEL HAFID.*

*A mes oncles et tantes maternelle, ainsi que mes tantes paternelles.*

*A tous mes amis, et collègues de l'enseignement supérieur.*

*A tout ma famille OULD AMMAR et BOUAMAMA et OUAHLIMA.*

*A mon très chers amis IBRAHIM, et spécialement BOUDANI ABD ELHAMID  
Qui m'a donnée Beaucoup de beaucoup plus d'aide Dans ce projet.*

*A Mlle AMEUR Khadîdja.*

*A mon binôme MERWANE.*

*A Mr HARRIZI Farid.*

*A Medecin Hossam.*

*A toutes Mes amies des études.*

*AFFECTUEUSEMENT  
OULD AMMAR Ayoub*

## الملخص:

ان تطور التطبيقات وخدمات الطب عن بعد قد أصبح تحديا كبيرا في عالم الاتصال اللاسلكي. مجمل هذه الخدمات ستؤثر على المدى القصير في شيخوخة المجتمع وفي الاشخاص المعرضين لخطر الحوادث في حياتهم اليومية لتدهور حالتهم الصحية.

في هذا السياق، نقترح بنية أساسية متنقلة للمراقبة الطبية عن بعد موجهة إلى مرضى القلب. يتعلق الأمر بتطوير خدمة على الحاسوب تسمح بالتحميل الفوري عن بعد لإشارة الصورة البيانية الكهربائية للقلب بين الجهات الطبية من أجل التكفل بالأشخاص المعرضين للخطر. هذا ما يسهل عمل الطبيب المعالج بإعطائه معلومات ومعطيات أساسية من أجل التحليل والتشخيص.

## الكلمات المفتاحية:

الطب عن بعد، المراقبة عن بعد، الصورة البيانية الكهربائية للقلب.

## Résumé

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

Dans ce contexte, nous proposons une plateforme mobile de la télésurveillance médicale destinée aux patients cardiaque. Il s'agit de développer un service sur PC permettant un transfert immédiat d'un signal ECG à distance entre les acteurs médicaux pour une prise en charge des personnes à risque. Ce qui permettra, d'une part, de faciliter le travail du médecin traitant, en lui offrant des informations et des données de bases pour les étapes d'analyse et de diagnostic et d'autre part de procéder à secourisme plus rapide du malade.

## Mot clés :

Télémédecine, Télésurveillance, ECG.

## Abstract

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

In this context, we propose a mobile platform of the medical remote monitoring intended for the patients cardiac. It is a question of developing a service on computer allowing an immediate transfer of a remote signal ECG between the medical actors for an assumption of responsibility of the people at the risk. What facilitates the work of an attending physician, one offered to him information and basic information for the stages of analysis and diagnostic.

## Keywords:

Telemedicine, Remote monitoring, ECG.

## Table des matières

Introduction générale .....	1
Chapitre I : Télémédecine .....	4
I.1. Introduction.....	4
I.2. Télémédecine.....	4
I.2.1. Les différents types d'application de la télémédecine .....	5
I.3. La télésurveillance médicale.....	7
I.3.1. Architecture : .....	7
I.3.2. Principe : .....	8
I.3.3. Les différents types de télésurveillance médicale .....	10
I.3.4. Avantages de la télésurveillance.....	11
I.4. Conclusion .....	11
Chapitre II : La généralité sur le signal ECG.....	13
II.1. Introduction .....	13
II.2. Le système cardiovasculaire.....	13
II.2.1. Anatomie de cœur .....	13
II.2.2. Cycle cardiaque .....	14
II.3. L'Electrocardiogramme (ECG) .....	15
II.3.1. Les dérivations d'un électrocardiogramme.....	16
II.3.2. Ondes et Intervalles de l'ECG : .....	18
II.3.3. Pathologies cardiaques .....	19
II.3.3.1. Diagnostic à partir du rythme .....	20
II.3.3.2. Diagnostic à partir des ondes.....	23
II.4. Conclusion.....	25
Chapitre III : Description et spécification du système .....	27
III.1. Introduction.....	27
III.2. Problématique et description du système.....	27

III.3. Les capteurs.....	28
III.4. Les unités d'acquisition .....	29
III.5. Les transports d'informations .....	29
III.6. Les unités de traitement .....	30
III.7. Spécification du système.....	30
III.7.1. Conception orientée les acteurs.....	30
III.7.1.1. Diagrammes de cas d'utilisation.....	31
III.7.1.2. Diagrammes de séquence.....	35
III.7.1.3. Diagramme de classe .....	40
III.8. Conclusion .....	44
Chapitre IV : Réalisation et validation du système.....	46
IV.1. Introduction.....	46
IV.2. Environnement de développement.....	46
IV.2.1. PHP .....	46
IV.2.2. MySqli .....	47
IV.2.3. HTML5 .....	47
IV.2.4. CSS3 .....	47
IV.2.5. JavaScript.....	48
IV.2.6. Ajax.....	48
IV.2.7. jQuery .....	49
IV.2.8. HxD.....	49
IV.2.9. GoldWave .....	50
IV.2.10. Wave Editor .....	50
IV.2.11. Adobe Flash : .....	51
IV.2.12. RED5 .....	51
IV.2.13. FFMPEG.....	51
IV.2.14. WampServer .....	51

IV.3. Les outils de développement.....	52
IV.4. Implémentation des interfaces et fonctionnalités.....	55
IV.5. Conclusion .....	60
Conclusion générale.....	62
Bibliographie.....	64



## Liste des Figures

Figure I.1 : Plateforme de service de la télémédecine. ....	5
Figure I.2 : Plateforme de la télésurveillance médicale. ....	8
Figure II.1 : Anatomie du cœur et des vaisseaux associés, [14]. ....	14
Figure II.2 : Le système spécialisé d'excitation, [15]. ....	15
Figure II.3 : un électrocardiogramme, [16]. ....	16
Figure II.4 : Les dérivations bipolaires, [17]. ....	17
Figure II.5 : Dérivations thoraciques, [18]. ....	18
Figure II.6 : le cycle cardiaque complet, [6]. ....	18
Figure II.7 : Exemples d'ECG : (a) normal et (b) : bloc de branche gauche, [15]. ....	21
Figure II.8 : Tachycardie ventriculaire, [19]. ....	22
Figure II.9 : Extrasystole Ventriculaire(ESV), [19]. ....	22
Figure II.10 : Extrasystoles Auriculaires (ESA), [19]. ....	23
Figure II.11 : Fibrillation auriculaire, [19]. ....	23
Figure II.12 : Fibrillation ventriculaire, [19]. ....	23
Figure II.13 : Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement, [5]. ....	24
Figure III.1 : Architecture globale de l'application. ....	27
Figure III.2 : Représentation des électrodes, [21]. ....	28
Figure III.3 : Diagramme de cas d'utilisation générale. ....	31
Figure III.4 : Diagramme de cas d'un administrateur (Centre de surveillance). ....	32
Figure III.5 : Diagramme de cas d'utilisation d'un médecin. ....	33
Figure III.6 : Diagramme de cas d'utilisation d'un patient. ....	33
Figure III.7 : Diagramme de cas d'utilisation d'un agent SU. ....	34
Figure III.8 : Diagramme de séquence (Authentification). ....	35
Figure III.9 : Diagramme de Séquence (enregistrement). ....	36
Figure III.10 : Diagramme de Séquence (Affichage statique). ....	37
Figure III.11 : Diagramme de Séquence (Affichage dynamique). ....	38
Figure III.12 : Diagramme de Séquence (Calculer le battement et afficher). ....	39
Figure III.13 : Diagramme de classe. ....	41
Figure IV.1 : Les deux modes de fonctionnement d'un site Web : client-serveur et AJAX. ....	49
Figure IV.2 : Schéma représente le travail des différents serveurs. ....	52
Figure IV.3 : Plateforme d'une application qui réalisé avec le capteur ECG. ....	53

Figure IV.4 : Un appareil du capteur ECG réalisé par CDTA.....	54
Figure IV.5 : Interface principale du site web. ....	55
Figure IV.6 : Interface d'authentification requise.....	56
Figure IV.7 : Interface d'accueil patient.....	56
Figure IV.8 : Interface d'accueil Médecin. ....	57
Figure IV.9 : Interface de consultation d'un signal ECG dans le cas dynamique par le médecin. .....	58
Figure IV.10 : Interface de consultation d'un signal ECG cas dynamique par le médecin (fin de traitement). ....	58
Figure IV.11 : Interface de consultation d'un signal ECG cas statique par le médecin. ....	59

## Liste des Tableaux

Tableau II.1 : (a) et (b) : Valeurs habituelles des différents paramètres caractérisant Un battement cardiaque, [20].....	24
Tableau III.1 : Description du diagramme de classes. ....	42

## Liste des Abréviations

<b>Agent SU</b>	Agent Service d'Urgence
<b>BDD</b>	Base De Données
<b>BPM</b>	Battements Par Minute
<b>ECG</b>	Electrocardiogramme
<b>FIR</b>	Finite Impulse Response
<b>FLV</b>	Flash Live Video
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>PC</b>	Personnal Computer
<b>PHP</b>	Personal Home Pages
<b>QRS</b>	Complex QRS
<b>RTMP</b>	Real Time Messaging Protocol
<b>SGBD</b>	Système de Gestion de Base de Données
<b>SQL</b>	StructuredQueryLanguage
<b>TXT</b>	Texte
<b>UML</b>	UnifiedModelingLanguage
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>WAV</b>	Waveform Audio File Format
<b>Wi-Fi</b>	Wireless Fidelity
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network

# **Introduction générale**

### Introduction générale

Les maladies cardiaques constituent l'une des causes principales d'invalidité et de décès. La plupart de ces décès se produisent à l'extérieur des milieux hospitaliers ou dans les endroits isolés en absence de consultation pour un contrôle continu de l'état de santé ainsi que l'indisponibilité des matériaux médicaux nécessaires au diagnostic tels que la radiographie et l'électrocardiogramme.

Pour faire face à ces problèmes, la télémédecine et les technologies qui lui sont associées, ont été développées afin de permettre une prise en charge médicale et sociale d'une certaine catégorie de personne comme les personnes âgées, les handicapés et ceux atteints d'une maladie cardiaque. Ces technologies tiennent compte des environnements domestiques des malades et leurs incapacités en leur assurant une efficacité lors des traitements une réduction des coûts des soins et un diagnostic en temps réel.

C'est dans ce contexte précis que s'inscrit notre travail qui consiste à concevoir et développer une solution informatique permettant le suivi de l'état de santé du patient à des moments périodiques ou à la demande sans l'obliger de se rendre aux centres médicaux en offrant également la possibilité de détecter l'apparition des anomalies cardiaques pour procéder à des interventions plus rapide par les équipes de secours.

Afin de mettre en place notre solution, nous avons utilisé l'électrocardiographie (ECG) qui est l'outil de diagnostic utilisé pour évaluer la probabilité d'anomalies cardiaques. L'EGC est une représentation graphique temporelle des différences de potentiels prélevées entre plusieurs électrodes cutanées, ce qui permet d'avoir une connaissance sur les phénomènes électriques qui conduisent à la contraction musculaire cardiaque.

D'une manière résumée, notre solution consiste en l'acquisition ambulatoire du signal ECG puis, sa transmission à distance, en utilisant le réseau internet vers le centre de santé au niveau duquel s'effectue le traitement, ce qu'on appelle la télésurveillance.

Le traitement du signal ECG, une fois reçu, s'effectue sous un logiciel spécifique qui consiste à éliminer les artefacts dus aux mouvements du patient et à la détection du complexe QRS (), dans le but de faire un diagnostic fiable et de détecter d'éventuelles pathologies.

La solution que nous proposons consiste donc à réaliser un système de monitoring de l'ECG via une application Web. Cette solution a été conçue et développée au niveau du laboratoire Systèmes Robotisés de Production du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA).

Ce mémoire est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons les notions relatives à la télémédecine et à la télésurveillance médicale ainsi que leurs types d'applications.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons la généralité sur le signal ECG.

Dans le troisième chapitre, nous donnons la problématique et la description d'un système monitoring de l'ECG et spécification du système.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons d'une part le développement de notre solution qui a été réalisée sous le langage PHP en utilisant SQL Server comme système de avec gestion de base de données, et d'autre part l'implémentation de l'application distribuée (client/serveur) avec des Services Web dédiés au traitement et à la reconnaissance du signal.

Enfin, nous concluons notre mémoire par une analyse des résultats et une présentation des perspectives de ce travail.

# **Chapitre I : Télémédecine**



## Chapitre I : Télémédecine

### I.1. Introduction

Le travail réalisé dans le cadre de ce projet de fin d'étude s'inscrit dans le domaine télésurveillance médicale. Il consiste à concevoir et développer une solution de monitoring de l'ECG via une application Web.

Comme introduction à notre travail, nous présentons dans ce premier chapitre les concepts de la télémédecine et la télésurveillance médicale ainsi que leurs domaines d'application.

### I.2. Télémédecine

La télémédecine est un moyen particulièrement utile pour optimiser la qualité des soins par une rapidité collégiale des échanges médicaux au profit de patient dont l'état de santé nécessite une réponse adaptée, rapide quelle que soit leur situation géographique.

Il existe de nombreuses configurations d'une consultation interactive, mais le plus souvent, c'est à partir d'un emplacement urbain-rural. Cela signifie que le patient n'a pas besoin de faire un voyage vers une région urbaine pour voir un spécialiste et dans de nombreux cas, permet d'accéder à des soins spécialisés, [1].

La télémédecine médiatise l'acte médical en interposant un outil de communication entre les médecins ou entre un médecin et son patient. Elle ne remplacera jamais le contact immédiat médecin malade mais vient de s'ajouter aux outils du médecin au service du patient, [2].

L'objectif de la télémédecine est de [3] :

- Offrir un cadre interactif d'échange en information médicale, télédiagnostic, télé thérapeutique et en recherche médicale ;
- Permettre l'accès aux réseaux internet et de messagerie électronique ;
- Encadrer à distance les professionnels de la santé tout en assurant leur formation continue.

En général, la télémédecine c'est un exercice de la médecine par le biais des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication [4] [5] qui permet la prestation de soin de santé à distance et l'échange de l'information médicale. Donc la télémédecine est l'union des télécommunications et de la médecine comme c'est illustré dans la Figure I.1.

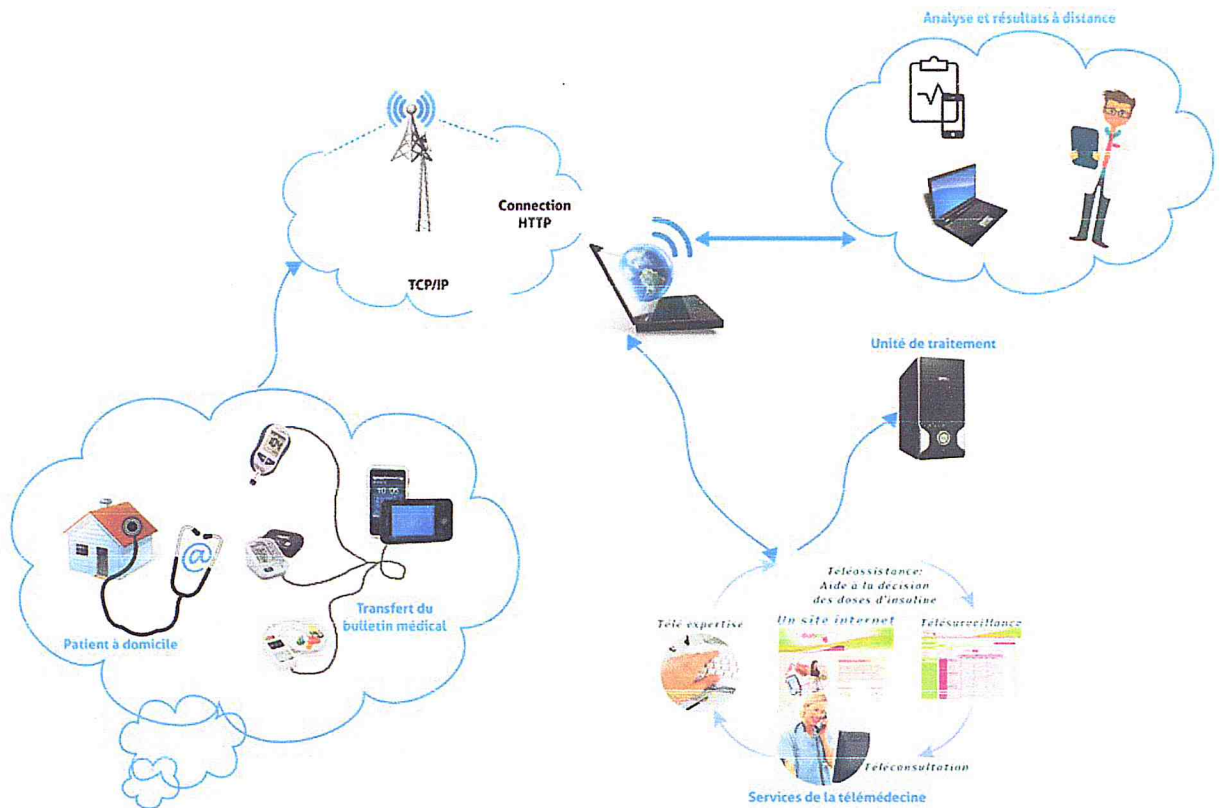


Figure I.1 : Plateforme de service de la télémédecine.

Aujourd'hui, de nombreux champs d'applications et services en télémédecine ont été déployés sur le terrain. Ces applications se déclinent en différents termes dont il est difficile de déterminer une typologie unanime [5].

### I.2.1. Les différents types d'application de la télémédecine

Nous présentons six catégories d'applications en télémédecine :

- **Téléconsultation**

Permet de dialoguer avec un médecin à distance, avec un professionnel de santé (infirmier, pharmacien, manipulateur). Elle s'exerce dans deux types de situations, [4]. Le cas le plus répandu concerne la régulation médicale : le patient prend contact, par téléphone, avec un centre où le médecin établit le diagnostic de gravité et prend la décision d'orientation du patient. Cette pratique fait déjà appel à des protocoles de bonne pratique et peut s'appuyer sur des systèmes experts, [1].

Un autre type de téléconsultation est appelé à se développer : un médecin est consulté à distance par le patient près duquel se trouve un autre médecin ou un autre professionnel de santé.

- **Téléassistance**

Peut-être un acte médical lorsqu'un médecin assiste, à distance, un autre médecin en train de réaliser un acte médical ou chirurgical, voir, dans le cadre de l'urgence, aide un secouriste ou toute personne assistante à une personne en danger en attendant l'arrivée d'un médecin, [6].

- **Télé-chirurgie**

Télé-chirurgie : de la grecque télé, « loin », et chirurgie, « opération manuelle ».

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

À la chirurgie assistée par ordinateur car il y a effectivement une distance d'un à deux mètres entre le chirurgien et son patient, à l'équivalent en chirurgie de la télémédecine. C'est à dire, le fait de guider à distance le chirurgien qui fait l'acte chirurgical «télé protectoring ». Dans ce cas, le « telementor » ne participe au geste à distance que par les conseils qu'il prodigue. À l'inverse, la chirurgie à distance, dont il est question aujourd'hui, définie comme « RemoteSurgery » par les américains, consiste à pratiquer la totalité de l'intervention à distance. En effet, aucune équipe n'avait réussi ce challenge en raison des délais de transmission du geste et des images, incompatibles avec une coordination fiable des gestes du chirurgien, [7].

- **Téléformation**

Utilisation de l'outil informatique en particulier pour l'aide à la formation continue des médecins : contacts professionnels via le réseau, consultation des informations médicales (banque de données, imagerie, suivi d'études épidémiologiques et d'essais cliniques), consultation de cours de formation et visioconférences dans les universités (télé-enseignement) et réunions, [8].

- **Télé expertise**

La télé expertise, l'un des actes de télémédecine, est le fait pour un professionnel de santé de solliciter à distance l'avis d'un ou plusieurs spécialistes. C'est, selon l'ordre National des Médecins, une « aide au diagnostic apportée à un médecin par un autre médecin situé à distance, à partir des éléments d'information multimédia qui lui ont été transmis par un dispositif télématique. », [9].

- **Télésurveillance**

La télésurveillance a vocation de permettre à un médecin d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical d'un patient. Elle permet au médecin de prendre

des décisions à distance concernant la prise en charge du patient et éventuellement de déléguer des actions à un autre professionnel de la santé, [10].

### **I.3. La télésurveillance médicale**

La télémédecine regroupe plusieurs domaines permettant de faciliter la réalisation d'actes médicaux à distance par le biais des technologies de télécommunication. La télésurveillance médicale est une branche de la télémédecine, au même titre que la téléconsultation, la téléexpertise ou la téléassistance médicale, [11].

#### **I.3.1. Architecture :**

L'objectif de tels systèmes est de permettre aux patients de vivre le plus longtemps possible 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 médecin d'être en contact permanent avec d'autres médecins dans les 4 coins des 20 mondes, pourvu qu'il dispose d'un terminal mobile pour la surveillance à distance, notamment des cas cardiaques évoqués dans notre projet. Il s'agit de détecter et de prévenir l'occurrence de situations critiques ou une dégradation de l'état de santé d'une personne. Ces systèmes représentent ainsi une alternative momentanée ou durable à hospitalisation ou au recours aux établissements hébergement de longue durée. Le patient n'est alors plus contraint de renoncer à son domicile et à la vie en société. Il conserve une large autonomie dans son environnement social et privé, tout en bénéficiant de services préventifs de santé. Ces systèmes concernent particulièrement les personnes âgées, mais plus généralement les personnes présentant des risques d'affection motrice (chute par exemple) ou cognitive (dépression, démence sénile, ou nécessitant des soins ou une attention particulière (maladie cardiaque, diabétiques, asthmatiques, etc.).

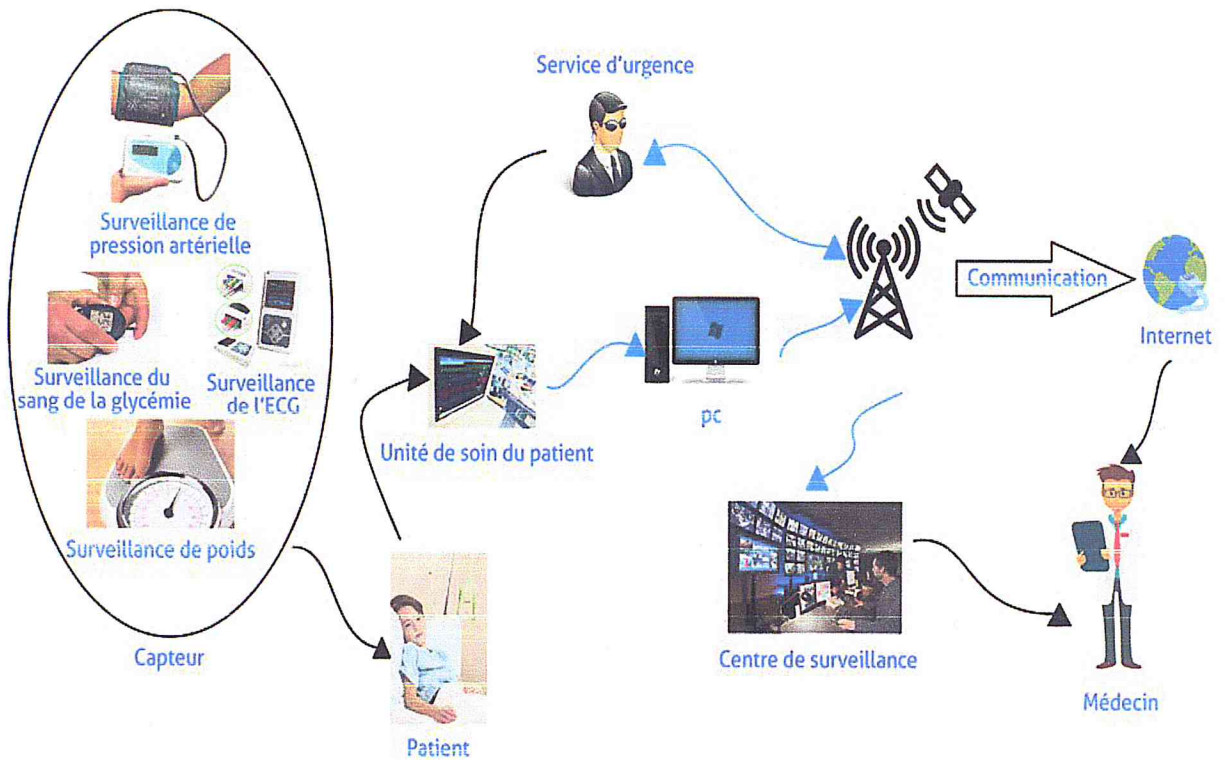


Figure I.2 : Plateforme de la télésurveillance médicale.

### I.3.2. Principe :

La télésurveillance médicale d'une personne s'appuie sur un système d'information global comprenant les éléments suivants, [8] (Figure I.2) :

- 1) **Un ensemble de capteurs** de différents types (physiologie, environnement, activité) sont installés dans l'habitat ou portés par la personne, reliés en réseaux pour la collecte en temps réel de données et d'appareillages automatiques (domotique) afin d'adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives.
- 2) **Une unité de soin du patient**, au niveau de chaque habitat, responsable du stockage et du traitement des signaux reçus des capteurs, de la gestion d'une base de connaissances relative à la personne télé surveillée, et de l'émission de messages et d'alarmes.
- 3) **Service d'urgence** : C'est un groupe de personnes (techniciens ou des informaticiens) qui travaille dans le milieu hospitalier pour surveiller le patient à risque avec des appareils de télécommunication.
- 4) **Terminaux PC** : Dans notre travail, nous désignons par terminaux PC ou nomade tout environnement faisant référence à l'ordinateur de l'utilisateur et/ou l'ordinateur 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 PC peut être vu comme une intégration des ordinateurs et d'un réseau sans fil, ou d'une combinaison des ordinateurs et d'un réseau fixe. Dans les deux cas, la connexion est temporaire avec possibilité de déconnexion.

5) **Réseau de transmission** : Après numérisation de données acquise, l'étape suivante a pour objectif de transmettre, par voie aérienne, ces données vers le centre d'analyse et de traitement situé à l'hôpital, [6].

A- **Réseaux sans fil** : Actuellement, les réseaux sans fil sont très présents dans des domaines qui n'ont, à l'origine, pas de liens particuliers avec les télécoms (télémédecine par exemple). Cet intérêt croissant va de pair avec des facteurs économiques et sociaux : la mobilité des utilisateurs s'accroît, les concepteurs cherchent à limiter le nombre de connexions 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, [5].

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

La Wi-fi est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN). Le nom Wi-Fi (contraction de Wireless Fidelity, parfois notée à tort WiFi) correspond initialement au nom donné à la certification délivrée par la Wi-fi

Alliance, Grâce aux Wi-Fi, il est possible de créer des réseaux locaux sans fils à haut débit pour peu que l'ordinateur à connecter ne soit pas trop distante par rapport au point d'accès, [12].

- **Bluetooth (IEEE 802.15.1)** :

Le Bluetooth est une spécification de l'industrie des télécommunications. Elle utilise une technologie radio courte distance (10m) destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques (ordinateurs, imprimantes, scanners, téléphones portables...) avec une faible consommation d'énergie. Elle remplace les ports séries, les ports parallèles et l'USB, [13].

6) **Un centre de télésurveillance** : Pour le traitement des messages et alarmes reçus des habitats. Un ensemble d'acteurs (personnel médical, personne télé surveillée et membres de sa famille).

Peuvent accéder à tout moment, après authentification et selon leurs privilèges, aux données du système, au niveau de l'unité locale de traitement.

**Finalemment**, y a un médecin qui doit être interpréter les résultats.

### **I.3.3. Les différents types de télésurveillance médicale**

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

#### **1) La télé test - télémaintenance :**

Les capteurs équipant le matériel d'assistance technique médicale du malade sont testés continuellement par l'intermédiaire de l'équipement informatique à domicile. Dès qu'il apparaît une anomalie, le centre serveur est averti et une équipe technique intervient immédiatement pour régler ou réparer le capteur ou l'appareillage.

L'équipement informatique à domicile peut être équipé d'une carte de commande d'un système de télé réglage des différentes fonctions de l'appareillage, ce qui évite tout déplacement de techniciens.

#### **2) La téléalarme :**

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

#### **3) La télé monitoring :**

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

### I.3.4. Avantages de la télésurveillance

Les avantages de la télésurveillance sont, [6] :

- La télésurveillance sert à la réduction des hospitalisations.
- La surveillance des symptômes augmente.
- Améliore l'autogestion des patients.
- Détection des changements au début de l'état de santé.
- Fourniture des données en temps réel au médecin.
- Offre une meilleure communication avec les patients à haut risque d'hospitalisation.

Bien que la télésurveillance ait plusieurs avantages, elle présente, aussi certaines limites. En effet, les soins virtuels ne remplaceront jamais le contact avec le médecin. Pour être efficace, la télémédecine doit rester complémentaire d'un vrai suivi médical.

### I.4. Conclusion

Ce projet de fin d'étude traite le suivi médical et l'analyse complète de l'état des patients à distance à l'aide d'équipements informatiques en tenant compte de certaines contraintes spécifiques de télésurveillance des personnes à risques (personnes cardiaques, handicapés...).

Dans ce premier chapitre nous avons présenté les deux domaines se rapportant à notre champs d'application à savoir : (I) la télémédecine et ses différents services, (II) la plateforme proposée pour la télésurveillance médicale qui est en rapport avec les différentes technologies de la télécommunication.

Le chapitre qui suit sera consacré à la présentation des généralités sur le traitement du signal ECG.



**Chapitre II :**  
**La généralité sur le signal**  
**ECG**

## Chapitre II : La généralité sur le signal ECG

### II.1. Introduction

La maladie cardiaque est la cause principale du début d'invalidité et de décès prématurés. Son incidence augmente avec l'âge. L'électrocardiographe (ECG) est l'outil de diagnostic utilisé pour évaluer la probabilité d'anomalies cardiaques. La transmission en temps réel de cette information est une grande avancée dans le domaine médicale.

Ce chapitre présente le fonctionnement général du système cardiovasculaire, ses principales composantes, puis, de manière plus détaillée, le principe de l'électrocardiographie et les différents paramètres caractérisant le cycle cardiaque exploités pour la télésurveillance médicale. Pour une transmission rapide de l'information issue du traitement du signal ECG, de nombreuses études et travaux ont porté sur la conception des systèmes de transmission d'un signal ECG à travers des réseaux de communication tels que : Internet, GSM/GPRS, Bluetooth, les Réseaux téléphoniques publics, etc...

### II.2. Le système cardiovasculaire

La télésurveillance des personnes cardiaques nécessite de parcourir une variété des notions et des problèmes liés au cycle de fonctionnement du cœur. Ce qui permet d'étudier et d'analyser tous les paramètres et les ondes caractérisant les signaux cardiaques.

#### II.2.1. Anatomie de cœur

Le cœur est un organe contractile assurant la circulation sanguine. C'est un muscle strié creux séparé en deux moitiés indépendantes (droite et gauche). Sa partie droite contient du sang pauvre en oxygène et assure la circulation pulmonaire ; sa partie gauche renferme du sang riche en oxygène et le propulse dans tous les tissus. Chacune des moitiés comporte une oreillette et un ventricule qui communiquent par des valves d'admission qui, à l'état normal, laissent passer le sang uniquement de l'oreillette vers le ventricule. Il existe aussi des valves d'échappement qui assurent la communication entre le ventricule droit et l'artère pulmonaire (valve pulmonaire), ainsi qu'entre le ventricule gauche et l'artère aorte (valve aortique). Ces deux valves se trouvent à l'entrée de l'aorte et de l'artère pulmonaire respectivement.

Sur la Figure II.1, nous pouvons voir l'anatomie du cœur et des vaisseaux associés. Les parois du cœur sont constituées par le muscle cardiaque, appelé myocarde, composé d'un ensemble de cellules musculaires cardiaques, [14].

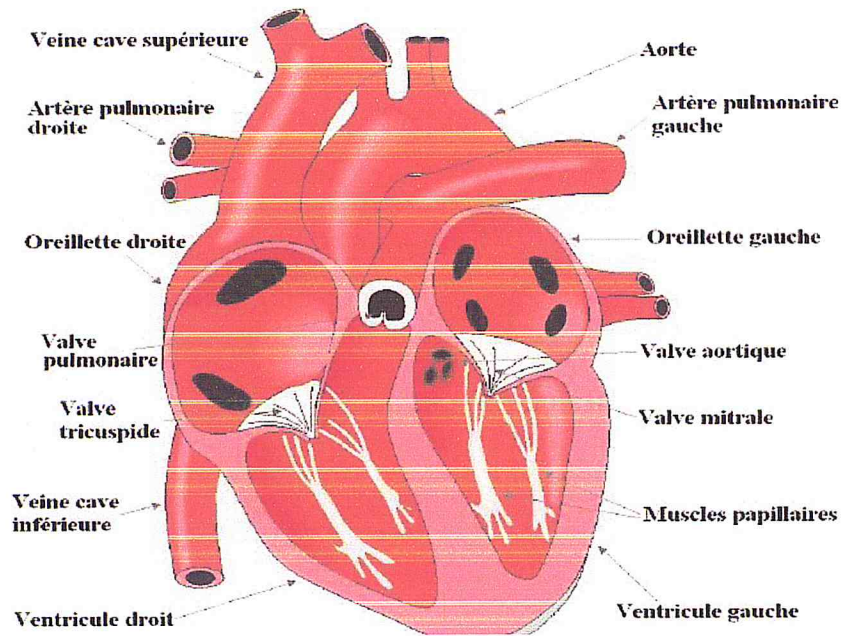


Figure II.1 : Anatomie du cœur et des vaisseaux associés, [14].

## II.2.2. Cycle cardiaque

Chaque battement du cœur entraîne une séquence d'évènements mécaniques et électriques collectivement appelés cycle cardiaque, [15].

### A- Activité mécanique cardiaque

Se décompose en trois étapes majeures : la systole auriculaire, la systole ventriculaire et la diastole. Dans la systole auriculaire, les oreillettes se contractent et projettent le sang vers les ventricules. Une fois le sang expulsé des oreillettes, les valvules auriculo-ventriculaires entre les oreillettes et les ventricules se ferment. Ceci évite un reflux du sang vers les oreillettes.

La systole ventriculaire implique la contraction des ventricules expulsant le sang vers le système circulatoire. Une fois le sang expulsé, les deux valvules, pulmonaire à droite et aortique à gauche se ferment.

Enfin, la diastole est la relaxation de toutes les parties du cœur, permettant le remplissage passif des ventricules et l'arrivée de nouveau sang.

Les phases de contractions harmonieuses des oreillettes et des ventricules sont commandées par la propagation d'une impulsion électrique. Lorsque la fréquence cardiaque change, la diastole est raccourcie ou rallongée tandis que la durée de la systole reste relativement stable, [15].

### B- La conduction électrique du cœur

La contraction du muscle cardiaque (ou myocarde) a pour origine la propagation d'une onde électrique qui excite les cellules musculaires dans un ordre bien établi afin que la contraction soit la plus efficace possible. Le système spécialisé d'excitation/conduction électrique comprend le nœud sinusal, les voies spécialisées inter nodales, le Nœud Auriculo-Ventriculaire (NAV), le faisceau de His, appelé nœud pacemaker dominant du cœur, les branches droite et gauche et les fibres de Purkinje, [15], comme le montre la Figure II.2.

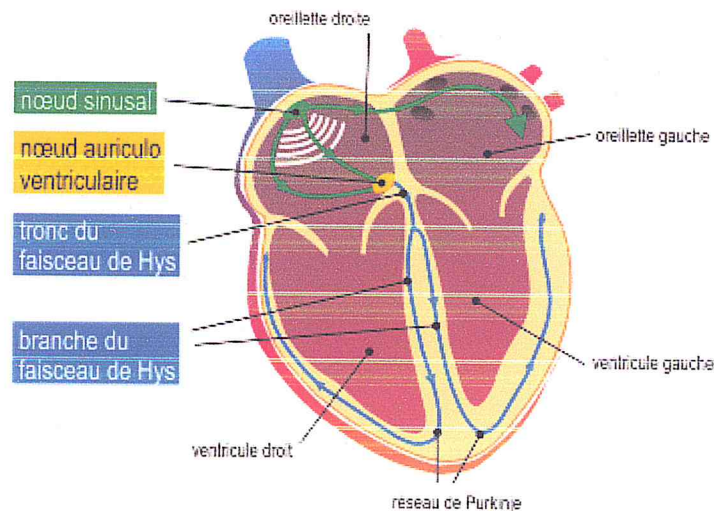


Figure II.2 : Le système spécialisé d'excitation, [15].

### II.3. L'Electrocardiogramme (ECG)

Un électrocardiogramme (ECG) désigne l'examen permettant l'enregistrement du rythme cardiaque comme l'illustre la Figure II.3. L'ECG consiste à étudier précisément l'activité du cœur, grâce à des électrodes posées sur la poitrine, les poignets et les chevilles. Cette activité est mesurée en plusieurs points du cœur, appelés dérivation. Elle est enregistrée sous la forme d'une courbe pour chacune d'entre elles. 12 dérivation sont classiquement apparentes sur le tracé et peuvent être étendues à 18 dans certaines circonstances. L'électrocardiogramme est pratiqué en cas de suspicion de maladie cardiaque, suite à une douleur thoracique par exemple faisant suspecter un infarctus du myocarde, pour surveiller l'évolution d'une pathologie ou pour s'assurer de l'absence d'anomalie. L'examen est rapide et indolore. L'ECG permet de découvrir des troubles du rythme cardiaque, des troubles de la conduction cardiaque, des signes de souffrance cardiaque..., [16].

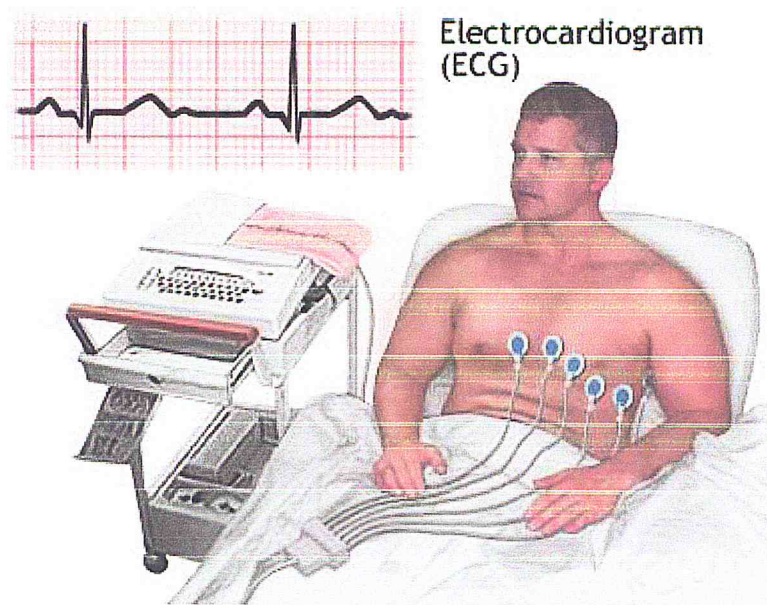


Figure II.3 : un électrocardiogramme, [16].

### II.3.1. Les dérivations d'un électrocardiogramme

Généralement les appareils électro cardiographiques peuvent enregistrer plusieurs différences de potentiel en même temps, selon l'emplacement et le nombre d'électrodes réparties sur le thorax et les membres. Chaque mesure de ces potentiels correspond à une dérivation de l'ECG. Un système de dérivations consiste en un ensemble cohérent de dérivations, chacune étant définie par la disposition des électrodes sur le corps du patient. L'emplacement des électrodes est choisi de façon à explorer la quasi-totalité du champ électrique cardiaque. Si on mesure le vecteur cardiaque dans une seule direction, on ne sera pas en mesure de le caractériser entièrement. Il est donc important d'avoir un standard de positionnement des électrodes (**dérivations**) pour l'évaluation clinique du signal ECG. En pratique, douze dérivations sont utilisées dans les plans frontal et transversal pour explorer l'activité électrique du cœur, [17].

On distingue, [18]:

- La dérivation bipolaire : dans ce cas, les deux électrodes sont exploratrices.
- La dérivation unipolaire : dans ce cas, une électrode est exploratrice et l'autre indifférente.

Ainsi les dérivations utilisées pour enregistrer un ECG se divisent en deux groupes :

### A- Dérivations périphérique des membres :

Elles sont au nombre de six et explorent le cœur dans un plan frontal. Les électrodes sont placées sur les membres elles comprennent, [17] :

- Trois dérivations bipolaires : Elles sont obtenues à partir des potentiels du DI, DII, DIII obtenues par permutation des électrodes placées sur le bras droit, le bras gauche et la jambe gauche OÙ VR correspond au potentiel au bras droit, VL correspond au potentiel au bras gauche et VF correspond au potentiel dans la jambe gauche. La jambe droite est reliée à la masse. Les vecteurs obtenus forment alors un triangle équilatéral appelé triangle d'Einthoven comme donné sur la Figure II.4 Figure II.4.

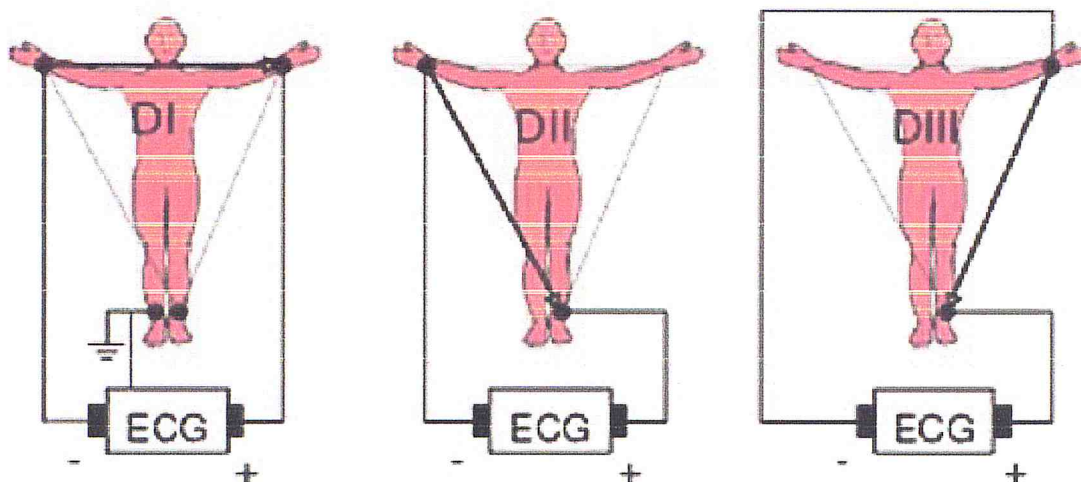


Figure II.4 : Les dérivations bipolaires, [17].

- **Trois dérivations unipolaires aVR, aVL, aVF :**  
Les dérivations unipolaires des membres permettent d'étudier l'activité électrique du cœur sur le plan frontal, [18].
  - aVR : électrodes au bras droit.
  - aVL : électrodes au bras gauche.
  - aVF : électrodes à la jambe gauche.
- Six dérivations précordiales : Elles explorent le cœur dans un plan horizontal. Les électrodes sont de type unipolaire et placées sur la paroi thoracique (aire précordiale). Au nombre de six, ce sont : V1, V2, V3, V4, V5, V6.  
Les électrodes sont positionnées au niveau des espaces intercostaux (EIC), [18], est représenté comme la Figure II.5.

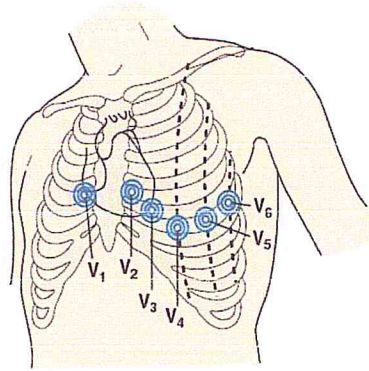


Figure II.5 : Dérivations thoraciques, [18].

### II.3.2. Ondes et Intervalles de l'ECG :

L'ECG enregistre, successivement, la dépolarisation et la repolarisation auriculaires, puis la dépolarisation et la repolarisation ventriculaires. Ces phénomènes sont suivis d'un repos électrique qui correspond à la ligne de base iso électrique. Lorsque le système d'acquisition est mis en fonctionnement, apparait une succession de déflexions, séparées par des intervalles, [6], qui ont terminologie bien précise comme le montre la Figure II.6.

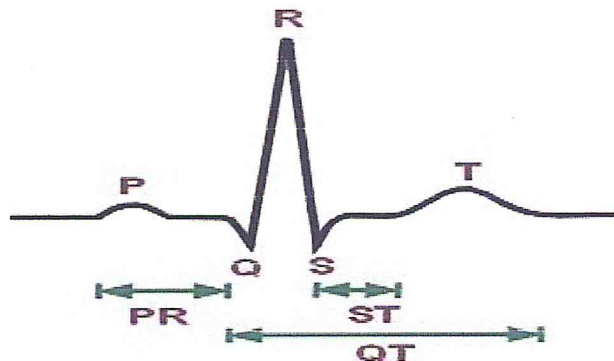


Figure II.6 : le cycle cardiaque complet, [6].

#### ➤ Onde P :

Elle représente la dépolarisation auriculaire. Cette onde peut être positive ou négative avec une durée de l'ordre de 90 ms. Généralement son observation est difficile, spécialement dans des conditions bruitées. Il faut noter que la repolarisation auriculaire n'est pas visible sur l'ECG car elle coïncide avec le complexe QRS d'amplitude plus importante, [17].

#### ➤ Complexe QRS :

Il traduit la dépolarisation des deux ventricules. Constitué de 3 ondes en général, [17]:

- L'onde Q : c'est la première onde négative précédant l'onde R.
- L'onde S : est la première onde négative suivant l'onde R.

- **L'onde R** : est la première onde positive du complexe.

- **Onde T** :

Elle correspond à la repolarisation des ventricules, qui peut être négative, positive ou biphasique et qui a normalement une amplitude plus faible que le complexe QRS. Bien que la dépolarisation et la repolarisation des ventricules soient des événements opposés, l'onde T est normalement du même signe que l'onde R, ce qui indique que la dépolarisation et la repolarisation ne sont pas symétriques, [15].

L'ECG est aussi caractérisé par plusieurs intervalles comme on peut le voir sur la Figure II.6.

- **Intervalle PR** :

C'est un segment isoélectrique mesuré du début de l'onde P jusqu'au début du complexe QRS. C'est le temps que met l'onde pour aller du nœud sinusal, dépolariser les oreillettes, parcourir le nœud auriculo-ventriculaire et le faisceau de HIS, jusqu'au début des deux branches de ce dernier (temps conduction auriculo ventriculaire, [18]).

- **Le segment ST** :

Correspond au temps séparant le début de la dépolarisation ventriculaire représentée par le complexe QRS et le début de l'onde T. Le segment ST normal est isoélectrique du point J au début de l'onde T, [15].

- **Point J** :

Correspond au point de transition entre le complexe QRS et le segment ST. Il est normalement isoélectrique.

- **Intervalle PQ** :

Il représente l'intervalle de temps entre le début de la dépolarisation des oreillettes et le début de la dépolarisation ventriculaire. Il représente le temps nécessaire à l'impulsion électrique pour se propager du nœud sinusal jusqu'aux ventricules et il est mesuré entre le début de l'onde P et le début du complexe QRS, [17].

- **L'intervalle QT** :

Il représente la durée entre le début du complexe QRS et la fin de l'onde T. Cet intervalle reflète la durée de la dépolarisation et repolarisation ventriculaire. En effet sa dynamique peut être associée à des risques d'arythmie ventriculaire et de mort cardiaque soudaine.

### II.3.3. Pathologies cardiaques

La Figure II.6, ci-dessus, 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..., [5].

### II.3.3.1. 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.

#### A- La 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, [5], on parle de bradycardie lorsqu'il est trop lent, et de tachycardie lorsque qu'il est trop rapide, [19].

#### B- Troubles du rythme et de la conduction cardiaque :

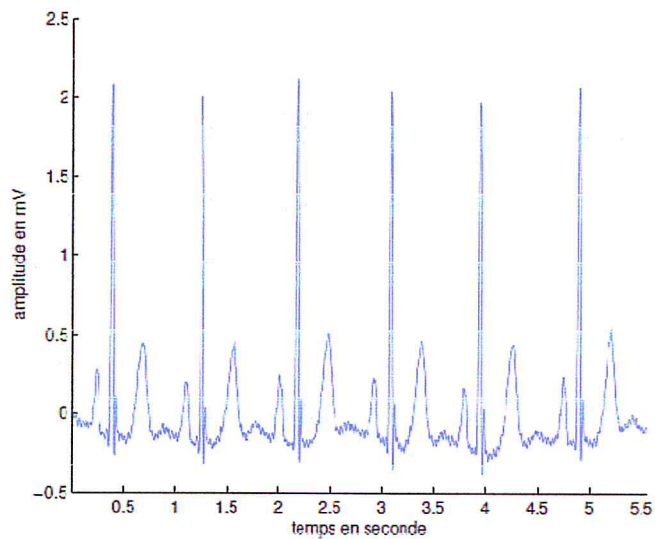
Sous cette dénomination on regroupe les arythmies cardiaques et les blocs cardiaques. Le meilleur outil pour diagnostiquer une arythmie est l'électrocardiogramme dans l'analyse de l'ECG, les pathologies ou anomalies sont détectées et classées en fonction de leur déviation par rapport au rythme idéal qu'est le rythme sinusal. Chaque déviation visible sur L'ECG peut être attribuée à une anomalie physiologique, [4].

- **Rythme sinusal :**

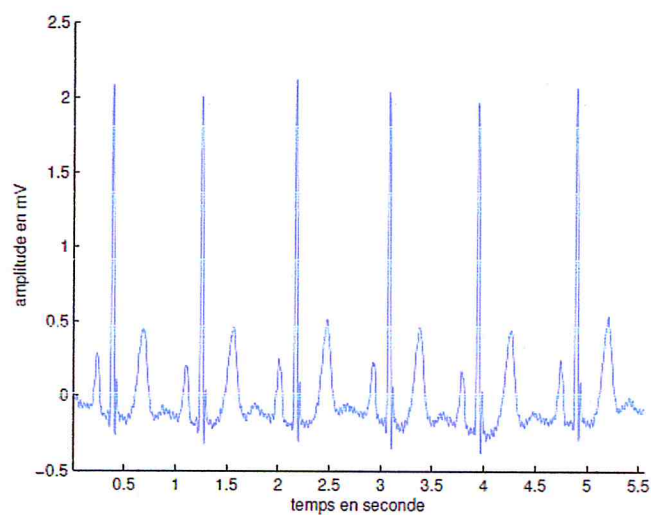
Le rythme sinusal est le rythme normal cardiaque. Il correspond à une activation physiologique des oreillettes, puis des ventricules, à partir du nœud sinusal. Son rythme est compris entre 60 à 80 battements par minute avec un intervalle régulier entre des battements normaux.

- **Blocs cardiaques :**

Les blocs cardiaques sont dus à une rupture de conduction du myocarde qui altère la dépolarisation. Ces ruptures peuvent être plus ou moins sévères : freinantes (allongement du temps de parcours), intermittentes (le blocage de la conduction se fait aléatoirement), ou complète (aucune conduction), [15].



(a)



(b)

Figure II.7 : Exemples d'ECG : (a) normal et (b) : bloc de branche gauche, [15].

### C- Les arythmies cardiaques :

L'arythmie est une perturbation du rythme cardiaque qui affecte sa fréquence, l'intensité de ses contractions et sa régularité, [20]. On parle également d'arythmie quand le cœur bat à moins de 60 pulsations ou à plus de 100 pulsations par minute sans cause apparente. On classe les arythmies en fonction de leur lieu de formation et de leurs effets sur le rythme cardiaque, [15].

Il existe plusieurs types d'arythmie, avec un degré de gravité extrêmement variable, [19] :

- **La bradycardie** : diminution soudaine et passagère du rythme cardiaque (inférieure à 60 BPM).
- **La tachycardie** : accélération du rythme cardiaque (supérieure à 100 BPM).

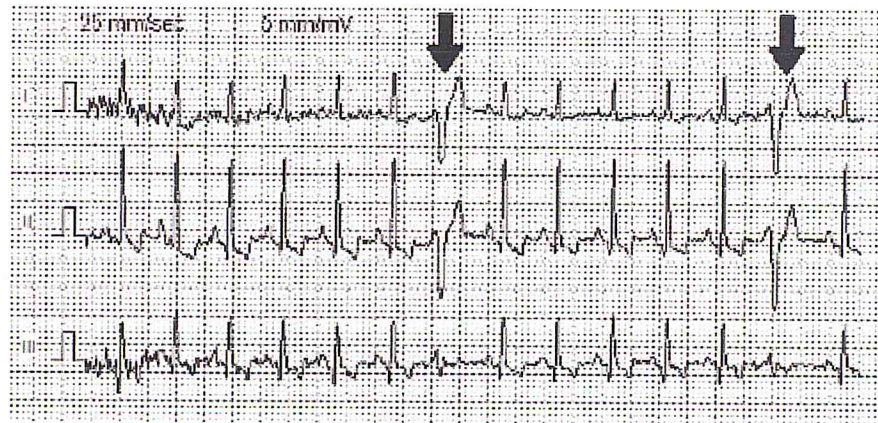


Figure II.8 : Tachycardie ventriculaire, [19].

- **L'extrasystole** : légère irrégularité du rythme cardiaque, Elle peut atteindre un ventricule ou une oreillette.

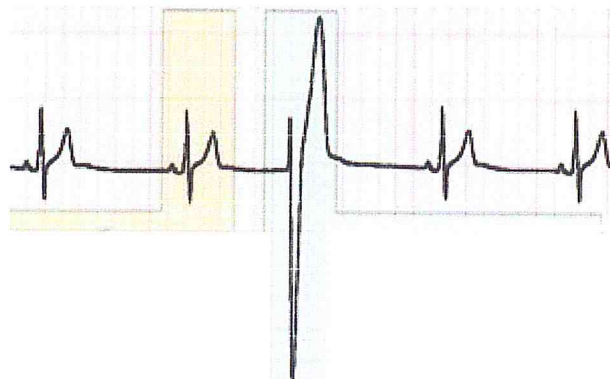


Figure II.9 : Extrasystole Ventriculaire(ESV), [19].

- **Le flutter auriculaire** : le rythme des oreillettes est régulier mais rapide alors que les ventricules fonctionnent normalement.



Figure II.10 : Extrasystoles Auriculaires (ESA), [19].

- **La fibrillation auriculaire** : contraction rapide et désordonnée des oreillettes du cœur qui empêche le cœur de fonctionner normalement et de bien faire circuler le sang dans le corps. Ce trouble est parfois passager mais peut devenir chronique. En favorisant la formation de caillots, il peut représenter un danger.



Figure II.11 : Fibrillation auriculaire, [19].

- **La fibrillation ventriculaire** : contraction très rapide et anarchique des ventricules : il s'agit d'une urgence vitale.

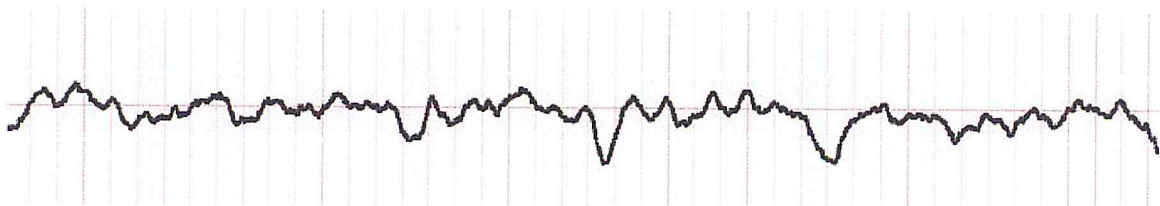


Figure II.12 : Fibrillation ventriculaire, [19].

### II.3.3.2. 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. 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, [5].

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.

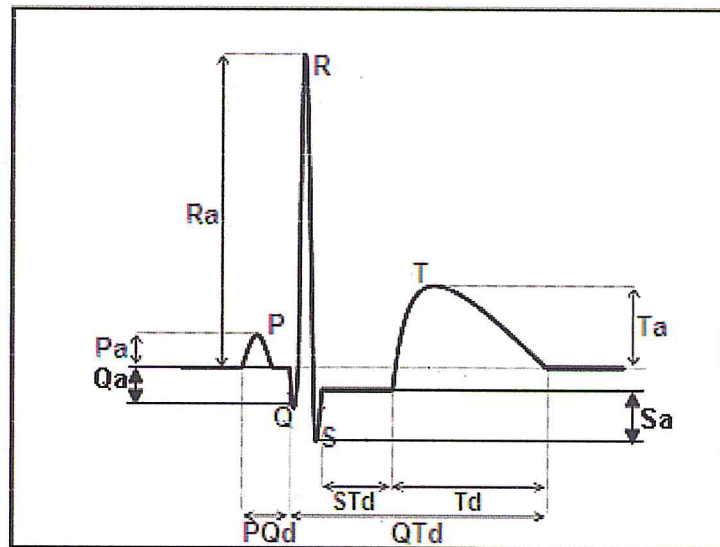


Figure II.13 : Paramètres d'intérêt pour la description d'un battement, [5].

Les valeurs des paramètres de la Figure II.13 couramment constatées chez l'adulte en bonne santé sont présentées dans la Tableau II.1 :

	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

(a)

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

(b)

Tableau II.1 : (a) et (b) : Valeurs habituelles des différents paramètres caractérisant Un battement cardiaque, [20].

Cet outil de diagnostic permet de détecter les pathologies cardiaques rythmiques, musculaires, les problèmes extracardiaques métaboliques, médicamenteux, hémodynamiques et autres, [20].

## **II.4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté les notions fondamentales relatives à l'analyse et la caractérisation du signal ECG pour déceler un grand nombre de pathologies cardiaques et par conséquent dresser un diagnostic précis, fiable et efficace pour une application de la télésurveillance.

A l'issue de la présentation des concepts de base de la télémédecine, la télésurveillance et le traitement du signal ECG, nous aborderons dans le prochain chapitre les parties description et spécification des besoins de notre système.

**Chapitre III :**  
**Description et spécification du**  
**système**

## Chapitre III : Description et spécification du système

### III.1. Introduction

Dans le but de décrire et de spécifier le système à réaliser, nous avons organisé ce chapitre en deux parties. Dans la première partie, nous décrivons le système et son fonctionnement. Dans la deuxième partie, nous présentons la spécification du système en utilisant le langage de modélisation UML.

### III.2. Problématique et description du système

Notre travail a pour objectif de réaliser un système de monitoring de l'ECG via une application web.

Dans les études, sur la santé des populations, on cherche généralement à récupérer les données de plusieurs capteurs. Les systèmes qui collectent les données issues des différents capteurs sont appelés des systèmes multi-capteurs. Ces systèmes sont généralement divisés en deux parties : une pour les mesures et l'autre qui va servir à récupérer ces mesures.

Ces capteurs sont spécifiques à la variable physique que l'on veut mesurer. Pour les maladies, le paramètre physiologique qui peut être mesuré est l'ECG avec des électrodes.

Les données mesurées par ces capteurs doivent être récupérées par une unité d'acquisition. Ensuite elles sont envoyées à un transport d'informations afin de les garder en mémoire le temps qu'elles soient traitées. Une fois qu'il y a assez de données, celles-ci sont envoyées à une unité d'analyse et de traitement. Le fonctionnement est illustré dans la Figure III.1 qui présente l'architecture globale commune utilisée pour les mesures.



Figure III.1 : Architecture globale de l'application.

Les études qui ont été réalisées dans ce domaine présentent certaines différences, que ce soit dans les types de capteurs, le type de lien de communication entre les différentes unités, le type de transport d'informations et le type d'unité de traitement. Parfois le traitement des données intervient avant le transport, parfois après.



### III.3. Les capteurs

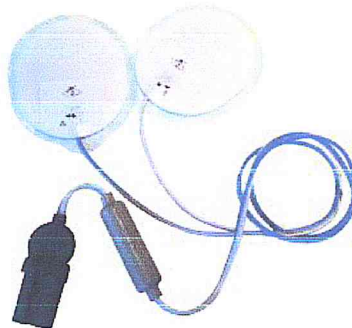
Les capteurs utilisés sont une électrode d'ECG. Ils servent pour mesurer l'électrocardiogramme. Notre travail consiste à mettre en œuvre une architecture utilisant des microsystèmes permettant d'obtenir un réseau de collecte de données centré autour d'un ordinateur, appliqué au domaine de la surveillance de patients à domicile. Une des applications de ce système est de mesurer l'ECG avec des électrodes,

Dans le domaine de l'étude de l'activité physique, nous proposons l'utilisation des capteurs intégrés à un ordinateur pour calculer l'activité physique des personnes.

Les capteurs consistent à convertir un signal quelconque en un signal électrique, dans notre cas la différence de potentiel entre deux points du corps est traduite en un signal électrique.

Dans les études présentées plus tôt dans ce chapitre, des capteurs physiologiques sont utilisés pour récupérer les informations qu'ils mesurent nécessitant ainsi une unité d'acquisition.

Les capteurs utilisés pour l'acquisition de signal ECG sont des électrodes de mesure qui sont placées directement sur la peau comme l'illustre la Figure III.2.



*Figure III.2 : Représentation des électrodes, [21].*

La plaque d'argent de l'électrode est couverte d'une couche de chlorure d'argent. Avant de placer les électrodes sur la peau, nous diffusons un électrolyte sur l'épiderme pour assurer une bonne conduction.

Ces électrodes sont caractérisées par :

- Une aptitude à capter les basses amplitudes situées dans la gamme de 0,05 mV à 10 mV.
- Une impédance d'entrée très élevée.
- Un courant d'entrées très bas, inférieur à 1 mA.

### III.4. Les unités d'acquisition

Les unités d'acquisition possèdent un microcontrôleur comprenant des convertisseurs analogiques / numériques pour transformer les données analogiques des capteurs et les transférer en numérique à le transport d'informations.

Dans cette étude, les capteurs électrocardiogramme sont alimentés par le transport d'informations et le microcontrôleur.

Le mode de communication filaire entre les capteurs et l'unité d'acquisition se retrouve généralement dans les études plus anciennes. Les progrès technologiques font que beaucoup de capteurs physiologiques communiquent maintenant en utilisant des protocoles de communication sans fil.

Ces capteurs sont utilisés afin de limiter le nombre de fils. En effet l'utilisation de fils peut être encombrante et limiter les libertés de mouvement du participant à l'étude, ce qui est non recommandé car pouvant mener à une perte d'information si les capteurs se débranchent et pousser les participants à ne pas les porter à cause de l'encombrement. D'autres études comme la surveillance des patients pour leur maintien à domicile utilisent des capteurs et modules communiquant en Internet avec l'unité d'acquisition.

L'unité d'acquisition qui est un ordinateur envoie ensuite les informations réunies à le transport d'informations.

### III.5. Les transports d'informations

Le transport d'informations est utilisé pour garder en mémoire les données des capteurs. Dans les études citées, le transport d'informations peut être la même que l'unité d'acquisition.

C'est le cas des études utilisant uniquement un ordinateur pour récupérer des données de pulsation. Les données sont stockées dans une BDD dans un ordinateur.

Parfois, le transport de données peut se faire en parallèle de leur envoi sur un serveur.

Les données sont envoyées par un serveur de streaming à partir d'ordinateur.

L'ordinateur transmet ensuite les données sur un serveur wamp. Il peut ainsi les transmettre par un serveur de conversion. Une fois les données enregistrées, elles sont transmises à l'unité de traitement.

### III.6. Les unités de traitement

L'unité de traitement est un module électronique en mesure d'analyser les données des capteurs et d'en tirer un résultat cohérent selon le type d'information nécessaire. L'unité de traitement peut être présente directement dans le système porté par le patient.

Il en est de même pour l'étude permettant de surveiller les signaux vitaux d'un patient lors de son transport à l'intérieur d'un hôpital, l'unité de traitement est la même que le transport d'informations. Celui-ci récupère les informations des capteurs et calcule l'électrocardiogramme. Ces informations sont affichées directement à l'écran, en plus d'être enregistrées et/ou envoyées sur un serveur.

Dans notre projet c'est également l'ordinateur qui traite les données. L'ECG mesuré est affiché à l'écran donc un signal va envoyer au patient. Les traitements globaux des données sont effectués sur un ordinateur et ensuite affichés sur une application web.

Les données de capteurs physiologiques, pour déterminer les interactions du participant avec son environnement, les activités qu'il a effectué et leur influence sur ce paramètre physiologique (ECG). Toutes les informations sont ensuite accessibles sur une application web en connexion sécurisée.

### III.7. Spécification du système

Dans cette section, nous présentons la modélisation des différentes composantes de notre système en utilisant les diagrammes UML. La modélisation est réalisée avec les trois diagrammes suivants en utilisant le logiciel Visual Paradigm :

- Diagramme de cas d'utilisation.
- Diagramme de séquence.
- Diagramme de classe.

#### III.7.1. Conception orientée les acteurs

Nous commençons par l'élaboration du diagramme de cas d'utilisation, ensuite nous allons associer le diagramme de séquence. Enfin, nous allons leur associer le diagramme de classe.

### III.7.1.1. Diagrammes de cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation représentent ce que le système doit faire sans spécifier comment il le fait. Le diagramme de cas d'utilisation représente la structure des grandes fonctionnalités du système. Il est composé :

- des acteurs (utilisateurs du système).
- des cas d'utilisation.
- de la relation entre les cas d'utilisation et les acteurs.

**La représentation des diagrammes de cas d'utilisation :**

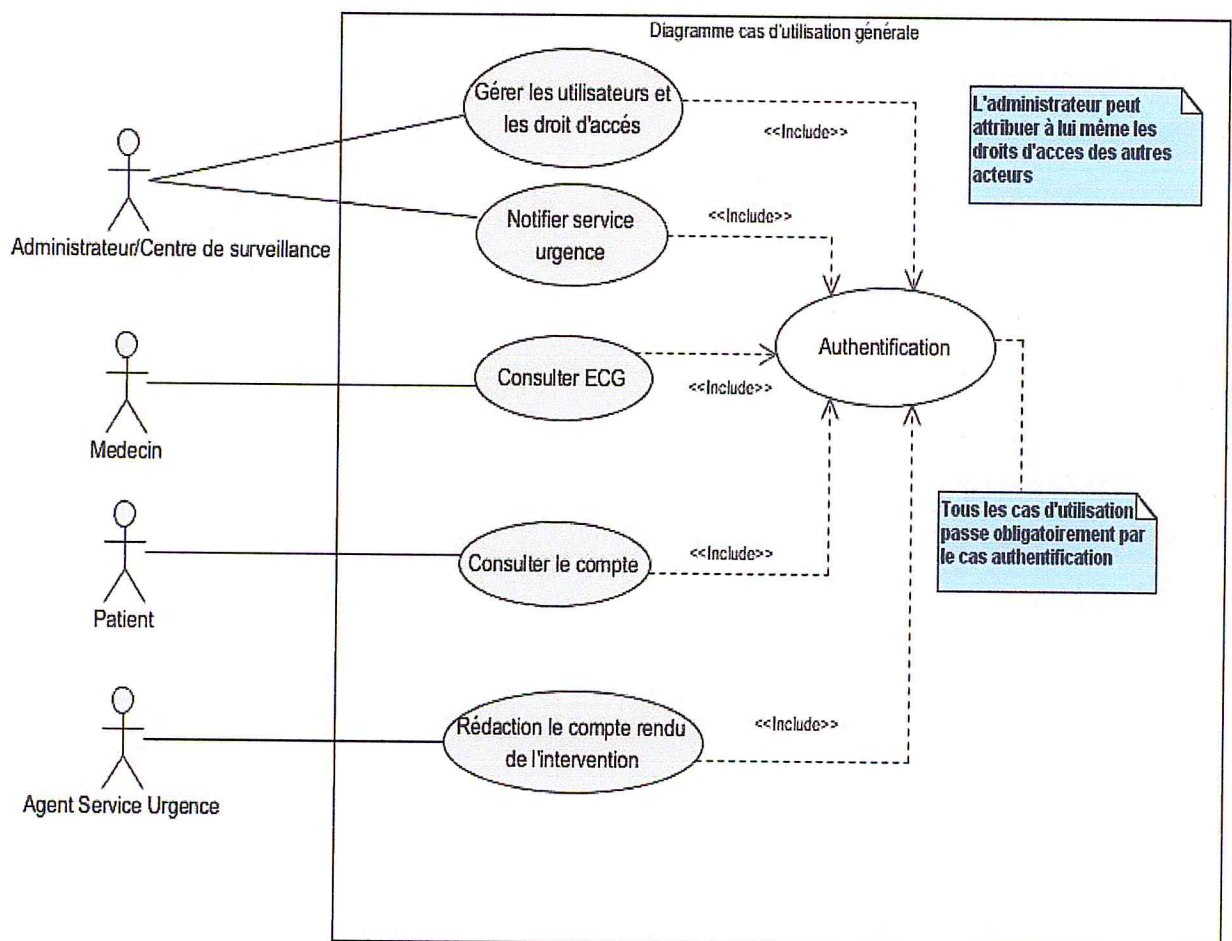


Figure III.3 : Diagramme de cas d'utilisation générale.

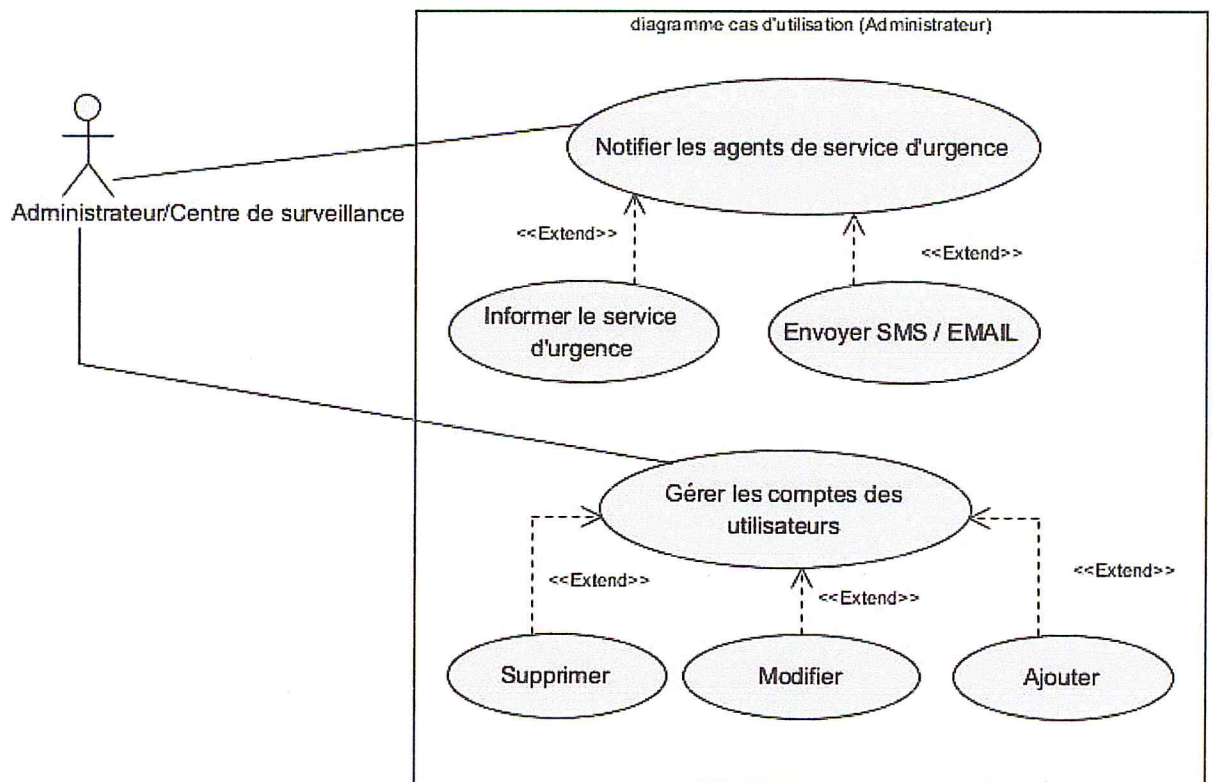


Figure III.4 : Diagramme de cas d'un administrateur (Centre de surveillance).

➤ **Administrateur (centre de surveillance)**

**Après l'authentification :**

- Gérer les comptes :

- ✓ Ajouter un utilisateur.
- ✓ Modifier les données d'un utilisateur.
- ✓ Supprimer un utilisateur.

- Notifier les Agent SU :

- ✓ Informer le service central.
- ✓ Envoyer les SMS/EMAIL.



Figure III.5 : Diagramme de cas d'utilisation d'un médecin.

➤ Médecin

Après l'authentification :

- Consulter ECG :

- ✓ Interprétation pour l'ECG de patient.

- Rédaction d'un compte rendu médicale :

- ✓ Informer le service de la télésurveillance pour l'état du patient.

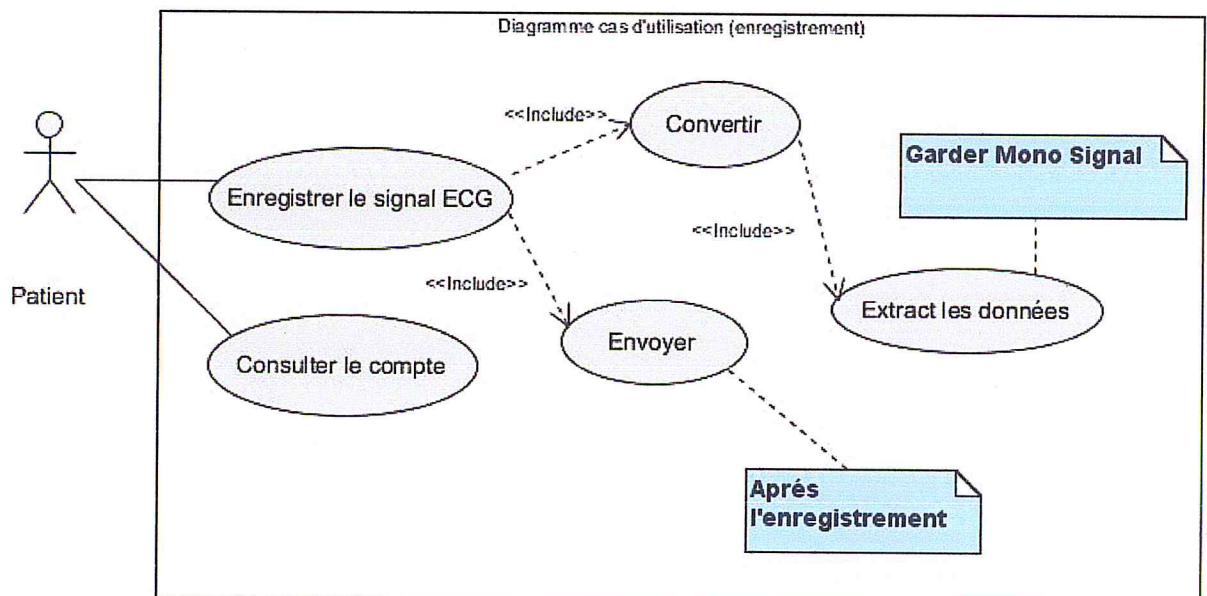


Figure III.6 : Diagramme de cas d'utilisation d'un patient.

**➤ Patient****Après l'authentification :**

- Enregistrer le signal ECG :
  - ✓ Le système commence la conversion des données.
  - ✓ Après la conversion, le système va extraire les données qui prennent seulement les données mono signal.
  - ✓ A la fin d'enregistrement, le système va envoyer vers la BDD.
- Consulter le compte :
  - ✓ Voir les emails, voir le signal ECG ....

**Remarque :**

Il y'a deux types de signal :

- 1- Stéréo : ce procédé sert de deux haut-parleurs le gauche et le droit. Si vous disposez d'un enregistrement stéréo, vous distinguez les sons venant de la gauche de ceux venant de la droite. Ce procédé est très répandu. Il donne une grande satisfaction par rapport à la restitution monophonique.
- 2- Mono : la restitution sonore utilise une seule voie. C'est à dire le son fourni par chaque haut-parleur est identique.

Notre système utilise le deuxième type de signal à savoir le signal Mono.

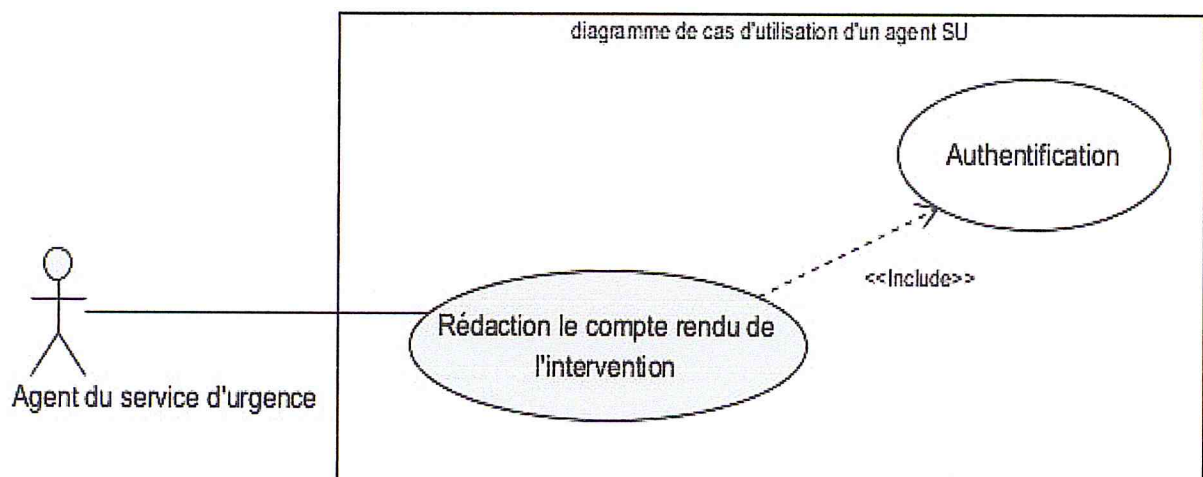


Figure III.7 : Diagramme de cas d'utilisation d'un agent SU.

➤ **Agent du service d'urgence**

**Après l'authentification :**

- Rédaction le compte rendu de l'intervention :

- ✓ Rédiger un compte rendu technique pour l'état de capture de l'ECG si on a un problème.

### III.7.1.2. Diagrammes de séquence

Le diagramme de séquence UML permet de représenter les interactions, les échanges de messages et le protocole entre les acteurs.

#### 1) Scénario de l'authentification :

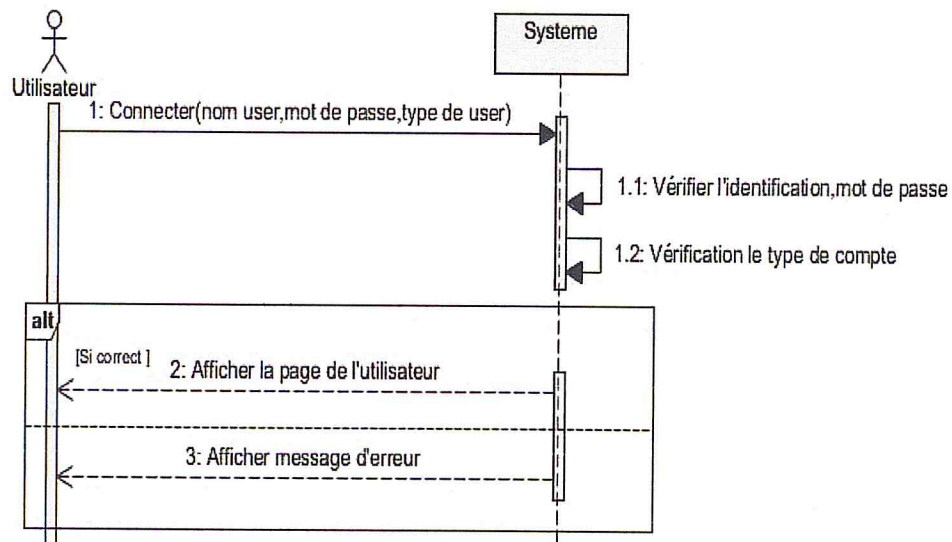


Figure III.8 : Diagramme de séquence (Authentification).

- L'utilisateur entre son identifiant, son mot de passe et son type d'utilisateur (Administrateur, Médecin, Patient ou Agent SU).
- Vérification de validité
  - ✓ Si l'identifiant et le mot de passe sont corrects, il vérifie le type de compte :
    - Si c'est un Administrateur, le système le renvoie vers la page administrateur.
    - Si c'est un Médecin, le système le renvoie vers la page de médecin.
    - Si c'est un Patient, le système le renvoie vers la page de patient.
    - Si c'est un Agent SU, le système le renvoie vers la page d'agent SU.
  - ✓ Sinon il affiche le message d'erreur.



## 2) Scénario d'enregistrement :

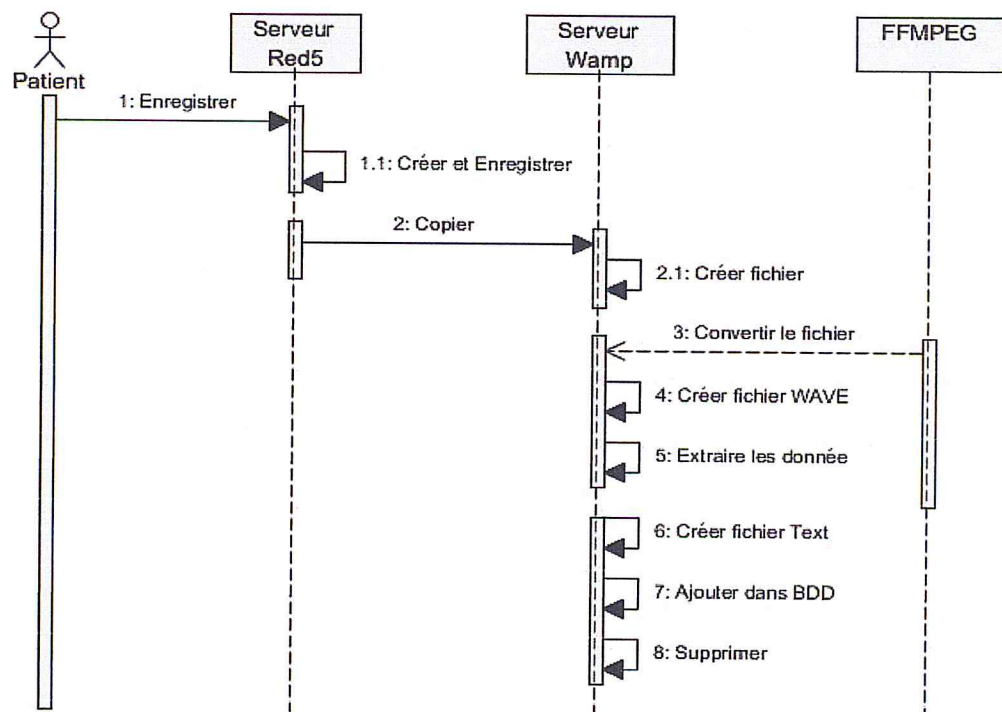


Figure III.9 : Diagramme de Séquence (enregistrement).

- Monter l'appareil d'enregistrement signal ECG.
  - 1- Cliquer sur l'autorisé de l'enregistrement et le record.
  - 1.1- Après la clique sur le record commence le streaming de créer un fichier FLV d'un patient au niveau de dossier Stream qui est dans le serveur de système de streaming RED5.
  - 2- Le système copier un fichier vers un fichier FLV et le mettre au niveau de répertoire dans un serveur Wamp.
  - 3- Après convertir FLV de repflv vers un fichier WAV en utilisant FFMPEG et le mettre dans le répertoire WAV (repwav).
  - 4- Le système lire les données dans un fichier WAV et il crée un fichier texte et le mettre dans fichier texte.
  - 5- Le système extraire toutes les données.
  - 6- Créer un fichier texte et mettre les données dans le répertoire texte (reptxt).
  - 7- Mettre les données de répertoire texte (reptxt) dans une base de données (bdd).
  - 8- Supprimer les 3 fichiers FLV, WAV, TXT
- Après répétez le scénario de 2 à 8 chaque fois que nous nous sommes réglés dans le système.

## 3) Scénario d'affichage statique :

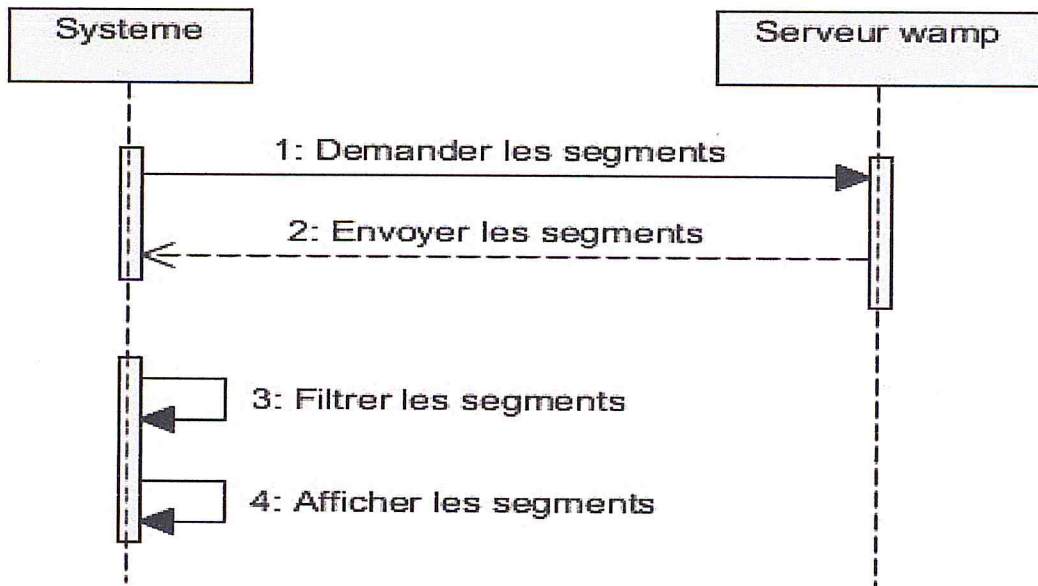


Figure III.10 : Diagramme de Séquence (Affichage statique).

- Les utilisateurs (médecin, patient) choisissent ECG qu'il veut consulter et cliquent sur suivi ECG.
- Le système va retirer tous les données du BDD de l'ECG qu'il choisit pour consulter.
- Nous filtrons les données avec un filtrage fir.
- Nous affichons dans un objet d'affichage qui nous travaillons avec JavaScript.

**Remarque :** *dans le cas statique* : nous lisons toutes les données. C'est à dire tous les segments de l'ECG choisi et nous procédons à son enregistrement par segments de données (par partie).

## 4) Scénario d'affichage dynamique :

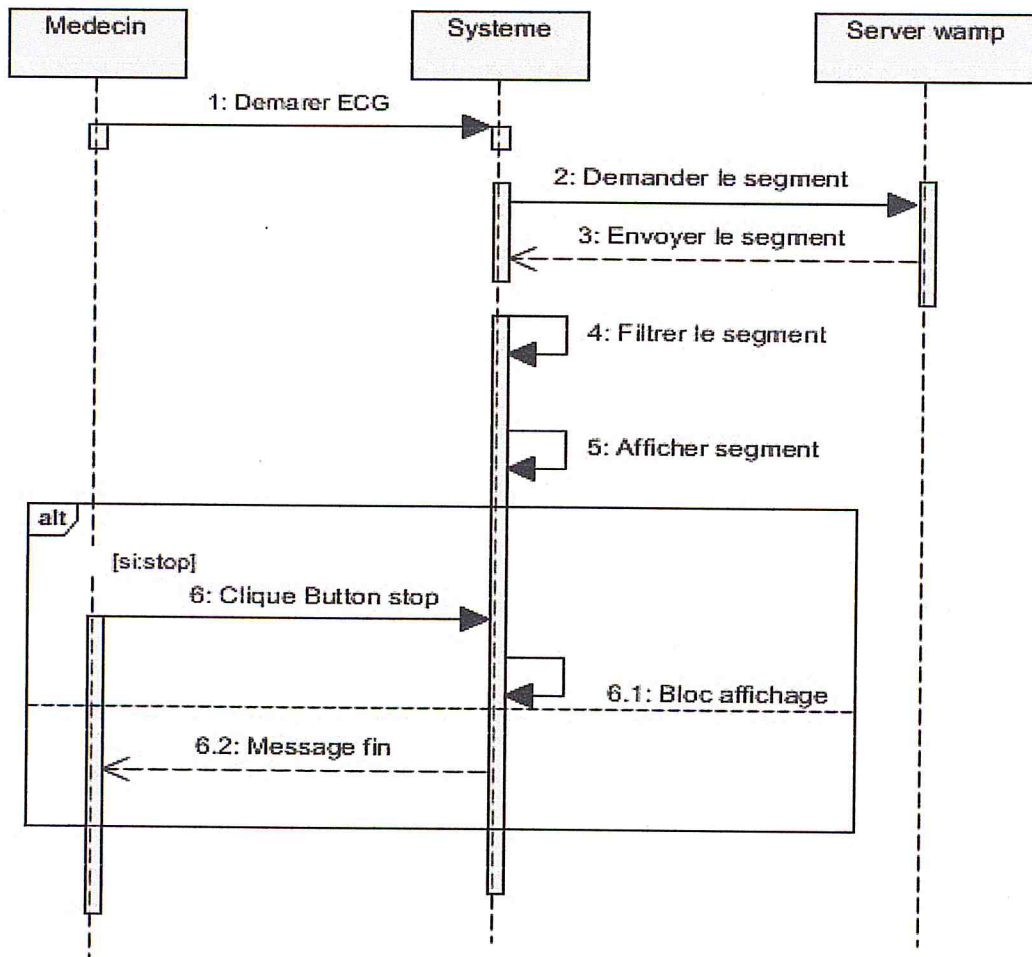


Figure III.11 : Diagramme de Séquence (Affichage dynamique).

- Suivre les mêmes étapes que le cas Statique.
- Le système commence l'affichage par segment (pas toutes les données de l'ECG).
- Le système commence à filtrer le segment puis il l'affiche selon un programme d'affichage que nous avons développé nommé < CANVAS.js >.
- Répétition de l'étape 4 selon la durée de l'enregistrement pour le voir en temps réel. C'est-à-dire, le temps pour le mettre dans une base de données tel que décrit dans l'étape 1.

## 5) Scénario de calculer le battement et afficher l'ECG :

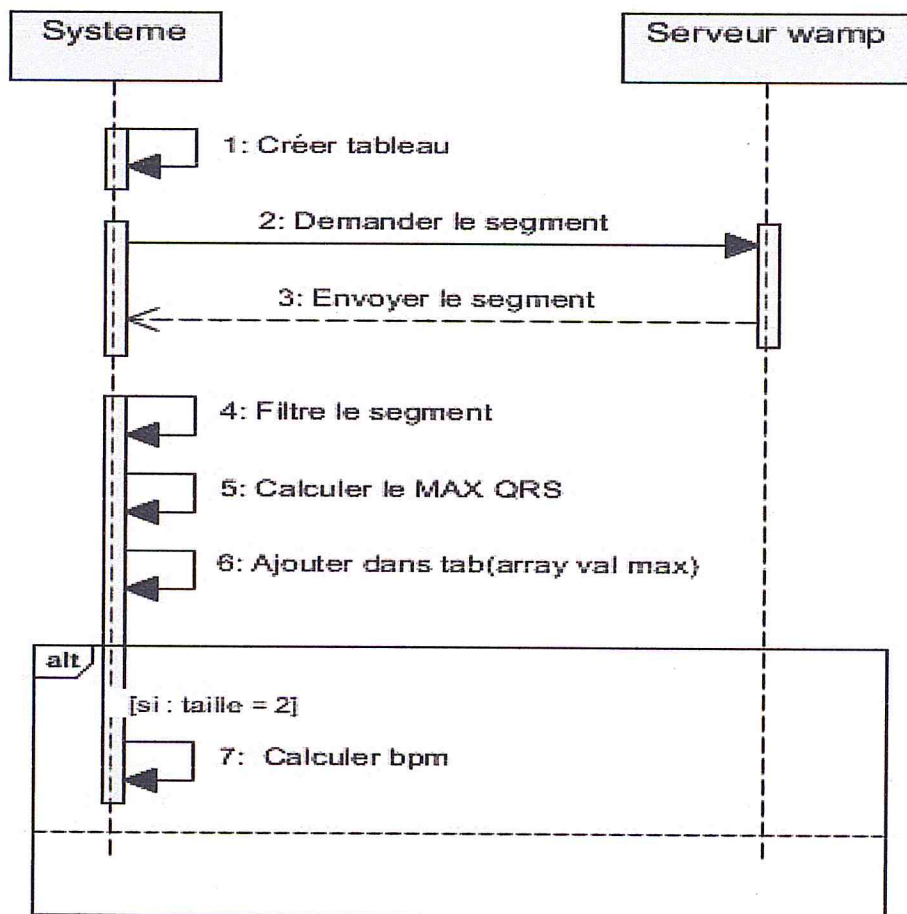


Figure III.12 : Diagramme de Séquence (Calculer le battement et afficher).

- 1- Créer un tableau (ArrayValMAax) qui contient les valeurs maximales de chaque (QRS).
- 2- Demander un segment qui contient (PQRST).
- 3- Envoyer le segment demandé.
- 4- Filtrer ce segment par un filtrage (FIR) avec une fréquence d'échantillonnage et un coefficient de filtrage.
- 5- Calculer la valeur maximale de chaque QRS.
- 6- Ajouter cette valeur maximale dans un tableau (ArrayValMax).
- 7- Si la taille du tableau est égale à 2, on calcule le battement (BPM), on supprime la valeur et aller à l'étape 2.

Cette fonction marche avec l'affichage ECG dynamique.

- Tandis qu'attaché à un segment 1 il prend le maximum de QRS, ensuite il livré plus de maximum de QRS de segment 2. A la fin, il affiche le nombre de battement par minute.

- Après il prend le maximum de QRS de segment 3 avec QRS de segment 2 et il calcule le nombre de battement jusqu'à la fin d'affichage de l'ECG.

**Remarque :** à la fin du processus il y aura un message qui nous informe de la fin du traitement de l'ECG c'est-à-dire la fin de l'affichage de l'ECG

**Comment calculer le battement :**

- 1- On a des segments (plusieurs segments) (chaque 1000 data = 1 segment).
- 2- On crée un tableau (nommé : ArrayValMAax) qui contient les valeurs maximales du (PQRST) d'un segment filtrer.
- 3- On calcule la valeur maximum.

**Comment calculer la valeur maximum :**

On calcule la valeur maximum de R, après on ajoute la valeur qui est calculée dans un tableau (ArrayValMax) pour chaque PQRST.

On calcule la valeur maximum de 2<sup>ème</sup> PQRST qui est inclut dans un segment et on l'ajoute dans un tableau (ArrayValMax).

### III.7.1.3. Diagramme de classe

Le diagramme de classes est considéré comme le plus important de la modélisation orienté objet. Il montre la structure interne du système en permettant de fournir une représentation abstraite des objets du système qui vont interagir ensemble pour réaliser les cas d'utilisation.

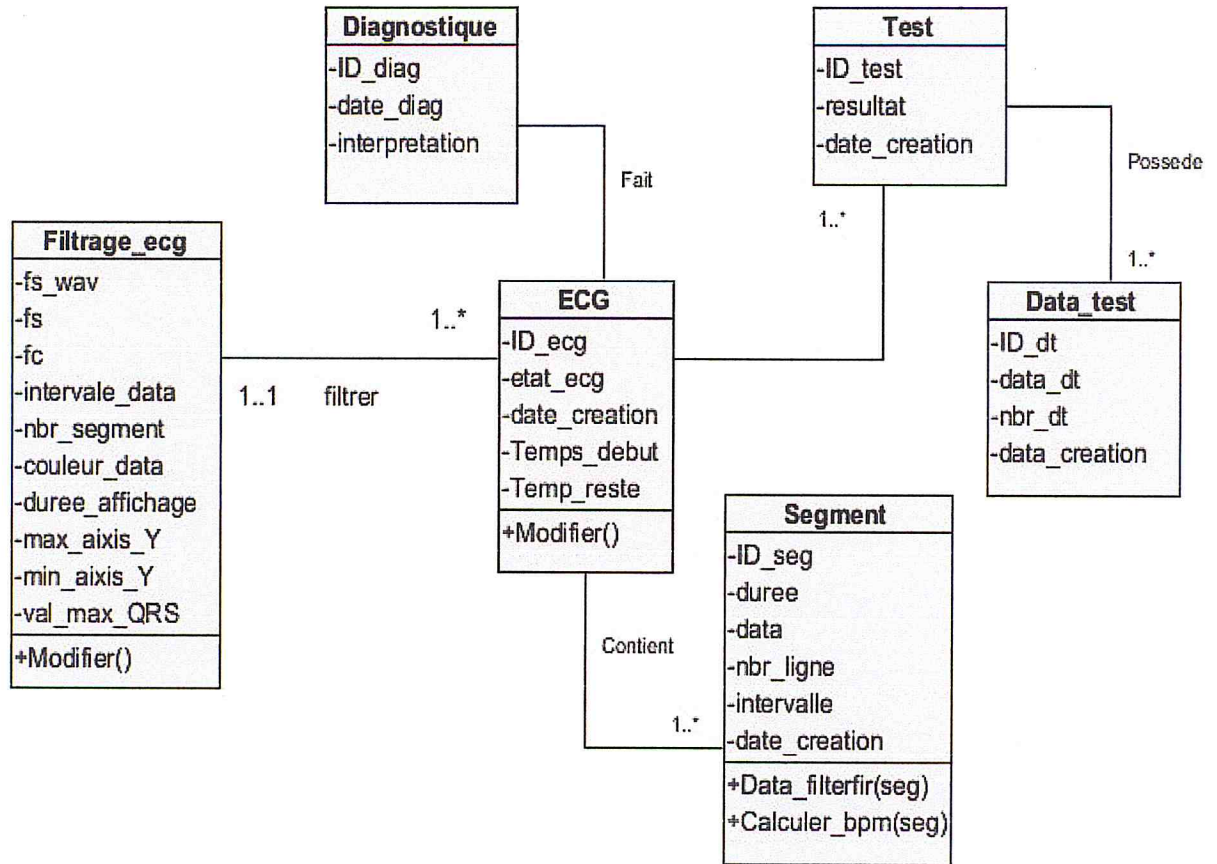


Figure III.13 : Diagramme de classe.

**Description du diagramme de classe :**

La réalisation du diagramme de classe se base sur la description de données.

L’analyse sémantique des données de la description permet de les regrouper dans des entités à part. Toutes les classes utilisées possèdent des getters et des setters utilisés pour insérer et récupérer les informations.

Nom de la classe	Attributs de classe	Désignation des attributs
<b>Diagnostique</b>	- id_diag - date_diag - interpretation	- identificateur de diagnostique date de création diagnostique - interprétation diagnostique
<b>Filtrage_ecg</b>	- fs_WAV  - fs	- la fréquence d’échantillonnage d’enregistrement signal ECG sous format WAV  - la fréquence d’échantillonnage d’affichage signal ECG filtré

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fc</li> <li>- intervale_data</li> <li>- nbr_segment</li> <li>- couleur_data</li> <li>- duree_affichage</li> <li>- max_aixis_Y</li> <li>- min_aixis_Y</li> <li>- val_max_QRS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coefficient de filtrage</li> <li>- intervalle des données d’affichage au début</li> <li>- nombre de donnée enregistré sur un segment</li> <li>- la couleur d’affichage des données</li> <li>- la durée d’affichage chaque segment</li> <li>- maximum axes Y</li> <li>- minimum axes Y</li> <li>- valeur maximum pour calculer QRS</li> </ul>
<b>ECG</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- id_ecg</li> <li>- etat_ecg</li> <li>- Date_creation</li> <li>- temps_debut</li> <li>- temps_reste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identificateur d’ECG</li> <li>- état de ECG (consulté, non consulté)</li> <li>- date de création ECG</li> <li>- temps début d’enregistrement du signal ECG</li> <li>- temps reste d’enregistrement du signal ECG</li> </ul>
<b>Segment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- id_seg</li> <li>- duree</li> <li>- data</li> <li>- nbr_ligne</li> <li>- intervalle</li> <li>- date_creation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identificateur de segment</li> <li>- la durée d’enregistrement segment</li> <li>- les données de segment</li> <li>- nombre des données sur un segment</li> <li>- intervalle des données</li> <li>- date création segment</li> </ul>
<b>Test</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- id_test</li> <li>- resultat</li> <li>- date_creation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identificateur de test</li> <li>- résultat du test</li> <li>- date de création du test</li> </ul>
<b>Data_test</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- id_dt</li> <li>- data_dt</li> <li>- nbr_dt</li> <li>- date_cration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identificateur des données du test</li> <li>- les données test</li> <li>- nombre de la donnée test</li> <li>- date de création test</li> </ul>

Tableau III.1 : Description du diagramme de classes.

**Le modèle relationnel :**

C'est le premier modèle de base de données indépendant des critères, il permet [22] :

- Une description simple des entités.
- Une mise à jour des données sans anomalies de stockage.
- D'associer la théorie de normalisation et d'éliminer les comportements anormaux des données lors une mise à jour afin de supprimer les redondances et d'éviter les incohérences de la base de données.

Dans le modèle relationnel tout est définie comme relation même les classes ainsi que les associations et les liens sont représentés de façon unique.

- **Les règles de passage :**

- Les individus : chaque individu se transforme en une table.
- Les propriétés : deviennent des attributs de la relation.
- Les identifiants : chaque identifiant devient la clé primaire.

**Relation « père-fils » :** la cardinalité de l'individu père (0-n) et la cardinalité l'individu fils (1-1).

-L'identifiant de l'individu père devient attribut de la table fils.

-Cet attribut est appelé clé étrangère.

-La propriété de l'association devient les attributs de la table fils.

- **Passage au modèle relationnel :**

En appliquant ces règles sur le diagramme de classe (modèle objet), on a abouti au schéma des tables relationnelles, ci-dessous, constituant la base de données de notre système.

**Diagnostic** {id-diag, id\_ecg\*, date\_diag, interpretation}

**Filtrage-ecg** {fc-WAV, fs, fc, intervalle-data, duree-affichage, max-aixis-Y, min-ainixY, val-max-QRS}

**ECG** {id\_ecg, etat-ecg, date-creation, temps-debut, temps-reste}

**Segment** {id-seg, id\_ecg\*, duree, data, nbr-ligne, intervalle, date-creation}

**Test** {id-test, resultat, date-creation}

**Data-test** {id-dt, id-test\*, data-dt, nbr-dt, date-creation}



### III.8. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la description et la spécification UML du système développé. Après avoir effectué une étude préliminaire, à l'aide des diagrammes de séquence selon le langage UML, nous avons procédé à la conception de notre diagramme de classe.

Dans le chapitre suivant nous aborderons les étapes développement et implémentation de notre solution.

**Chapitre IV :**  
**Réalisation et validation du**  
**systeme**

## Chapitre IV : Réalisation et validation du système

### IV.1. Introduction

Nous consacrons ce chapitre au passage de la théorie à la pratique. Dans les sections qui vont suivre nous présentons l'implémentation du système.

Dans un premier temps nous abordons nos choix technologiques qui nous ont permis d'élaborer notre système. Ensuite, nous exposons le système d'une vue globale ainsi que les moyens de communication utilisés. En fin, nous précisons la réalisation notamment leur validation et nous présentons les résultats finaux.

### IV.2. Environnement de développement

Pour la réalisation de notre solution, orientée web, nous avons besoin d'un langage qui permet de générer les pages à la demande (dynamique), qui dispose d'une bibliothèque riche et contient des fonctionnalités réseaux. Il doit aussi offrir des caractéristiques similaires aux logiciels traditionnels installés sur un ordinateur. Le langage de programmation PHP nous a paru le plus adapté à notre contexte.

Pour la gestion des données nous avons utilisé le SGBD MySQL qui regroupe toutes les fonctions demandées.

Pour la partie web, nous avons besoin d'un langage conçu pour représenter les pages web, et qui permet également de structurer sémantiquement et de mettre en forme le contenu des pages, les images, les formulaires ... etc. Nous avons utilisé, à cet effet, les langages HTML5, CSS3, JavaScript, Ajax et jQuery.

Dans la section suivante, nous allons présenter succinctement les langages utilisés ainsi que l'implémentation des interfaces et fonctionnalités de notre solution.

#### IV.2.1. PHP

PHP (Personal Home Page) est un langage interprété (un langage de script) exécuté du côté serveur (comme les scripts CGI, ASP, ...) et non du côté client (un script écrit en JavaScript ou une applet Java s'exécute sur votre ordinateur). Il est donc indépendant du navigateur utilisé. Il permet d'ajouter des commandes dans une page HTML pour accéder à une base de données. PHP connaît aujourd'hui un succès croissant en raison de sa facilité d'utilisation. Par le biais d'un ensemble de fichiers installés sur votre compte Web, le PHP permet un interfaçage simple avec de nombreux Systèmes de Gestion ou de Bases de Données (SGBD). Les systèmes les

plus connus actuellement sont SPIP, MySQL, PHP Nuke ou Xoops. Grâce à ces systèmes, on peut bénéficier d'un certain nombre d'automatismes : permettre l'accès aux données de façon simple, autoriser un accès aux informations à de multiples utilisateurs et manipuler les données présentes dans la base de données (insertion, suppression, modification), [23].

### **IV.2.2. MySqli**

L'extension mysqli vous permet d'accéder aux fonctionnalités fournies par MySQL 4.1 et supérieur.

MySQL est un système de gestion de base de données (SGBD). Selon le type d'application.

Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle, Informix et Microsoft SQL Server. MySQL est un serveur de bases de données relationnelles SQL fonctionnel sur de nombreux systèmes d'exploitation différents, développé dans un souci de performances élevées en lecture, ce qui signifie qu'il est davantage orienté vers le service de données déjà en place que vers celui de mises à jour fréquentes et fortement sécurisées. Il est multithread et multiutilisateurs, [23].

### **IV.2.3. HTML5**

Le HTML (HyperText Markup Language) est un langage de description de document qui se présente sous la forme d'un langage à balises. Il permet la lecture de documents sur Internet à partir de machines différentes grâce au protocole HTTP, gérant l'accès via le réseau à des pages web désignées par une adresse unique, appelée URL (Uniform Resource Locator).

HTML5 est la prochaine révision majeure d'HTML (format de données conçu pour représenter les pages web). Cette version est en développement en 2012. HTML5 spécifie deux syntaxes d'un modèle abstrait défini en termes de DOM (Document Object Model) : HTML5 et XHTML5, [23].

### **IV.2.4. CSS3**

HTML a été conçu par Tim Berners-Lee pour STRUCTURER LE CONTENU d'une page web à l'aide de balises. Aujourd'hui, CSS (Cascading StyleSheets ou Feuilles de style en cascade) est utilisé pour décrire la présentation d'un document HTML ou XHTML, son descendant naturel. CSS a vu le jour avec le HTML 4 pour pallier aux limites graphiques des balises HTML. Toutes les informations destinées aux comportements graphiques des contenus peuvent

désormais être définies par des instructions spécifiques, permettant le contrôle de la cohésion et de l'aspect des pages, [23].

### IV.2.5. JavaScript

Le JavaScript est un langage informatique utilisé sur les pages web. Ce langage a la particularité de s'activer sur le poste client, en d'autres mots c'est votre ordinateur qui va recevoir le code et qui devra l'exécuter. C'est en opposition à d'autres langages qui sont activés côté serveur. L'exécution du code est effectuée par votre navigateur internet.

La particularité du JavaScript consiste à créer des petits scripts sur une page HTML dans le but d'ajouter une petite animation ou un effet particulier sur la page. Cela permet en général d'améliorer l'ergonomie ou l'interface utilisateur, mais certains scripts sont peu utiles et servent surtout à ajouter un effet esthétique à la page. L'intérêt du JavaScript est d'exécuter un code sans avoir à recharger une nouvelle fois la page, [23].

### IV.2.6. Ajax

L'architecture informatique Ajax (acronyme de asynchronous JavaScript and XML) permet de construire des applications Web et des sites web dynamiques interactifs sur le poste client en se servant de différentes technologies ajoutées aux navigateurs web entre 1995 et 2005. Ajax combine JavaScript, les CSS, JSON, XML, le DOM et le XMLHttpRequest afin d'améliorer la maniabilité et le confort d'utilisation des applications internet riches (abr. RIA), [24] :

- DOM et JavaScript permettent de modifier l'information présentée dans le navigateur en respectant sa structure ;
- l'objet XMLHttpRequest sert au dialogue asynchrone avec le serveur Web ;
- XML structure les informations transmises entre serveur Web et navigateur.

Outre le XML, les échanges de données entre client et serveur peuvent utiliser d'autres formats, tels que JSON.

Les applications Ajax fonctionnent sur tous les navigateurs Web courants : Google Chrome, Safari, Mozilla Firefox, Internet Explorer, Konqueror, Opera, etc.

Cette technique fonctionne très bien dans la plupart des cas, mais parfois seule une partie de la page nécessite d'être mise à jour. C'est là qu'intervient AJAX :

1. Dans un premier temps, envoi d'une requête au serveur afin d'obtenir les données qui seront affichées dans une partie bien précise de la page actuelle.

2. Calcul des données demandées par le serveur et envoi de ces données au navigateur au format XML.
3. Réception des données envoyées par le programme (on dit aussi moteur) AJAX qui les a demandées et affichage dans un endroit bien précis de la page actuelle sans toucher au reste de la page.

La figure suivante résume ces deux modes de fonctionnement :

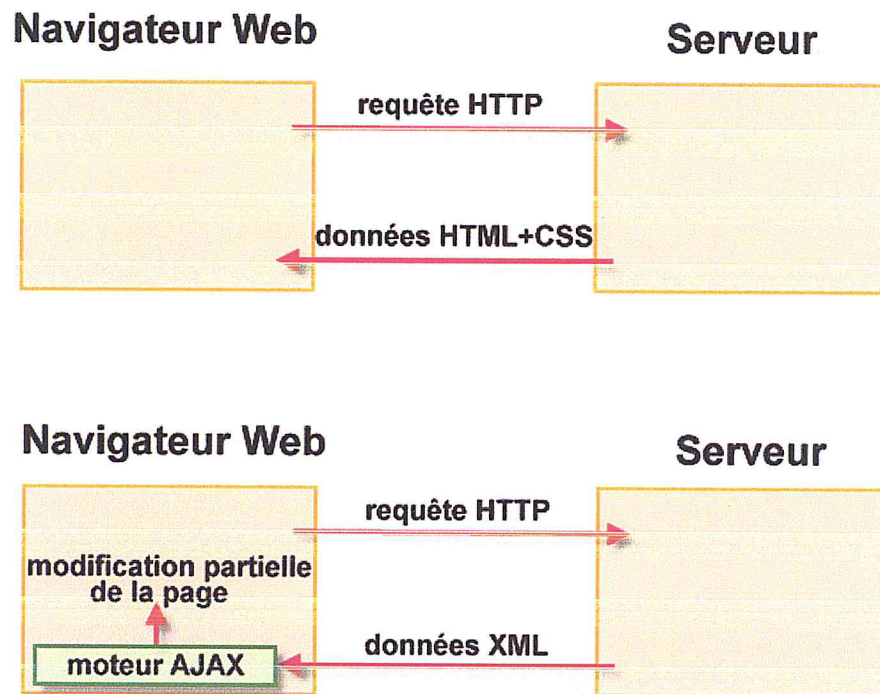


Figure IV.1 : Les deux modes de fonctionnement d'un site Web : client-serveur et AJAX.

### IV.2.7. jQuery

Est un framework JavaScript sous licence libre qui permet de faciliter des fonctionnalités communes de JavaScript. L'utilisation de cette bibliothèque permet de gagner du temps de développement lors de l'interaction sur le code HTML d'une page web, l'AJAX ou la gestion des événements.

Les logiciels qui nous ont été utilisés dans notre projet sont :

### IV.2.8. HxD

HxD est un éditeur hexadécimal, un éditeur de disque et un éditeur de mémoire développé par Maël Hörz pour Windows. Il peut ouvrir des fichiers de plus de 4 GiB et ouvrir et modifier le contenu brut des lecteurs de disque, ainsi que d'afficher et de modifier la mémoire utilisée par

les processus en cours d'exécution. Entre autres fonctionnalités, il peut calculer diverses sommes de contrôle, comparer des fichiers ou des fichiers déchiquetés.

HxD est distribué sous forme de freeware et est disponible dans plusieurs langues dont la version anglaise est la première dans la catégorie des utilitaires de codage sur Download.com. Le magazine c't a présenté HxD dans plusieurs numéros et des promotions en ligne, [25].

#### IV.2.9. GoldWave

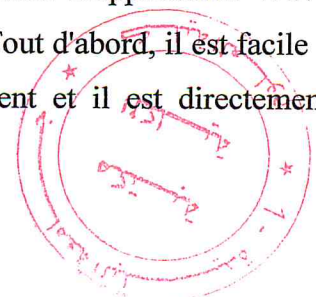
GoldWave est un logiciel de montage numérique audio, un éditeur audio populaire et commercial pour la manipulation des sons numériques, audio multipistes/vidéo et logiciel de mixage (Multiquence&VideoMeld), pour des systèmes informatiques personnels.

"GoldWaveInc" est nommée en 2001 après l'édition de "GoldWave Digital Audio" qui a été commercialisée en avril 1993. Le logiciel a continué de s'améliorer au cours des 20 dernières années et est considéré actuellement comme l'un des meilleurs de sa catégorie. "GoldWave" est un logiciel réalisé à l'origine par Chris Craig (Canada) à partir d'une idée de Freeware (ScopeTrax 1992). "GoldWave Audio Digital" devient, à partir de 2001, "GoldWaveInc". "GoldWave" permet de créer, d'éditer, de traiter, de modifier, de scinder, d'assembler, de convertir des sons numériques. Chris CRAIG a donné son autorisation de publier en langue française et à partir de son logiciel, un tutoriel à l'usage des francophones " GoldWave 2013", [26].

#### IV.2.10. Wave Editor

Le logiciel **Wave Editor** est principalement destiné à l'édition audio. Il dispose de tous les outils nécessaires pour permettre aux utilisateurs de modifier tout ou une partie de la chanson. Il peut apporter une touche personnelle au son en utilisant les divers effets qui y sont intégrés. De plus, le logiciel est équipé d'un moteur puissant mais simple d'utilisation. Le rendu des mix est assez réaliste.

L'avantage de ce logiciel réside dans son interface conviviale et intuitive, ce qui facilite sa manipulation. Ceci dit, il convient à toutes les catégories d'utilisateurs. Même les amateurs en matière d'édition audio peuvent facilement comprendre son fonctionnement. Par ailleurs, certaines actions se font tout simplement par un simple copier-coller. L'application **Wave Editor** ne nécessite aucun codec supplémentaire pour fonctionner. Tout d'abord, il est facile à télécharger. Une fois téléchargé, son installation se fait rapidement et il est directement opérationnel, [27].



#### IV.2.11. Adobe Flash :

Adobe Flash, ou Flash, anciennement Macromedia Flash, est un logiciel obsolète<sup>1</sup> permettant la manipulation de graphiques vectoriels, d'images matricielles et de scripts ActionScript en vue de créer des contenus multimédia (animations, vidéos, jeux, applications...) destinés à être publiés sur Internet. Flash Player, développé et distribué par Macromedia et racheté en 2005 par Adobe Systems, est quant à elle, une application client fonctionnant sur la plupart des navigateurs web. Ce logiciel permet la diffusion de flux (Stream) bidirectionnels audio et vidéo. En résumé, Adobe Flash est un environnement de développement intégré (IDE), une machine virtuelle utilisée par un lecteur Flash ou serveur Flash pour lire les fichiers Flash. Mais le terme « Flash » peut se référer à un lecteur, un environnement ou à un fichier d'application.

Les serveurs qui nous ont été utilisés dans notre projet sont :

#### IV.2.12. RED5

Red5 est un logiciel serveur Flash gratuit et libre qui reprend les fonctionnalités de Flash Media Server de Adobe, [28].

-Il permet de faire du streaming audio ou vidéo.

-Utilisé un protocole de streaming RTMP.

#### IV.2.13. FFMPEG

Est une collection de logiciels libres destinés au traitement de flux audio ou vidéo (enregistrement, lecture ou conversion d'un format à un autre), [29].

#### IV.2.14. WampServer

Est une plateforme de développement Web de type WAMP, permettant de faire fonctionner localement (sans se connecter à un serveur externe) des scripts PHP. WampServer n'est pas en soi un logiciel, mais un environnement comprenant deux serveurs (Apache et MySQL), un interpréteur de script (PHP), ainsi que phpMyAdmin pour l'administration Web des bases MySQL.

Il dispose d'une interface d'administration permettant de gérer et d'administrer ses serveurs au travers d'un trayicon (icône près de l'horloge de Windows).

La grande nouveauté de WampServer 2 réside dans la possibilité d'y installer et d'utiliser n'importe quelle version de PHP, Apache ou MySQL en un clic. Ainsi, chaque développeur peut reproduire fidèlement son serveur de production sur sa machine locale.



Le 20 février 2011 est sortie la version 2.2d. Cette version intègre Apache 2.2.21, MySQL 5.5.20, PHP 5.3.10, XDebug 2.1.2, XDC 1.5, PhpMyadmin 3.4.10.1, SQLBuddy 1.3.3, webGrind 1.0.

À ce jour, hormis les add-ons Apache, MySQL et PHP permettant de changer les versions de ces outils, aucun autre add-on n'est disponible (Perl, Webalizer, ZENDOptimizer ou autre), [30].

### IV.3. Les outils de développement

- Notepad++ v6.5.2 (éditeur de codes).
- Visual Paradigm for UML 10.1.
- WampServer 2.5.
- Serveur de streaming RED5
- Serveur de conversion FFMPEG
- MySQL 5.6.17. comme un SGBD relationnel de la base de données.
- phpMyAdmin 4.1.14 pour la manipulation simple de la base de données.

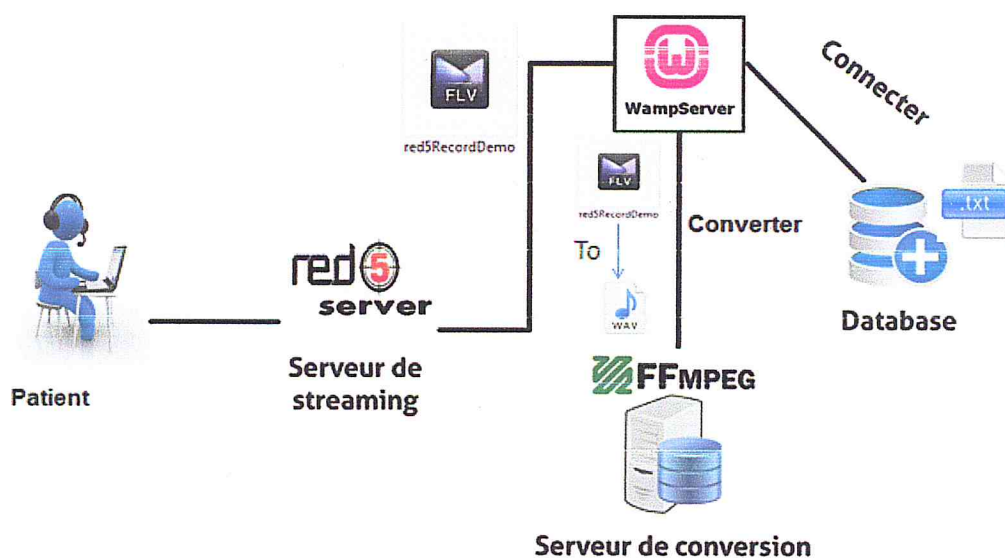


Figure IV.2 : Schéma représente le travail des différents serveurs.

**Description :**

Le serveur de streaming **red5** crée un fichier **FLV** qui contient les enregistrements d'un signal ECG.

Le fichier **FLV** vient après le click d'un patient sur record, après ce fichier **FLV** copie dans un serveur **Wamp** dans un répertoire qui nommé (**repPatient**) pour se convertir à **WAV**, on va converti à **WAV** pour extraire les données et modifier automatiquement la fréquence d'échantillonnage, la fréquence d'échantillonnage était très haut était **16000KHZ** après de conversion étant à peu près **1000KHZ** (la conversion en utilisant un serveur **FFMPEG**).

Les données qui ont dans **WAV** sont on hexadécimale, nous conversons à décimale pour lire après le mettre dans un fichier **.TXT** pour le mettre dans une **BDD** et nous les appelons à chaque fois que nous voulons lire.

Dans notre cas, nous travaillons avec le capteur ECG comme l'illustre dans la Figure IV.3.

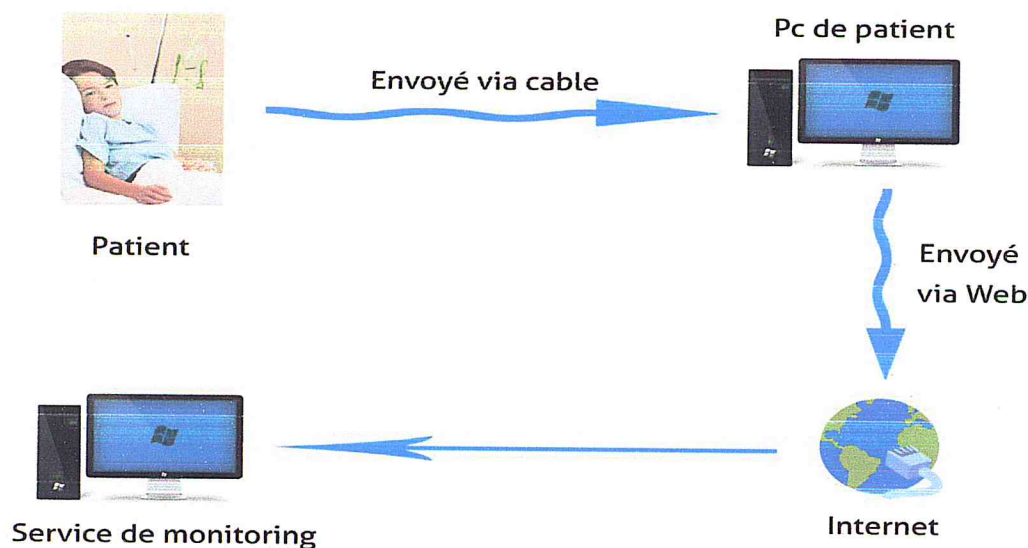


Figure IV.3 : Plateforme d'une application qui réalisé avec le capteur ECG.

**Remarque :**

Nous avons changé le capteur **Shimmer** par le circuit électrique du capteur ECG comme l'illustre dans la Figure IV.7, car on a eu divers problème de liaison entre le PC et l'appareil **Shimmer** puisque, on a échoué à créer une passerelle de liaison entre ces deux-là par **Bluetooth** car le signal se faiblira à chaque fois et parfois une erreur de jumelage complète, puis encore nous autant que spécialistes dans le domaine, on a eu des difficultés pour programmer cette appareil, comment un simple patient pourra utiliser ? Dans ce cas-ci ont été obligé toute l'équipe technique de **CDTA** les spécialiser en capture de signal de ne pas risquer dans cette

programmation et de trouver un autre moyen qu'on l'a nommé le circuit électrique du capteur ECG qu'on parler de lui ci-dessus.

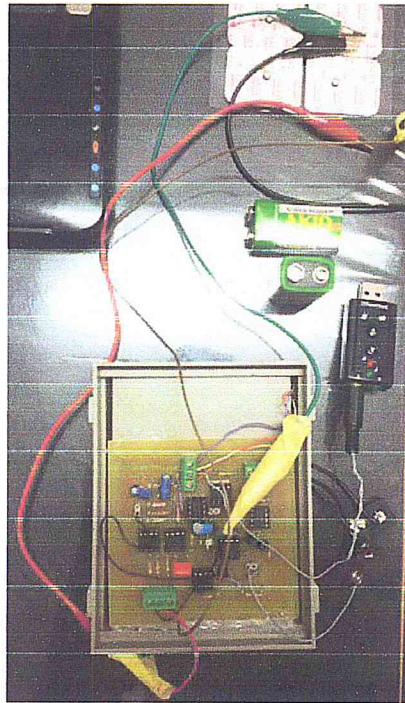


Figure IV.4 : Un appareil du capteur ECG réalisé par CDTA.

#### **Description :**

Le capteur ECG permet de mesurer le potentiel électrique généré par la contraction du cœur. Grâce à ce capteur, les patients pourront étudier les signaux électriques délivrés par leur propre cœur.

Muni de 3 pinces et d'un boîtier, le patient pourra faire ses mesures grâce aux patchs (argent/chlorure d'argent) se collant sur la peau directement.

Les circuits du capteur isolent l'utilisateur contre tout choc électrique.

#### **Utilisation :**

Il est idéal pour :

- Le suivi de l'activité cardiaque en fonction de l'état (repos, exercice)
- La réalisation d'un électrocardiogramme
- Les tests d'effort
- Monitoring

**Caractéristiques :**

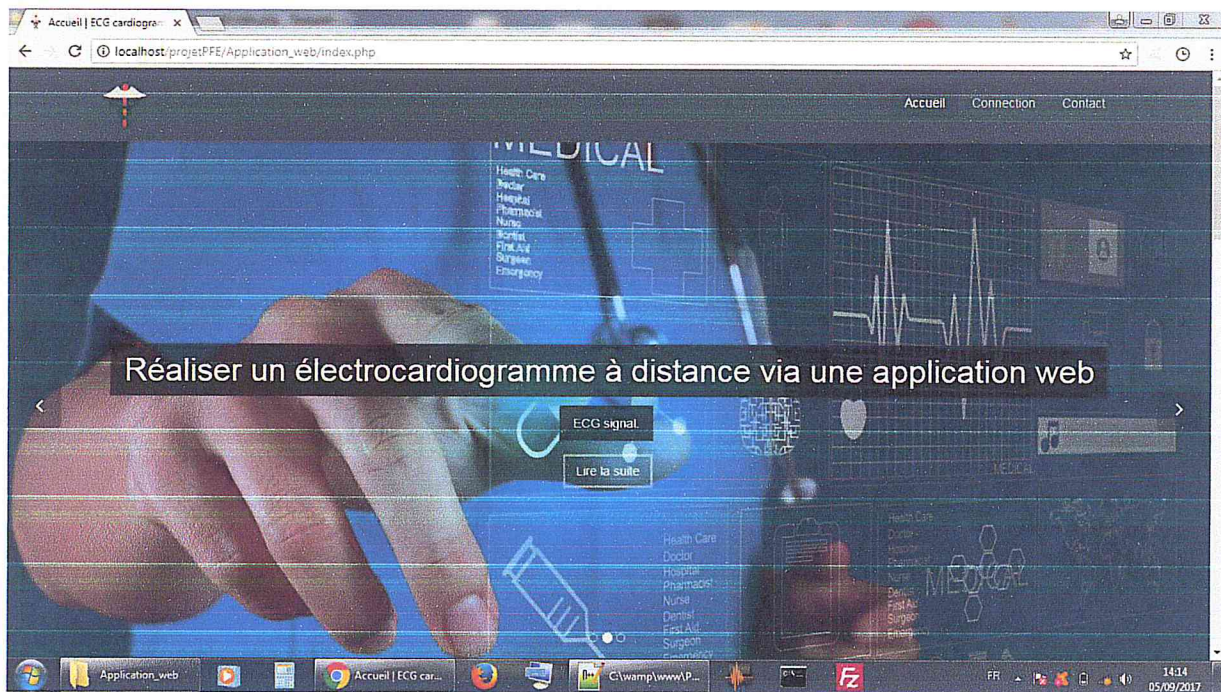
Gamme : 0 à 5V

Résolution (12 bits) : 1,23 mV

Taux d'échantillonnage recommandé : 100 éch/sec

Protection contre les surtensions : 4 kV

Gain isoélectrique : 1 mV de potentiel du corps = 1V en sortie du capteur

**IV.4. Implémentation des interfaces et fonctionnalités**

*Figure IV.5 : Interface principale du site web.*

Cette page est la page principale du site web.

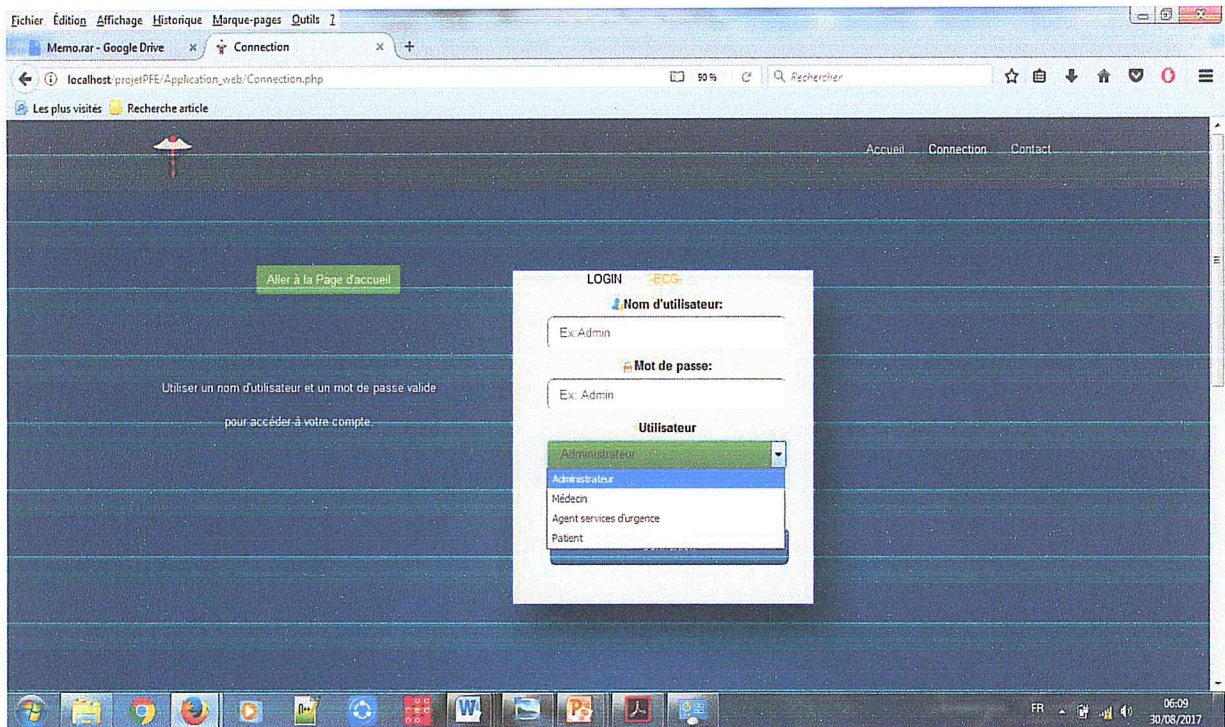


Figure IV.6 : Interface d'authentification requise.

Dans cette page, l'utilisateur saisit son nom, son mot de passe et choisit le type d'utilisateur.

**Remarque :** Les utilisateurs sont administrateur (centre de surveillance), médecin, patient et agent SU.

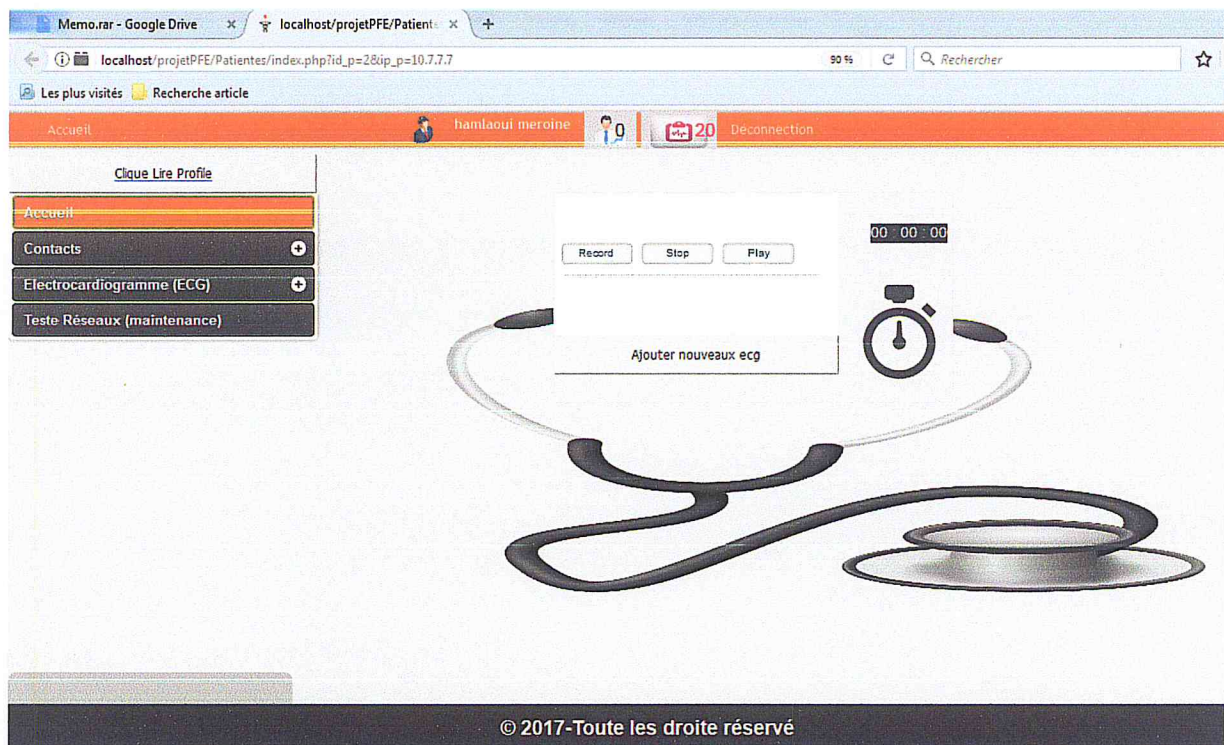


Figure IV.7 : Interface d'accueil patient.

Dans cette page, il y'a un objet flash (créé avec le langage FLASH). Nous utilisons le protocole RTMP pour accéder au serveur red5 pour faire le streaming audio.

Cet objet contient trois boutons : record qui déclenche l'enregistrement (présenté dans le chapitre III dans le diagramme de séquence), le bouton stop qui bloque l'enregistrement et bouton Play avec conteur de temps.

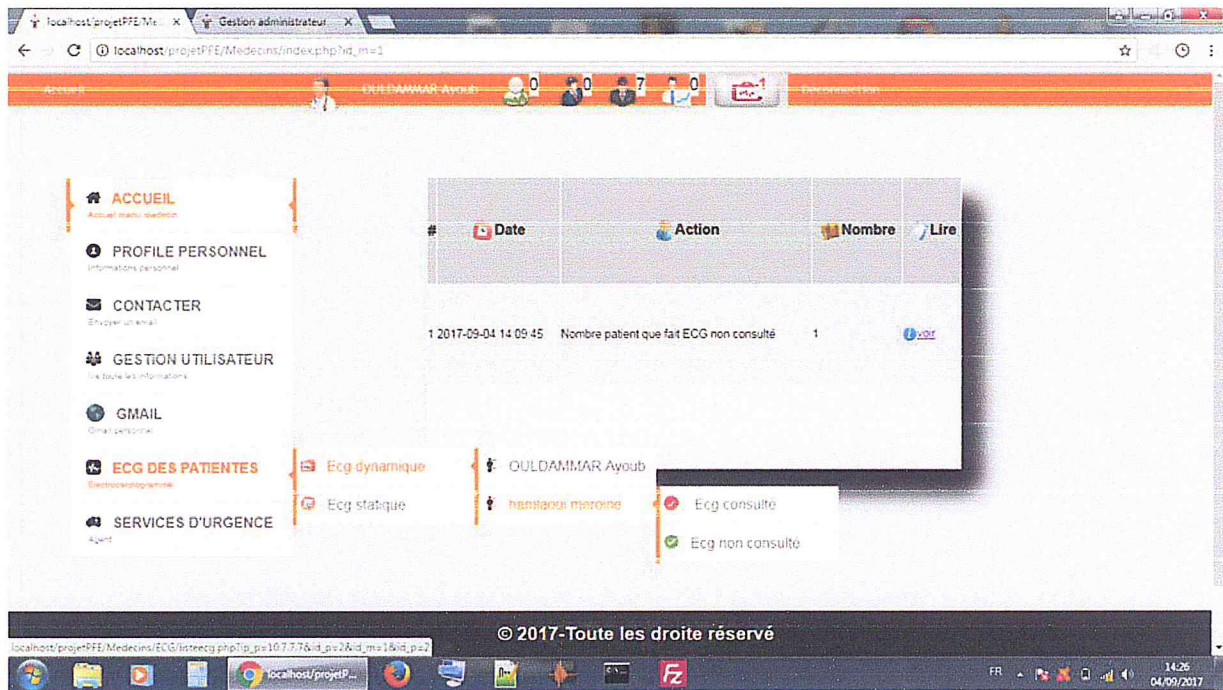


Figure IV.8 : Interface d'accueil Médecin.

L'utilisateur peut contacter les patients, administrateur, les agents SU ou bien autre médecin. Il peut consulter les signales ECG des patients en mode statique, ou bien en mode dynamique.

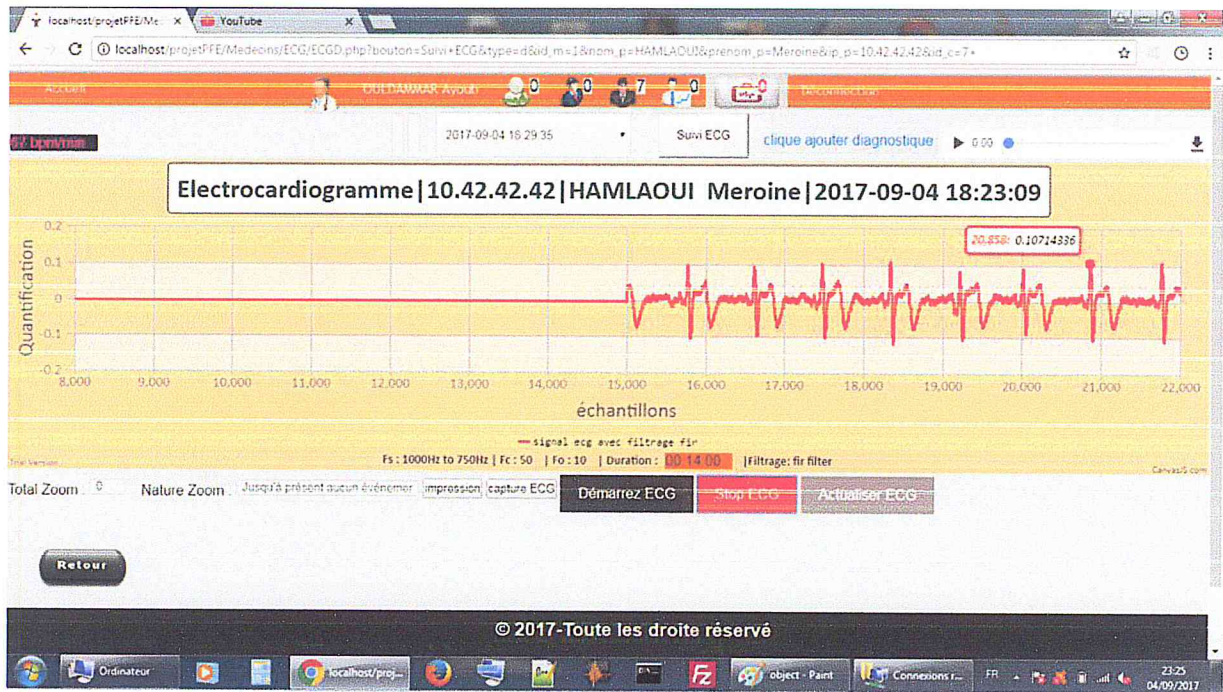


Figure IV.9 : Interface de consultation d'un signal ECG dans le cas dynamique par le médecin.

Cette page contient l'adresse de l'appareil d'un patient avec son nom et le temps de l'enregistrement du signal ECG ainsi que les boutons : démarrage d'un signal ECG, stop ECG et actualisation ECG avec des boutons secondaire : impression capture ECS et zoomer ECG. Nous utilisons Ajax et JQuery avec la librairie canvas.js pour l'affichage dynamique.

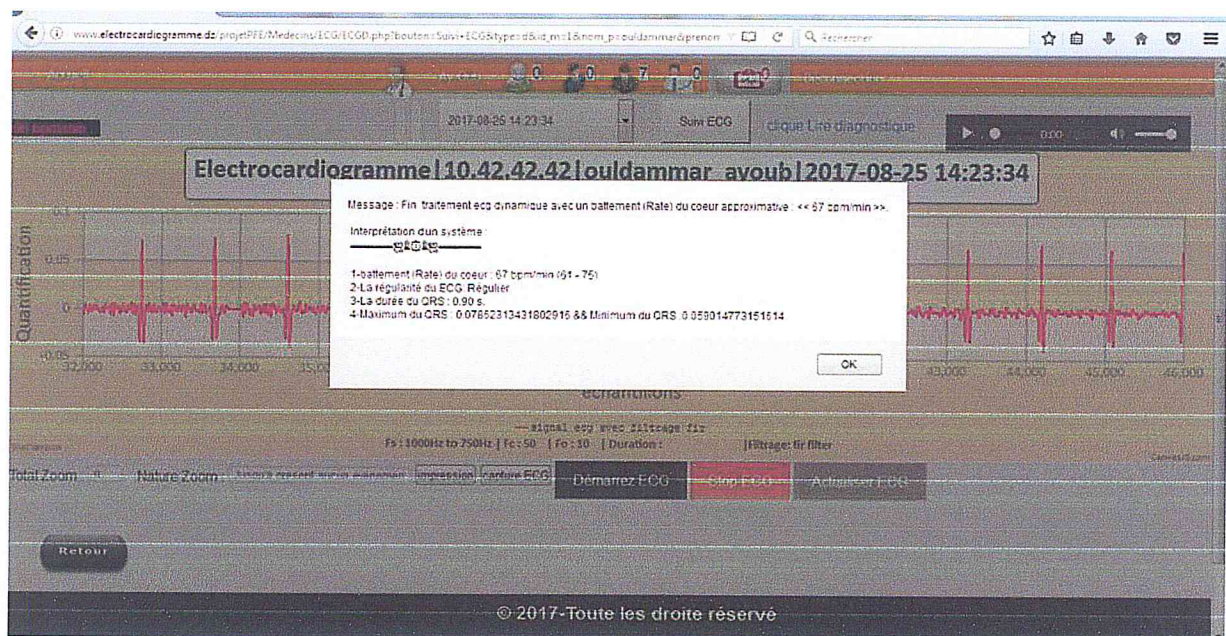


Figure IV.10 : Interface de consultation d'un signal ECG cas dynamique par le médecin (fin de traitement).

A la fin d'un traitement le système affiche un message qui contient :

- 1- Intervalle de battement (battement (rate) du cœur bpt/min).
- 2- La régularité de l'ECG, selon trois cas : (ECG régulier, ECG non régulier, ECG moitié régulier et autre moitié non régulier).
- 3- La durée du QRS par seconds.
- 4- Le max et le min du QRS.

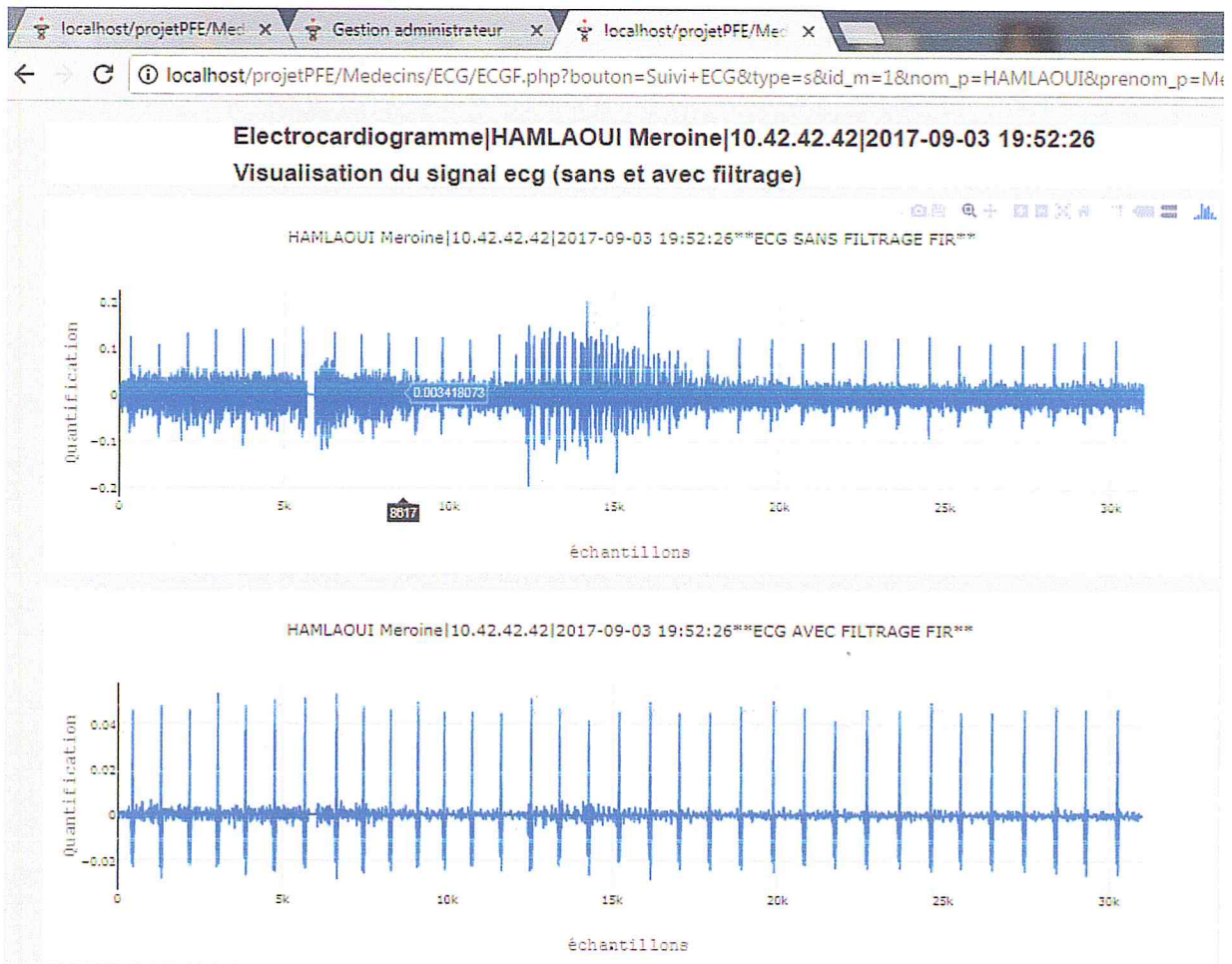


Figure IV.11 : Interface de consultation d'un signal ECG cas statique par le médecin.

Il existe deux schémas de l'ECG non filtré (au-dessus) et ECG filtré (au-dessous)

Nous travaillons sur librairie FILTER FIR pour filtrer ECG.

#### Filtrage d'un signal d'ECG :

- Dans le traitement numérique du signal, le filtre à une réponse impulsionnelle finie ou filtre RIF (en anglais Finite Impulse Response filter ou FIR filter) est un filtre numérique qui est caractérisé par une réponse uniquement basée sur les valeurs du signal d'entrée.



- Technique de suppression du « bruit » autour du « signal » produit par un électrocardiographe, elle est nécessaire pour consulter le signal ECG. Il existe plusieurs méthodes de filtre du signal :

1-filtrage fir

2-filtrage iiR

3-filtrage Butterworth

### **IV.5. Conclusion**

Nous avons présentés dans ce chapitre les outils utilisés ainsi les interfaces et les principales fonctionnalités implémentées dans notre système de monitoring de l'ECG via une application web.

Comme on peut le constater, notre solution qui se base sur les technologies web offre plusieurs avantages dans la prise en charge des malades cardiaques. Le suivi en temps réel par le traitement du signal ECG permet de s'enquérir de l'état de santé du patient sans déplacement et avec une transmission instantanée de ces informations aux services de secours en cas de graves incidents. Notre solution offre à cet effet des avantages considérables que ce soit pour le médecin en lui permettant de suivre ces patients à distance que ce soit pour le malade en considérant son environnement de vie ou son incapacité pour les déplacements et surtout les secouristes en leur permettant d'intervenir rapidement avec une disponibilité des informations de l'état de santé du malade.

## **Conclusion générale**

### Conclusion générale

L'objectif principal visé par ce projet de fin d'étude et de concevoir et mettre en œuvre une solution informatique de monitoring de l'ECG via une application web, avec une automatisation du processus de diagnostic cardiovasculaire en permettant une réduction du temps de traitement et d'intervention.

Pour ce faire, nous avons procédé dans un premier temps à la compréhension du domaine dans lequel nous allons intervenir à savoir la télémédecine, les notions relatives à l'analyse et le traitement du signal ECG. La seconde étape, qui est la plus importante, consistait à bien spécifier la problématique en recensant les besoins des différents utilisateurs à savoir : le médecin, le patient, l'administrateur du système et le SU. A l'issue de cette étape, nous avons procédé à la conception de notre système, son développement et son implémentation à travers une démarche itérative et incrémentale en réalisant plusieurs tests effectués au niveau du CDTA et qui ont touché l'ensemble des fonctionnalités de notre solution.

La solution que nous avons développée et qui nécessite encore des améliorations et des adaptations notamment en matière d'échange d'information entre les différents acteurs concernés par le suivi des malades cardiovasculaire, apportera des avantages considérables et aura des retombées significatives pour la prise en charge de ce type de patient et plus particulièrement ceux vivants dans des endroits isolés et ceux qui ont des difficultés de déplacement.

La réalisation de ce projet nous a été très bénéfique sur les plans académique et professionnel. Il nous a permis d'appliquer les connaissances acquises durant nos études, mais surtout de travail dans un environnement de recherche et de développement des solutions de haut niveau technologique et de bénéficier, par la même, de l'expérience dont dispose les chercheurs travaillant au niveau du CDTA.

# **Bibliographie**

**Bibliographie**

- [1] S. H, Détection de l'activité cardio-pulmonaire à distance et via l'internet, Université Libanaise, 2010. [Article]
- [2] K. S et B. Y, TELEIMAGERIE MEDICALE MOBILE, Algérie: Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2012. [Article]
- [3] B. B et B. S, la télésurveillance cardiaque, Algérie: Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2003. [Article]
- [4] Z. I et M. L. S, la télé-expertise mobile entre les acteurs médicaux, Algérie: Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2013. [Article]
- [5] M. R, CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT D'APPLICATIONS ET SERVICES DÉDIÉS À LA SANTÉ SUR DES TERMINAUX MOBILES, Algérie: Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2011. [Article]
- [6] B. K, «Télésurveillance : transmission sans fil, par voix GSM, et traitement du signal électrocardiographie (ECG),» Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie. [Article]
- [7] «Conférence de Presse,» Une première mondiale en télé-chirurgie :le geste chirurgical a traversé l'Atlantique !, Septembre 2001. [En ligne]. Available: [http://www.ircad.fr/event/lindbergh/lindbergh\\_presse\\_fr.pdf](http://www.ircad.fr/event/lindbergh/lindbergh_presse_fr.pdf). [Article du ouvrage]
- [8] D. F, «Fusion de données multi capteurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile,» Université Joseph Fourier, Grenoble, France, 2004. [Article du ouvrage]
- [9] «Comprendre Mutuelle Santé,» La télé expertise, 2011. [En ligne]. Available: <http://www.comprendre-mutuelle-sante.fr/3214-teleexpertise/>. [Ouvrage ]
- [10] [En ligne]. Available: <http://www.radiancehumanis.com/conseils-sante/infos-sante/telesurveillance-medicale-pour-personnes-agees-ou-malades>. [Article]
- [11] Humanis, «Humanis,» 20 Mai 2016. [En ligne]. Available: <https://humanis.com/particulier/mutuelle-sante/telesurveillance-medicale-pour-personnes-agees-ou-malades/>. [Ouvrage du site web]

- [12] «Comment Ca Marche,» WiFi - Portée et débit, [En ligne]. Available: <http://www.commentcamarche.net/contents/1280-wifi-portee-et-debit#wifi-definition>. [Article du site web]
- [13] B. O, Bluetooth, université de Marne la Vallée. [Article]
- [14] R. A, «Évaluation de la Qualité de Service par l'utilisateur final dans les systèmes mobiles,» Université de Mame-La-Vallée, France, 2004. [Article]
- [15] T. M, «ANALYSE ET TRAITEMENT DU SIGNAL ÉLECTROCARDIOGRAPHIQUE (ECG),» UNIVERSITÉ MENTOURI, Constantine, Algérie, 2011. [Article du mémoire]
- [16] [En ligne]. Available: <http://sante-medecine.commentcamarche.net/faq/12384-electrocardiogramme-definition>. [Article]
- [17] B. A, «Classification des signaux ECG avec un système-multi-agent neuronale,» Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2012. [Article du mémoire]
- [18] Y. S. D, «L"ÉLECTROCARDIOGRAMME». [Article]
- [19] [En ligne]. Available: <http://www.santemagazine.fr/maladie-arythmie-cardiaque-51.html>. [Site web]
- [20] [En ligne]. Available: <http://sante-medecine.commentcamarche.net/faq/5539-arythmie-cardiaque-symptomes>. [Site web]
- [21] [En ligne]. Available: <http://www.undefipourlavie.com/categorie-produit/accessoires-dae/electrodes-defibrillateurs/>. [Site web]
- [22] [En ligne]. Available: <http://www.developpez.net/forums/d982365/generaldeveloppement/alm/modelisation/uml/diagrammes-classes/passage-modele-relationnel-modeleobjet/>. [Article du site web]
- [23] [En ligne]. Available: [www.OpenClassrooms.com](http://www.OpenClassrooms.com). [Site web]
- [24] [En ligne]. Available: <https://www.alsacreations.com/article/lire/1161-json-ajax-jquery-jsonp-getjson.html>. [Article]
- [25] [En ligne]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/HxD>. [Article du site web]
- [26] [En ligne]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/GoldWave>. [Article du site web]
- [27] [En ligne]. Available: <http://www.commentcamarche.net/download/telecharger-34067455-wave-editor>. [Site web]
- [28] [En ligne]. Available: <http://red5.org/>. [Site web]
- [29] [En ligne]. Available: <https://www.ffmpeg.org/>. [Site web]

- [30] [En ligne]. Available: <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/wampserver/fr-fr/>. [Site web]

---

# Annexe A



## 1. Introduction :

La description de la programmation par objets a fait ressortir l'étendue du travail conceptuel nécessaire : définition des classes, de leurs relations, des attributs et méthodes, des interfaces, etc.

Pour programmer une application, il ne convient pas de se lancer tête baissée dans l'écriture du code : il faut d'abord organiser ses idées, les documenter, puis organiser la réalisation en définissant les modules et étapes de la réalisation. C'est cette démarche antérieure à l'écriture que l'on appelle modélisation ; son produit est un modèle.

Les spécifications fournies par la maîtrise d'ouvrage en programmation impérative étaient souvent floues : les articulations conceptuelles (structures de données, algorithmes de traitement) s'exprimant dans le vocabulaire de l'informatique, le modèle devait souvent être élaboré par celle-ci. L'approche objet permet en principe à la maîtrise d'ouvrage de s'exprimer de façon précise selon un vocabulaire qui, tout en transcrivant les besoins du métier, pourra être immédiatement compris par les informaticiens. En principe seulement, car la modélisation demande aux maîtrises d'ouvrage une compétence et un professionnalisme qui ne sont pas aujourd'hui répandus.



## 2. Historique des modélisations par objets :

Les méthodes utilisées dans les années 1980 pour organiser la programmation impérative (notamment Merise) étaient fondées sur la modélisation séparée des données et des traitements. Lorsque la programmation par objets prend de l'importance au début des années 1990, la nécessité d'une méthode qui lui soit adaptée devient évidente. Plus de cinquante méthodes apparaissent entre 1990 et 1995 (Booch, Classe-Relation, Fusion, HOOD, OMT, OOA, OOD, OOM, OOSE, etc.), mais aucune ne parvient à s'imposer. En 1994, le consensus se fait autour de trois méthodes :

- OMT de James Rumbaugh (*General Electric*) fournit une représentation graphique des aspects statique, dynamique et fonctionnel d'un système ;
- OOD de GradyBooch, définie pour le *Department of Defense*, introduit le concept de paquetage (*package*) ;
- OOSE d'Ivar Jacobson (Ericsson) fonde l'analyse sur la description des besoins des utilisateurs (cas d'utilisation, ou *use cases*).

Chaque méthode avait ses avantages et ses partisans. Le nombre de méthodes en compétition s'était réduit, mais le risque d'un éclatement subsistait : la profession pouvait se diviser entre ces trois méthodes, créant autant de continents intellectuels qui auraient du mal à communiquer. Événement considérable et presque miraculeux, les trois gourous qui régnaient chacun sur l'une des trois méthodes se mirent d'accord pour définir une méthode commune qui fédérerait leurs apports respectifs (on les surnomme depuis « the Amigos »). UML (*Unified Modeling Language*) est né de cet effort de convergence. L'adjectif *unified* est là pour marquer qu'UML unifie, et donc remplace.

En fait, et comme son nom l'indique, UML n'a pas l'ambition d'être exactement une méthode : c'est un langage.

L'unification a progressé par étapes. En 1995, Booch et Rumbaugh (et quelques autres) se sont mis d'accord pour construire une méthode unifiée, *Unified Method 0.8* ; en 1996, Jacobson les a rejoints pour produire UML 0.9 (notez le remplacement du mot *méthode* par le mot *langage*, plus modeste). Les acteurs les plus importants dans le monde du logiciel s'associent alors à l'effort (IBM, Microsoft, Oracle, DEC, HP, Rational, Unisys, etc.) et UML 1.0 est soumis à l'OMG. L'OMG adopte en novembre 1997 UML 1.1 comme langage de modélisation des systèmes d'information à objets. La version d'UML en cours en 2008 est UML 2.1.1 et les travaux d'amélioration se poursuivent.

UML est donc non seulement un outil intéressant, mais une norme qui s'impose en technologie à objets et à laquelle se sont rangés tous les grands acteurs du domaine, acteurs qui ont d'ailleurs contribué à son élaboration.

### 3. UML en œuvre :

UML n'est pas une méthode (i.e. une description normative des étapes de la modélisation) : ses auteurs ont en effet estimé qu'il n'était pas opportun de définir une méthode en raison de la diversité des cas particuliers. Ils ont préféré se borner à définir un langage graphique qui permet de représenter et de communiquer les divers aspects d'un système d'information. Aux graphiques sont bien sûr associés des textes qui expliquent leur contenu. UML est donc un métalangage, car il fournit les éléments permettant de construire le modèle qui, lui, sera le langage du projet.

Il est impossible de donner une représentation graphique complète d'un logiciel, ou de tout autre système complexe, de même qu'il est impossible de représenter entièrement une statue (à trois dimensions) par des photographies (à deux dimensions). Mais il est possible de donner sur un tel système des vues partielles, analogues chacune à une photographie d'une statue, et dont la conjonction donnera une idée utilisable en pratique sans risque d'erreur grave.

UML 2.0 comporte ainsi treize types de diagrammes représentant autant de vues distinctes pour représenter des concepts particuliers du système d'information. Ils se répartissent en deux grands groupes :

#### **Diagrammes structurels ou diagrammes statiques (UML Structure)**

- diagramme de classes (Class diagram)
- diagramme d'objets (Object diagram)
- diagramme de composants (Component diagram)
- diagramme de déploiement (Deployment diagram)
- diagramme de paquetages (Package diagram)
- diagramme de structures composites (Composite structure diagram)

#### **Diagrammes comportementaux ou diagrammes dynamiques (UML Behavior)**

- diagramme de cas d'utilisation (Use case diagram)
- diagramme d'activités (Activity diagram)
- diagramme d'états-transitions (State machine diagram)
- **Diagrammes d'interaction (Interaction diagram)**
  - diagramme de séquence (Sequence diagram)

- diagramme de communication (Communication diagram)
- diagramme global d'interaction (Interaction overview diagram)
- diagramme de temps (Timing diagram)

Ces diagrammes, d'une utilité variable selon les cas, ne sont pas nécessairement tous produits à l'occasion d'une modélisation. Les plus utiles pour la maîtrise d'ouvrage sont les diagrammes d'activités, de cas d'utilisation, de classes, d'objets, de séquence et d'états-transitions. Les diagrammes de composants, de déploiement et de communication sont surtout utiles pour la maîtrise d'œuvre à qui ils permettent de formaliser les contraintes de la réalisation et la solution technique.

### **3.1. Diagramme de cas d'utilisation :**

Le diagramme de cas d'utilisation représente la structure des grandes fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs du système. C'est le premier diagramme du modèle UML, celui où s'assure la relation entre l'utilisateur et les objets que le système met en œuvre.

### **3.2. Diagramme de classes :**

Le diagramme de classes est généralement considéré comme le plus important dans un développement orienté objet. Il représente l'architecture conceptuelle du système : il décrit les classes que le système utilise, ainsi que leurs liens, que ceux-ci représentent un emboîtement conceptuel (héritage) ou une relation organique (agrégation).

### **3.3. Diagramme d'objets :**

Le diagramme d'objets permet d'éclairer un diagramme de classes en l'illustrant par des exemples. Il est, par exemple, utilisé pour vérifier l'adéquation d'un diagramme de classes à différents cas possibles.

### **3.4. Diagramme d'états-transitions :**

Le diagramme d'états-transitions représente la façon dont évoluent (i.e. cycle de vie) les objets appartenant à une même classe. La modélisation du cycle de vie est essentielle pour représenter et mettre en forme la dynamique du système.

### **3.5. Diagramme d'activités :**

Le diagramme d'activités n'est autre que la transcription dans UML de la représentation du processus telle qu'elle a été élaborée lors du travail qui a préparé la modélisation : il montre l'enchaînement des activités qui concourent au processus.

### **3.6. Diagramme de séquence et de communication :**

Le diagramme de séquence représente la succession chronologique des opérations réalisées par un acteur. Il indique les objets que l'acteur va manipuler et les opérations qui font passer d'un objet à l'autre. On peut représenter les mêmes opérations par un diagramme de communication, graphe dont les nœuds sont des objets et les arcs (numérotés selon la chronologie) les échanges entre objets. En fait, diagramme de séquence et diagramme de communication sont deux vues différentes, mais logiquement équivalentes (on peut construire l'une à partir de l'autre) d'une même chronologie. Ce sont des diagrammes d'interaction.

## **4. Comment présenter un modèle UML ?**

La présentation d'un modèle UML se compose de plusieurs documents écrits en langage courant et d'un document formalisé : elle ne doit pas se limiter au seul document formalisé, car celui-ci est pratiquement incompréhensible si on le présente seul. Un expert en UML sera capable dans certains cas de reconstituer les intentions initiales en lisant le modèle, mais pas toujours ; et les experts en UML sont rares. Voici la liste des documents qui paraissent nécessaires :

#### **Présentation stratégique :**

Elle décrit pourquoi l'entreprise a voulu se doter de l'outil considéré, les buts qu'elle cherche à atteindre, le calendrier de réalisation prévu, etc. ;

#### **Présentation des processus de travail par lesquels la stratégie entend se réaliser :**

Pour permettre au lecteur de voir comment l'application va fonctionner en pratique, elle doit être illustrée par une esquisse des écrans qui seront affichés devant les utilisateurs de terrain ;

#### **Explication des choix qui ont guidé la modélisation formelle :**

Il s'agit de synthétiser, sous les yeux du lecteur, les discussions qui ont présidé à ces choix ;

#### **Modèle formel :**

C'est le document le plus épais et le plus difficile à lire. Il est préférable de le présenter sur l'intranet de l'entreprise. En effet, les diagrammes peuvent être alors équipés de liens hypertextes permettant l'ouverture de diagrammes plus détaillés ou de commentaires.

On doit présenter en premier le diagramme de cas d'utilisation qui montre l'enchaînement des cas d'utilisation au sein du processus, enchaînement immédiatement compréhensible ; puis le diagramme d'activités, qui montre le contenu de chaque cas d'utilisation ; puis le diagramme de séquence, qui montre l'enchaînement chronologique des opérations à l'intérieur de chaque cas d'utilisation. Enfin, le diagramme de classes, qui est le plus précis conceptuellement, mais aussi le plus difficile à lire, car il présente chacune des classes et leurs relations (agrégation, héritage, association, etc.).

---

# Annexe B

## Structure d'un fichier wav

### 1. Introduction :

Le format de fichier Wave est le format Windows de fichier natif pour stocker des données audio numériques. Il est devenu l'un des plus largement soutenu formats de fichiers audio numériques sur le PC grâce à la popularité de Windows et le grand nombre de programmes écrits pour la plateforme. Pratiquement tous les programmes modernes qui peut ouvrir et / ou enregistrer l'audio numérique prend en charge ce format de fichier, ce qui rend à la fois très utile et une exigence virtuel pour les développeurs de logiciels à comprendre. Le format WAV est un fichier suivant la norme RIFF (Ressource Interchange File Format).

Dans ce chapitre, nous allons découvrir la structure du type de fichier .wav-pcm, car c'est celui-ci que nous utiliserons pour notre fichier son et qui sera par la suite crypté par les algorithmes de chiffrement.

### 2. Le format Wav :

Le format PCM : C'est le format de fichier "standard" pour les samples (les enregistrements de sons), car les données sont brutes, c'est-à-dire qu'elles ne sont ni modifiées, ni compressées. Le fichier possède un en-tête de 44 octets (en tout cas en général, voir ci-dessous), permettant de connaître le type du sample : Son format, sa fréquence, le nombre de voies, etc... Cet en-tête (« header » en anglais) peut, dans certaines variantes du format PCM, avoir une taille supérieure à 44 octets. Mais voyons d'abord le format le plus standard :

Un fichier WAVE est composé de 3 blocs distincts : RIFF, fmt et data...

- Le **bloc RIFF** comporte les informations concernant le type d'en-tête, la taille du fichier et le format du fichier.
- Le **bloc fmt** comporte les spécifications audio : le format audio, le nombre de canaux, la fréquence, le byte rate, le nombre de bits par échantillons...
- Le **bloc data** contient la taille du bloc de données et les données.

## 2.1.Format (bloc RIFF)

- On trouve d'abord la mention « RIFF » dans les 4 premiers octets du fichier (\$52, \$49, \$42, \$42 en hexadécimal. Ce sont les codes ASCII des lettres R, I, F,F)
- On trouve ensuite la taille TOTALE du fichier codée sous la forme d'un entier long (4 octets, donc)
- On trouve ensuite la mention « WAVE» soit 4 caractères ce qui nous donne en hexadécimal : \$57,\$41,\$56,\$45

Cette première partie est suivie du.

## 2.2.Descriptif du son (bloc fmt)

Fréquence d'échantillonnage, nombre d'octets par échantillons, etc. Les données qu'il contient ainsi que leurs types et leur ordre correspondent exactement à la structure WAVEFORMAT (cette structure, définie par Microsoft, se retrouve dans pas mal de docs. Elle est aujourd'hui officiellement remplacée par la structure WAVEFORMATEX qui est exactement la même pour les 6 premiers champs, c'est-à-dire tous les champs que l'on retrouve dans l'en-tête du fichier WAVE/PCM).

- **Indicateur de zone** : « fmt » soit 4 caractères (le dernier caractère est un espace) ce qui nous donne en hexadécimal : \$66,\$6D,\$74,\$20. « fmt » est l'abréviation de « format ». Cet indicateur nous prévient que les informations qui vont suivre concernent le format du son.
- **Taille de la structure WAVEFORMAT** sous la forme d'un entier long (soit 4 octets). La structure WAVEFORMAT comporte 16 octets. On trouve donc, logiquement, la valeur 16 (ou \$10 en hexadécimal) stockée à cet endroit.
- **wFormatTag.w** (2 octets) : ce champ contient un code correspondant au format exact de codage des données. Pour les fichiers de type PCM, ce champ contiendra la valeur 1.
- **nChannels.w** (2 octets) : nombre de canaux. On aura la valeur 1 pour les sons mono, 2 pour les sons stéréo, et éventuellement plus pour les sons moins standard.
- **nSamplesPerSec.l** (4 octets) : nombre d'échantillons par seconde.
- **nAvgBytesPerSec.l** (4 octets) : nombre d'octets par secondes. Cette valeur fait double emploi avec les autres valeurs enregistrées mais vous devez la compléter correctement pour être certains que votre fichier sera compatible avec tous les programmes de son. Le nombre d'octets par seconde dépend :
  - Du nombre d'échantillons pas seconds
  - Du nombre d'octets par échantillon

- Du nombre de canaux

Il se calcul comme suit :

$$\mathbf{nAvgBytesPerSec = nSamplesPerSec * nBitsPerSample / 8 * nChannels}$$

(nBitsPerSample est le nombre de BITS par seconde, un octet comporte 8 bits)

- **nBlockAlign.w** (2 octets) : contient la taille totale (en octets) d'un échantillon. Cette valeur fait également double emploi avec les autres valeurs enregistrées mais vous devez aussi la compléter correctement pour être certains que votre fichier sera compatible avec tous les programmes de son. Elle dépend :

- Du nombre d'octets par échantillon
- Du nombre de canaux

Elle se calcul comme suit :

$$\mathbf{nBlockAlign = nBitsPerSample / 8 * nChannels *}$$

(nBitsPerSample est le nombre de BITS par seconde, un octet comporte 8 bits)

- **nBitsPerSample.w** (2 octets) : contient le nombre de bits par échantillon (voir note concernant l'amplitude)

Pour finir, le fichier contient les données proprement dites, que l'on appelle, en anglais, les data.

### 2.3.DATA : partie données de fichier wav (bloc data)

- **Indicateur de zone** : «data» soit 4 caractères ce qui nous donne en hexadécimal : \$64,\$61,\$74,\$61. Cet indicateur nous prévient que les informations qui vont suivre sont les données proprement dites.
- **Taille des datas** sous la forme d'un entier long (soit 4 octets). Cette taille est le nombre total d'octets des datas. Elle nous permet, par exemple, de calculer la durée du sample en appliquant la formule :

$$\mathbf{Durée = Taille\ des\ datas / nAvgBytesPerSec}$$

La taille des données doit TOUJOURS être un multiple de nBlockAlign. Lorsqu'une modification d'un son amène une modification de la taille des données, on peut « arrondir » la taille à un multiple de nBlockAlign à l'aide des deux opérations suivantes :

$$\mathbf{NouvelleTaille = NouvelleTaille / nBlockAlign}$$

$$\mathbf{NouvelleTaille = NouvelleTaille * nBlockAlign}$$



## 2.4. Structure générale d'un fichier wav

Offset (décimal)	offset (hexa)	nom	longueur (oct.)	description
0	00h	RIID	4	contient "RIFF"
4	04h	rLen	4	longueur du fichier
8	08h	wID	4	contient "WAVE"
<b>Le Format Chunk:</b>				
Offset (décimal)	offset (hexa)	nom	longueur (octet)	description
12	0Ch	fid	4	contient "fmt " ("fmt espace")
16	10h	flen	4	Longueur du Chunk
20	14h	wFormatTag	2	<b>format</b> (1 = Microsoft Pulse Code Modulation PCM)
22	16h	nChannels	2	nombre de canaux (1=mono, 2=stéréo)
24	18h	nSamplesPerSec	4	fréquence d'échantillonnage (en Hz)
28	1Ch	nAvgBytesPerSec	4	= nChannels * nSamplesPerSec * (nBitsPerSample/8)
32	20h	nBlockAlign	2	= nChannels * (nBitsPerSample / 8)
34	22h	nBitsPerSample	2	longueur d'un échantillon en bits (8, 16, 24 ou 32)
Le WAVE Data Chunk:				
Offset (décimal)	offset (hexa)	nom	longueur (octet)	description
36	24h	did	4	contient "data"
40	28h	dlen	4	longueur du chunk dData (en octets)
44 et plus	2Ch	dData	dlen	les données du son échantillonné

### 3. Caractéristique de fichier wav

#### 3.1. L'amplitude

Un sample est composé d'une courbe continue ayant une valeur bipolaire (signée). Le 1er élément d'un son est l'amplitude : C'est le point le plus élevé (et le plus bas) de la courbe. Plus l'amplitude est élevée, plus le son est fort, bruyant. L'unité de grandeur de l'amplitude est le décibel (dB). "C'est une mesure logarithmique donnant le degré d'amplification d'une vibration." Nous n'irons pas plus loin dans la description du décibel, puisque ce n'est pas indispensable dans la programmation. L'amplitude est digitalisée avec l'ADC de la carte son. Par exemple, en 8 bits, l'amplitude possède une résolution de 256 valeurs. En 16 bits, 65536 valeurs, etc... Il existe aussi le 24 et 32 bits. Pour le moment, toutefois, SoudEditor ne supporte pas les données 24 bits qui sont très embêtantes à manipuler et qui sont très rarement utilisées. Plus la résolution est élevée, plus l'échantillon est proche du son original. Dans la figure 1, l'amplitude digitalisée est illustrée en vert. En 8 bits, la valeur de l'amplitude est non signée, et en 16 bits, l'amplitude est signée.

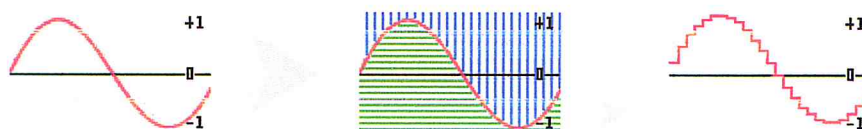


Figure 1. Amplitude, fréquence

#### 3.2. La fréquence

En bleu (figure 1), c'est la fréquence d'échantillonnage, le nombre de valeurs définissant l'amplitude pour une seconde d'enregistrement. Ainsi 44100 Hz signifie 44100 échantillons pour une seconde de son mémorisé. Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée, meilleure est la qualité du sample, plus les données digitales sont proches de l'original.

#### 3.3. Le débit

On peut calculer le "débit" (ko/s) d'un sample avec ces paramètres : L'amplitude (format 8 ou 16 bits), le mode (mono ou stéréo) et la fréquence. Par exemple, en 8 bits mono 44100Hz, cela nous donne pour une seconde d'enregistrement : 44100 octets (1 octet=8 bits). En stéréo, c'est le double. En 16 bits stéréo, c'est le quadruple. Ainsi, avec la qualité du CD audio (16 bits stéréo 44,1 kHz), on obtient 176400 octets par seconde. A partir de la taille du fichier (donnée par

fileSize), et les caractéristiques du sample, il est facile de calculer le temps total en secondes (ou ms) de lecture d'un sample.

### 3.4. L'ordre des données

Après les 44 octets de l'en-tête, viennent les données. Les données ont un ordre bien défini. Dans le cas d'un sample **8 bits mono**, c'est 1 seul octet par sample, donc les données se suivent normalement. Pour un sample **8 bits stéréo**, ce sont 2 octets par sample, l'octet de la voie de gauche, puis l'octet de la voie de droite : L,R, L,R, L,R, etc... Dans le cas d'un sample **16 bits mono**, ce sont 2 octets par sample, l'octet de poids faible, puis l'octet de poids fort. Par exemple pour une donnée qui vaudrait 15000, nous aurions : \$98 \$3A (les octets sont toujours inversés). Dans le cas d'un sample **16 bits stéréo**, ce sont 4 octets par sample; Deux octets pour la voie de gauche, et deux pour la voie de droite: L,L,R,R, L,L,R,R, L,L,R,R, etc...

Le format des données : Le sample **8 bits** (mono ou stéréo) possède des données non-signées, c'est-à-dire que le point (l'amplitude) le plus bas vaut **zéro**, le point du milieu vaut **127**, et le point le plus haut vaut **255**.

Pour pouvoir travailler sur ces données 8 bits, (par exemple pour modifier le volume du sample, ou le mixer avec un autre, etc...) les données 8 bits doivent subir une petite manipulation afin d'être présentées de la même façon que les données 16 ou 32 bits.

## Exemple détaillé de la structure des fichiers audio wav

Nom	Nombre d'octets	Type	Description
Bloc de déclaration d'un fichier au format WAVE			
Chunk ID	4	4 char	4 caractères constants RIFF : 0x52744646
Chunk Size	4	int 32	Taille du fichier - 8 octets des deux premiers blocs
Format	4	4 char	4 caractères constants WAVE : code 0x577415645
Bloc décrivant le format audio			
SubChunk 1 ID	4	4 char	4 caractères constants "fmt" : code 0x66667420
SubChunk 1 Size	4	int 32	Taille du sous-bloc "SubChunk 1" - 8 octets, vaut 16 pour le PCM
Audio Format	2	int 16	Type de compression audio, 1 pour PCM
Num Channels	2	int 16	Nombre de canaux (1 = Mono, 2 = Stereo, ...)
Sample Rate (Frequency)	4	int 32	Fréquence d'échantillonnage (nombre d'échantillons par seconde)
Byte Rate (bytes/sec)	4	int 32	Nombre d'octets par seconde = Fréquence * bitsPerSample / 8 * NumChannels
Block Align (bytes/Sample)	2	int 16	Nombre d'octets par échantillon (tous canaux confondus) = Nombre de canaux * Nombre d'octets par échantillon
Bits per Sample	2	int 16	Nombre de bits par échantillon
Bloc des données			
SubChunk 2 ID	4	4 char	4 caractères constants : "data" : 0x64647464
SubChunk 2 Size	4	int 32	Taille des données = NbCanaux * NbSamples * bitsPerSample / 8 = Taille du fichier - 44 octets (taille de l'en-tête, rappelez-vous-en !)
Datos (données)		FileSize - 44	... little Les données !

### 3.5. Fichier wav en hexadécimal

Voilà une représentation détaillée d'un fichier wav avec les trois blocs (riff, fmt et data)

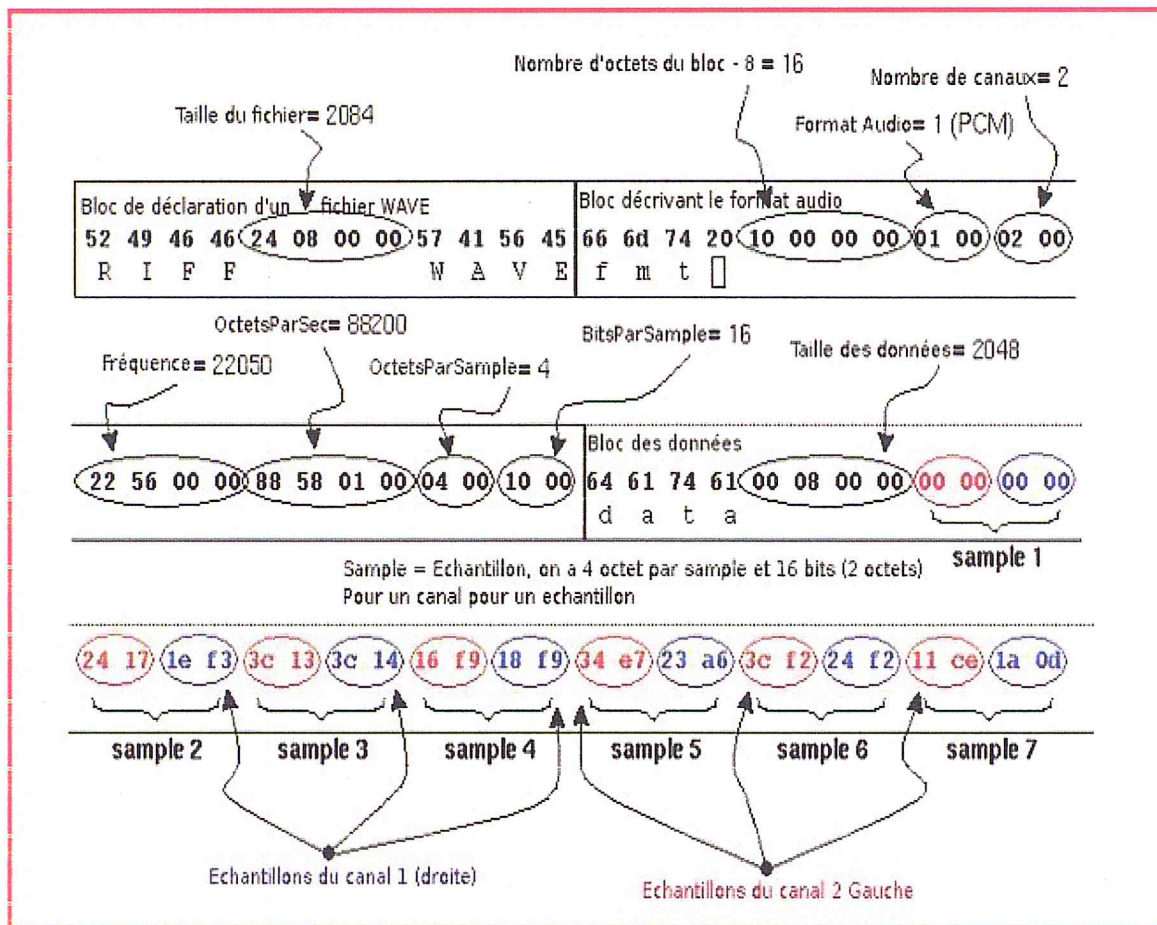


Figure 2. Fichier wav en hexadécimal

## 4. Conclusion

Dans cette annexe, nous avons présenté une description détaillée sur la structure du fichier WAVE. L'étude et l'analyse du format des fichiers son de type wav sera exploité dans la phase de chiffrement par les différents algorithmes de cryptage.

