



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour obtenir le Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Télé-Médecine

Présenté par : LEHSAINI Ilyes et BENDIMERAD Abderrahman

Etude et réalisation d'une plateforme d'acquisition micro contrôlée et de transmission Bluetooth du signal ECG sur Smartphone.

Soutenu le 24 mai 2015 devant le Jury

KERAI SALIM	MCB	Université de Tlemcen	Président
HAMZA CHERIF LOTFI	MCB	Université de Tlemcen	Examineur
BENABDELLAH MOHAMED	PROF	Université de Tlemcen	Encadreur
NASR KAID AII MOULHI	Doctorat	Université de Tlemcen	Co-Encadreur

Année universitaire 2014-2015

ملخص

التطور الملحوظ في التطبيقات و الخدمات في مجال الطب عن بعد قد أصبح قضية رئيسية في عالم الاتصالات اللاسلكية، وجميع هذه الخدمات تساعد الكبار في السن و الأشخاص المعرضين لخطر الحوادث في حياتهم اليومية أو تدهور حالتهم الصحية .

في هذا السياق نقترح خدمة هاتفية ذكية لمراقبة مرضى القلب عن بعد، و هذا يمثل تطوير خدمة في الهاتف الذكي تسمح بالإرسال الفوري لـ ECG بين ممثلي الطب عن بعد للتكفل المستمر للأشخاص في حالة الخطر، وهذا يسهل عمل الطبيب بتوفير المعلومات الدقيقة لتشخيص المرض وإعطاء العلاج اللازم.

المفتاح

الطب عن بعد، المراقبة الطبية عن بعد، اشارة القلب، الهاتف الذكي

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 dédiée à la télésurveillance médicale destinée aux patients atteints de cardiopathies. Il s'agit de développer un service sur Smartphone permettant un transfert immédiat du signal ECG entre les acteurs télé médicaux pour une prise en charge continue des personnes à risque. Ce qui facilite le travail du médecin traitant, en lui offrant des informations et des données de bases pour l'établissement du diagnostic et l'engagement de la thérapeutique.

Mot clés

Télémédecine, Télésurveillance, ECG, Smartphone.

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 Smartphone 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, Smartphone.

DEDICACE

Pour m'avoir permis d'accéder au savoir et d'être ce que je suis devenu aujourd'hui, je voudrais remercier DIEU le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force, la patience et la persévérance pour accomplir ce Modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère.

A mon cher père pour l'éducation qu'il m'a prodigué; avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'il a consenti à mon égard, pour m'inculper le sens du devoir depuis mon enfance.

A mes chères sœurs, mes frères que j'aime tant.

A toute la famille Bendimerad, et Lehsaini.

A mon adorable ami, ILYES, pour sa fidélité.

A tous mes amis avec lesquels j'ai partagé des moments de joie et de bonheur, à tous ceux qui ont été à mes côtés jusqu'à aujourd'hui.

A tous les honorables enseignants qui ont contribué à ma formation.

Enfin, toute personne m'ayant aidé de près ou de loin dans ce travail laborieux et de longue haleine, trouve ici l'expression de mes vives reconnaissances et remerciement.

Bendimerad Abderhaman

DEDICACE

Pour m'avoir permis d'accéder au savoir et d'être ce que je suis devenu aujourd'hui, je voudrais remercier DIEU le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force, la patience et la persévérance pour accomplir ce Modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère.

A mon cher père pour l'éducation qu'il m'a prodigué; avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'il a consenti à mon égard, pour m'inculper le sens du devoir depuis mon enfance.

A mes chères sœurs, mes frères que j'aime tant.

A toute la famille, Lehsaini et Bendimerad.

A mon adorable ami, Abderahman, pour sa fidélité.

A tous mes amis avec lesquels j'ai partagé des moments de joie et de bonheur, à tous ceux qui ont été à mes côtés jusqu'à aujourd'hui.

A tous les honorables enseignants qui ont contribué à ma formation.

Enfin, toute personne m'ayant aidé de près ou de loin dans ce travail laborieux et de longue haleine, trouve ici l'expression de mes vives reconnaissances et remerciement.

Lehsaini Ilyes

REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier DIEU le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modest travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr BENABDELAH MOHAMMED pour la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Mr Hamza Cherif Lotfi et Mr Karai Salim pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à remercier sincèrement Mr NASR KAID ALI MOULHI, en tant que Co encadreur, est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous souhaitons adresser nos remerciements aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenues et encouragées au cours de la réalisation de ce travail.

Sans oublier nos parents pour leurs contributions, leurs soutiens, leurs patiences, leurs prières et leurs encouragements.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Généralités sur la télémédecine	2
I.1. Introduction	2
I.2. La télémédecine	2
I.3. Les principales applications en télémédecine	3
I.4. Avantages de la télémédecine	4
I.5. Application télécardiologie	5
I.6. Les avantages de la télécardiologie	5
I.7. Résumer	7
Chapitre II : Généralités sur le rythme et le système cardiovasculaire	8
II.1. Introduction	8
II.2. Système cardiovasculaire	8
II.2.1. Anatomie du cœur	9
II.3. Cycle cardiaque	10
II.3.1. Activité mécanique cardiaque	10
II.3.2. La conduction électrique du cœur	10
II.4. Contenu des signaux ECG, description du contenu temporel/fréquentiel des ECG, cas nominaux et pathologiques	11
II.4.1. Contenu temporel de l'ECG et les différents artefacts	11
II.4.2. Contenu spectral de l'ECG	14
II. 5.Conclusion	17

Chapitre III : Etude théorique de l'arduino et l'android et de module

Bluetooth.....	18
III.1. Introduction	18
III.2. L'Arduino	18
III.2.1. Généralités sur L'Arduino	18
III.2.2. L'utilité d'Arduino	19
III.2.3. Logiciel Arduino	21
III.2.4. Principe général d'utilisation	23
III.2. 5.Description de la barre des boutons	24
III.2. 6. Description des menus	25
III.2.7. Transfert des programmes vers la carte Arduino	29
III.2.7.1. la Vérification du code	29
III.2.7.2. La sélection du port et de la bonne carte Arduino	29
III.2.7.3. Trasfert du programme	30
III.3. La carte Arduino Uno	30
III.3.1. Synthèse des caractéristiques	32
III.3.2. Brochage de la carte Uno	33
III. 4. Android	38
III.4.1. Caractéristiques.....	38

III.4.2. Android et la plateforme Java	39
III.4.4. Utilisation	41
III. 5. Bluetooth	42
III. 5.1. Origine du nom et du logo.....	43
III.5.2. La modulation Bluetooth	44
III. 5.3. Les modules HC06	45
III. 5.3.1. Utilisation.....	45
III. 6. Conclusion	47
Chapitre IV : Réalisation pratique de l'ECG et l'utilisation de la plateforme proposée	48
IV.1.Introduction	48
IV.2. La mise en forme d'un signal	48
IV.2.1.Réalisation pratique de la chaîne d'amplification de l'Electrocardiogramme (ECG).....	48
IV.3. Description de l'application	52
IV.3.1. Principe de fonctionnement de l'application	53
IV.3.2. Lieux d'utilisation de l'application	55
IV.4. Conclusion.....	57
IV. 5 .Interprétation des résultats	58
IV. 5.1. Alimentation de l'Arduino	58

IV. 5.2. Alimentation de Module Bluetooth	59
IV. 5.3. Connexion de Smartphone Avec le module Bluetooth	60
IV. 5.4. Acquisition d'ECG	61

Liste des figures

Figure I.1 : Les principales applications en télémédecine	3
Figure I.2 : La plateforme de la télécardiologie	6
Figure II.1 : l'anatomie du cœur	9
Figure II.2 : Conduction cardiaque	11
Figure II.3 : les différents chemins électriques parcours	12
Figure II.4 : Le signale ECG.....	13
Figure II.5 : la fréquence de différents artefacts.....	15
Figure III.1 : Espace de développement Intégré (EDI) Arduino	20
Figure III.2 : présentation de l'EDI	22
Figure III.3 : Le Terminal Serie	23
Figure III.4 : La barre des boutons.....	25
Figure III.5 : le Meu file	26
Figure III. 6 : Menu Sketch	27
Figure III.7 : Menu Tools	28
Figure III.8 : Menu Help	28
Figure III.9 : La Carte Arduino Uno	30
Figure III.10 : Les différentes broches d'Arduino	33
Figure III.11 :L'écran d'accueil d'Android 4.0	41
Figure III.12 : Le Logo Bluetooth	43
Figure III .13 : Le module Bluetooth	45
Figure III .14 : Branchage de module avec Arduino	46
Figure VI.1 : La chaine d'amplification d'ECG	49
Figure VI.2 : Circuit électronique D'Ecg sous ISIS.....	50
Figure VI.3 : Cercuit imprimé d'ECG	51
Figure IV.4 Circuit réalisé 3D d'ECG	52
Figure IV. 5 : L'application sous Andoid	53
Figure IV. 6 : Alimentation de l'Arduino	58
Figure IV. 7 : Alimentation de Module Bluetooth	59

Figure IV.8 : Première étape (Clic sur « Connect »).....	60
Figure IV.9 : 2eme étape (Clic sur « RandomBot (paired) »).....	60
Figure IV.10 : Le tracé d'ECG sur Smartphone	61

Liste des tableaux

Tab.III.1 : Les caractéristiques de la carte Arduino	32
Tab.III.2 : Les différentes classe de module Bluetooth	44

Glossaire

A

AT : Auriculo-ventriculaire

APK : Un fichier Android Package

E

ECG : Electrocardiogramme

EMG : Electromiogramme.

EDI : Espace de développement Intégré

EEPROM : Mémoire non volatile

F

FTDI : Future Technology Devices International

G

GUI : Interface graphique

I

ICSP : In-System Programming

J

JVM : bytecode standard de la plateforme Java

J2SE : Java Standard Edition

JDK : Java Development Kit

K

KF : Keith et Flack

P

PWM : Largeur d'impulsion modulée

R

RX : Receveur

S

SPI : Interface Série Périphérique

SRAM : Mémoire volatile

T

TX : Transmetteur

TTL : Transistor-transistor logic

TWI : Two Wire Interface - Interface "2 fils"

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou émetteur-récepteur
asynchrone universel en français

V

VD : Ventricule droite

VG : Ventricule gauche

INTRODUCTION GENERALE

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

Les progrès technologique récents (les lignes téléphoniques fixes et mobiles, internet et satellite, etc.) permettent la prestation de soin de santé à distance et l'échange de l'information médicale s'y rapportant.

Cette technique de développement des TICs associées à la santé permet une prise en charge médical et social des personnes dépendantes comme les personnes âgées, les handicapés, les maladies cardiaques..., afin d'adapter leur environnement domestique et palier leurs incapacités tout en assurant l'efficacité, réduction des coûts et un diagnostic en temps réel.

Le travail effectué dans le cadre de ce projet de fin d'études se situe autour des recherches dédiées aux personnes cardiaques. L'objectif principal est de permettre au patient d'être en contact permanent avec leur médecin traitant. Il s'agit de développer un service de transfert de l'ECG à distance sur le mobile pour la télésurveillance médicale permettant au médecin d'avoir les données médicales (ECG) par le moyen d'une liaison sans fil. Ce qui facilite fortement son travail et faire un diagnostic plus rapide et efficace.

Les supports technologiques qui nous permis la mise en œuvre du plateau technique sont :

- L'environnement Eclipse pour l'interface graphique du Smartphone (Android)
- L'environnement Arduino pour programmer le module Bluetooth et aussi la programmation de microcontrôleur de l'arduino (ATmega 328) chargé de la numérisation des signaux et de leurs transferts sous protocole Bluetooth.

Chapitre I : Généralités sur la télémédecine

I.1. Introduction

Les travaux effectués au cours de ce projet de fin d'étude se situent dans le cadre des services de télémédecine sur des terminaux mobiles et plus particulièrement la télésurveillance médicale. Ce chapitre a ainsi pour objectif principal de situer le contexte de la Télémédecine et la Télécardiologie et ses différents enjeux.

I.2. La télémédecine

La télémédecine est une remarquable application des nouvelles technologies de l'information visant à améliorer l'accessibilité aux soins de santé spécialisée, qui va des transferts de données (imagerie médicale, enseignement à distance, données sur des patients) à l'action directe du praticien sur le malade[1] .

Elle constitue aujourd'hui un facteur important d'amélioration de la performance de système de santé.

Son usage apporte en effet une réponse organisationnelle et technique aux défis épidémiologiques, démographiques et économiques auxquels fait face le système de santé de nos jours [2].

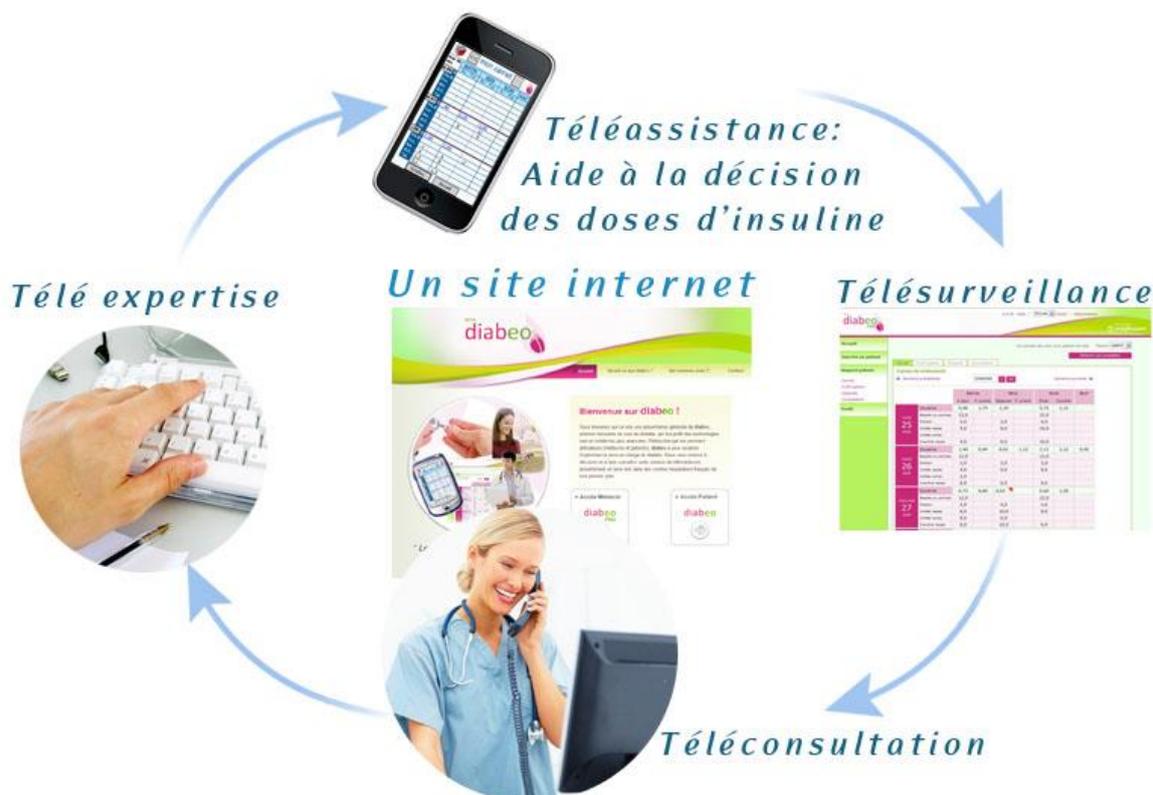


Figure I.1 : Les principales applications en télémédecine

I.3. Les principales applications en télémédecine

Parmi les applications les plus importantes en télémédecine figure I.1, on peut citer :

- La téléconsultation et le télédiagnostique ;
- la télésurveillance ;
- la télé-expertise ;
- la téléformation : consultation des informations médicales (bases de données, imagerie, cours de formation)
- la téléchirurgie qui permet de manipuler du matériel médical à distance et d'avoir une action directe du praticien sur le patient[2].

I.4. Avantages de la télémédecine

Elle présente en effet plusieurs avantages :

- elle permet de développer les soins à domicile, pour améliorer le suivi des patients et prévenir les complications

- elle permet de limiter les déplacements (notamment pour les patients âgés ou handicapés)
- elle facilite l'accès aux soins dans les zones d'accès difficile
- elle raccourcit les délais d'attente
- elle facilite la concertation entre médecins généralistes et spécialistes[3]

Sur le plan purement organisationnel, cette pratique a surtout permis à la plupart des établissements hospitaliers de remédier au problème de la désertification médicale et d'offrir ainsi aux patients la possibilité d'accéder à des soins appropriés sans avoir nécessairement besoin de se déplacer physiquement ni patienter longuement pour recevoir le premier praticien disponible. En effet, la maîtrise du coût et la maximisation du gain de temps constituent également l'un des avantages directement procurés par cette nouvelle pratique.

Bien que la télémédecine puisse constituer une pratique avantageuse, elle comporte toutefois des limites. Elle ne pourrait donc se suffire à elle-même et doit être complétée par des soins réalisés directement en face à face. La raison en est simple, la médecine repose sur 4 principes majeurs : l'interrogatoire, l'observation, la palpation et l'auscultation. Si l'interrogatoire peut être réalisé à distance à l'aide du téléphone, et l'observation (à la limite à l'aide de la visioconférence), la palpation et l'auscultation ne peuvent malheureusement pas être effectuées à distance[4].

I.5. Application télécadiologie

La télécadiologie révolutionne le suivi des patients cardiaques.

Plus petits, plus perfectionnés, les stimulateurs cardiaques permettent aujourd'hui de transmettre à distance des données, ce qui ouvre la voie à un suivi en ligne des patients. Une véritable révolution qui offre de nombreux avantages.

Mécanique bien huilée, le cœur expulse le sang dans les autres organes. Mais parfois, des troubles du rythme ou arythmies apparaissent... Trop lentes ou trop rapides, les fréquences cardiaques anormales peuvent entraîner de très graves problèmes. Pour

remettre son cœur au diapason, des stimulateurs ou des défibrillateurs cardiaques peuvent être implantés.

- Les stimulateurs cardiaques assurent aujourd'hui une fonction thérapeutique en régulant le rythme cardiaque, et une fonction diagnostique en enregistrant les **anomalies rythmiques**.
- Les défibrillateurs vont plus loin ajoutant à ces deux fonctions de base la reconnaissance et l'arrêt des **troubles du rythme ventriculaire** graves, par choc électrique si nécessaire. Certains appareils peuvent même détecter des anomalies de la circulation sanguine grâce à des capteurs hémodynamiques intégrés au système implanté.

Les cardiologues procèdent ainsi chaque année à la pose ou au changement de plus de 65 000 stimulateurs cardiaques et de plus de 9 000 défibrillateurs en France. Après cette opération, le suivi classique des patients implantés (en raison de troubles du rythme et des **insuffisants cardiaques** traités par resynchronisation) repose sur des consultations régulières espacées de 3 à 12 mois, selon le type de prothèse, la difficulté des patients à se déplacer, etc. Ces visites permettent au médecin de procéder aux vérifications techniques de l'appareil implanté et d'analyser les informations relatives au rythme cardiaque qui ont été enregistrées au cours des mois précédents. Mais au-delà de ces rendez-vous le suivi à distance des patients ouvre de nouvelles possibilités.

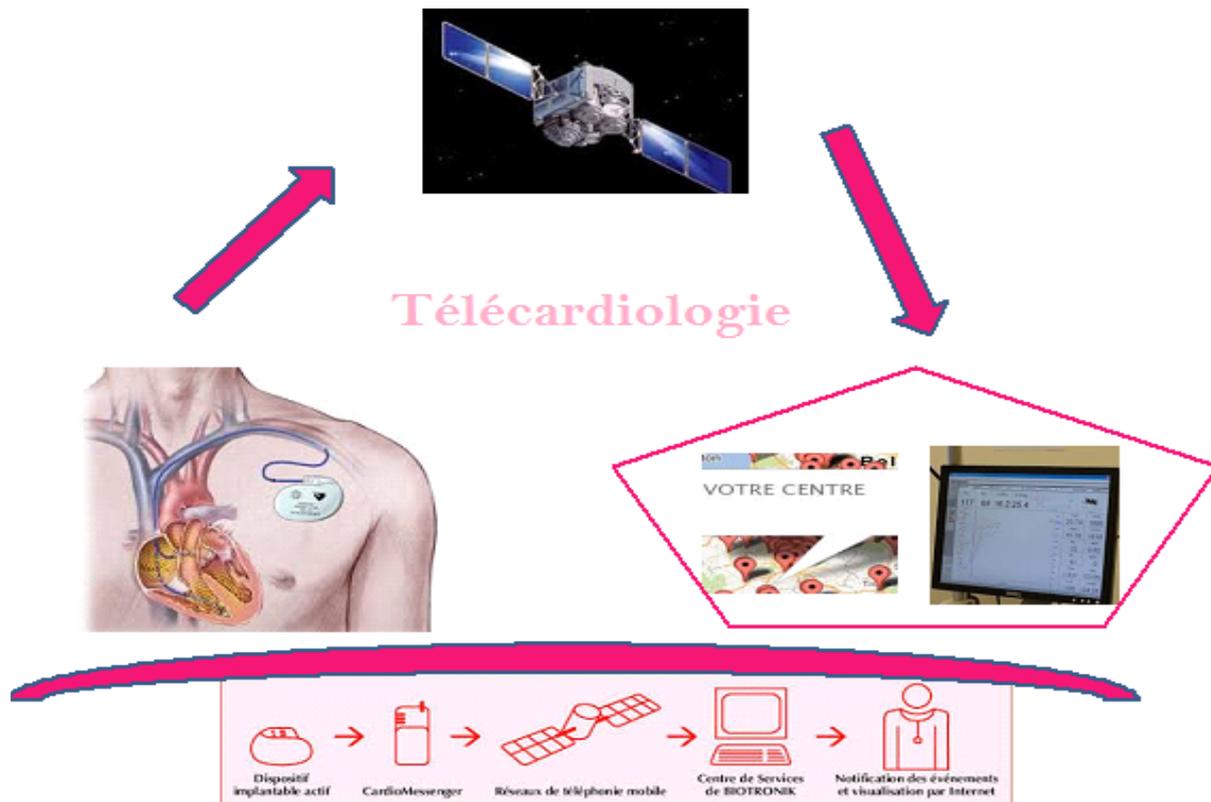


Figure I.2 : La plateforme de la télécardiologie

I.6. Les avantages de la télécardiologie

Application de la **télémédecine** au domaine de la cardiologie, la télécardiologie permet de suivre à distance les porteurs de **stimulateurs** ou de **défibrillateurs** cardiaques implantables, et d'intervenir au plus près de la survenue d'une anomalie. Grâce à ce système, les médecins reçoivent ces informations de façon quasi instantanée et peuvent ainsi intervenir immédiatement. Certains systèmes transmettent en effet les informations quotidiennement, à heure fixe, au centre cardiologique surveillant le patient. En cas d'évènement grave, potentiellement mortel, la transmission est immédiate et peut être étendue au cardiologue de ville en charge du patient. "En cas d'alertes rythmiques, notamment, les patients souffrant de troubles du rythme pourront être convoqués sans délai au centre cardiologique pour des examens complémentaires, des ajustements du traitement médical ou des réglages de l'appareil. Quant aux insuffisants cardiaques traités par resynchronisation, les fonctions diagnostiques des

appareils sont aujourd'hui suffisamment fines pour détecter les signes annonciateurs d'une décompensation (NDLR : aggravation du mauvais fonctionnement du cœur) avant même que le patient ressente les premiers symptômes. De nombreuses hospitalisations pourront ainsi être évitées par une prise en charge plus précoce", alors la téléconsultation règle un problème géographique et c'est un vrai gain de temps pour de nombreux patients, pas toujours mobiles et qui doivent consacrer au minimum une demi-journée pour venir en consultation spécialisée.

Sans pour autant remplacer la consultation conventionnelle, ce mode de suivi des patients représente une avancée majeure tant sur le plan médical qu'économique puisqu'il réduit les coûts de transport et de consultations[5].

1.7. Résumer

Ce chapitre comprend deux étapes concernant successivement : un la télémédecine et ses différents services, deux la télécardiologie et ses différents avantages.

Donc, le chapitre suivant concernera le système cardiovasculaire à travers la surveillance à distance.

Chapitre II : Généralités sur le rythme et le système cardiovasculaire

II.1. Introduction

Nous présentons dans ce chapitre le fonctionnement général du système cardiovasculaire, des dispositifs d'exploration et de monitoring puis, de manière plus résumée, une description des signaux physiologiques et électro physiologiques, Cette présentation se limite au strict nécessaire pour une bonne compréhension du mémoire, le lecteur intéressé par une approche médicale rigoureuse pourra se reporter aux nombreux ouvrages médicaux disponibles sur le sujet.

Cette deuxième partie de mémoire présente des notions générales d'anatomie et d'électrophysiologie. Elle décrit le fonctionnement du cœur et du système vasculaire, ses principales fonctions et ses composantes principales. Les caractéristiques du cycle cardiaque ainsi que le processus de propagation cardiaque seront ensuite exposés.

II.2. 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 du 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[6].

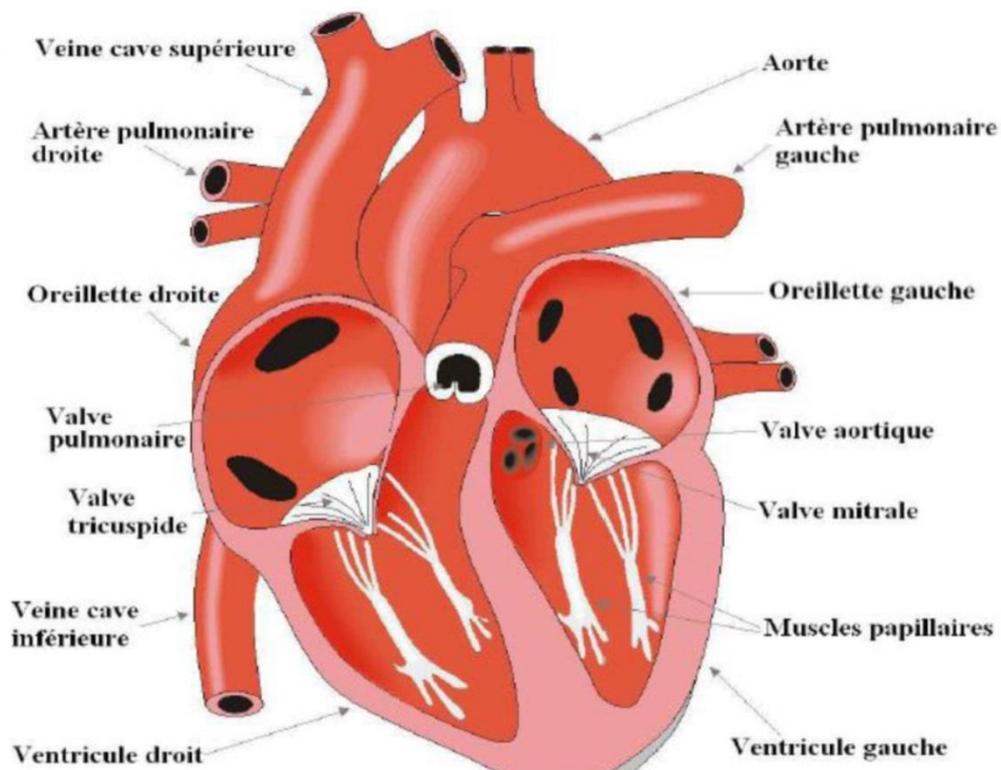


Figure II.1 : l'anatomie du cœur

II.3. Cycle cardiaque :

Chaque battement du cœur entraîne une séquence d'événements mécaniques et électriques collectivement appelés cycle cardiaque[7].

II.3.1. Activité mécanique cardiaque :

Celle-ci consiste 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[7].

II.3.2. 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 Purkinje7 , comme le montre la Figure II.2 .

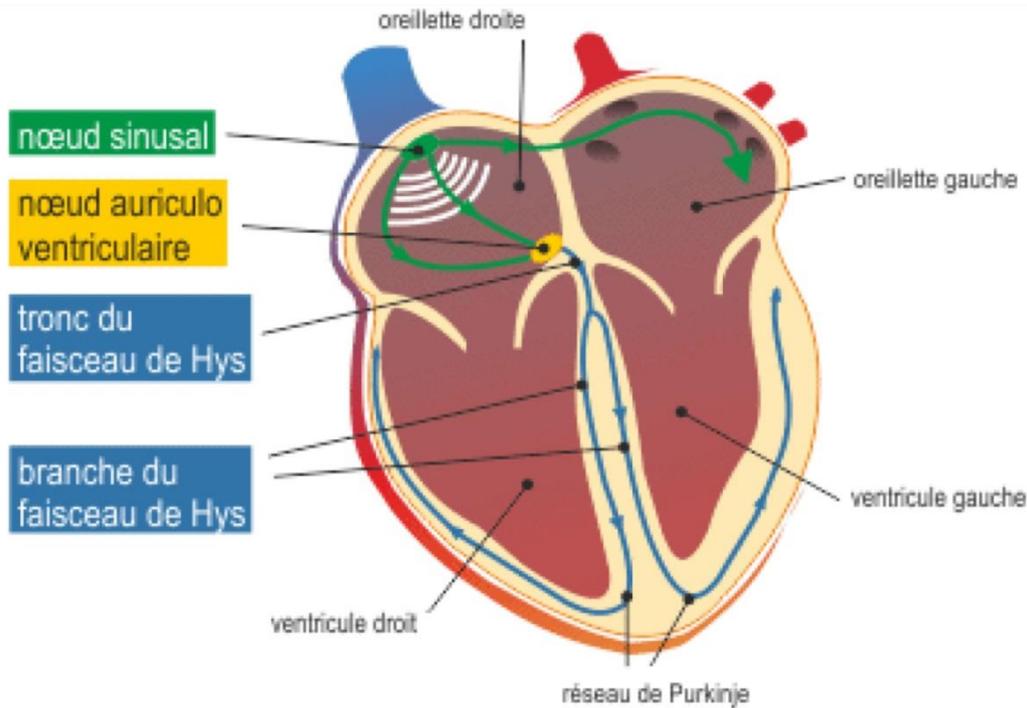


Figure II.2 : Conduction cardiaque

II.4. Contenu des signaux ECG, description du contenu temporel/fréquentiel des ECG, cas nominaux et pathologiques

II.4.1. Contenu temporel de l'ECG et les différents artefacts

L'électrocardiogramme (ECG) est un signal qui représente l'activité électrique du cœur.

L'ECG est un élément essentiel que ce soit dans la surveillance des patients ou dans le diagnostic des maladies cardiovasculaires. Les bases théoriques et pratiques de l'enregistrement de l'activité électrique cardiaque ont été énoncées par Einthoven en 1901 et, même si les postulats proposés sont très discutables, ils sont encore utilisés dans l'électrocardiographie. Dans les paragraphes qui suivent, nous décrivons brièvement l'onde d'activation du cœur, les modes d'enregistrement de cette activité électrique et les principales caractéristiques fréquentielles présentées par l'ECG.

- Génération de l'ECG

La figure II.3 ci-dessous représente le chemin parcouru par l'onde d'activation de l'ECG.

Celle-ci naît dans l'oreillette droite dans le nœud dit de Keith et Flack (aussi appelé nœud sino-auriculaire noté KF sur la figure II.3) situé au pied de la veine cave supérieure. Cette onde s'étale sur les deux oreillettes et arrive jusqu'au nœud d'Aschoff-Tawara (aussi appelé nœud auriculo-ventriculaire, AT sur la figure II.3) pour emprunter la voie de His et pour atteindre finalement les deux ventricules (VD et VG).

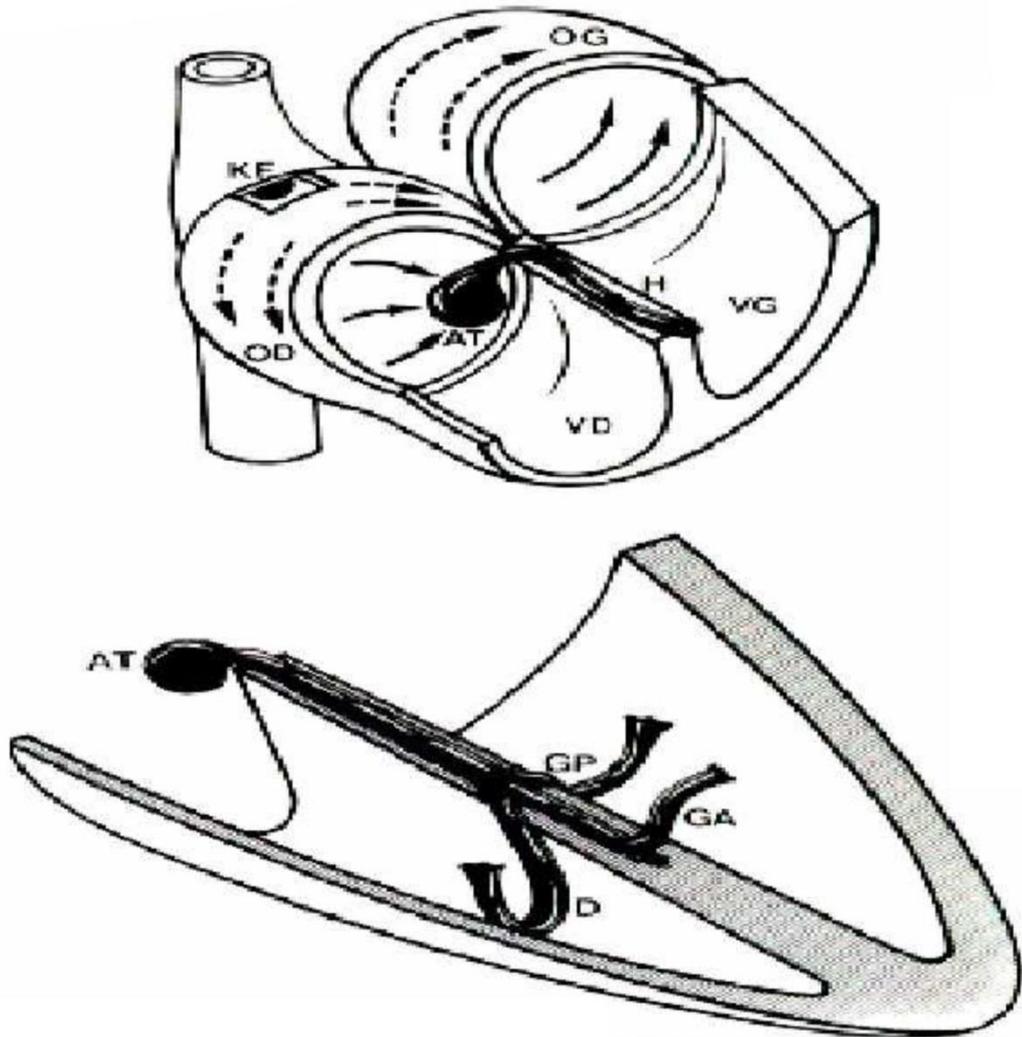


Figure II.3 : les différents chemins électriques parcourus

Cette onde d'activation permet l'apparition de processus de dépolarisation et de repolarisation des cellules du cœur qui peuvent être recueillis par des électrodes placées dans des endroits précis. Ces processus donnent lieu à la forme d'onde globale d'un ECG dit normal, illustré sur la figure II.4 ci-dessous :

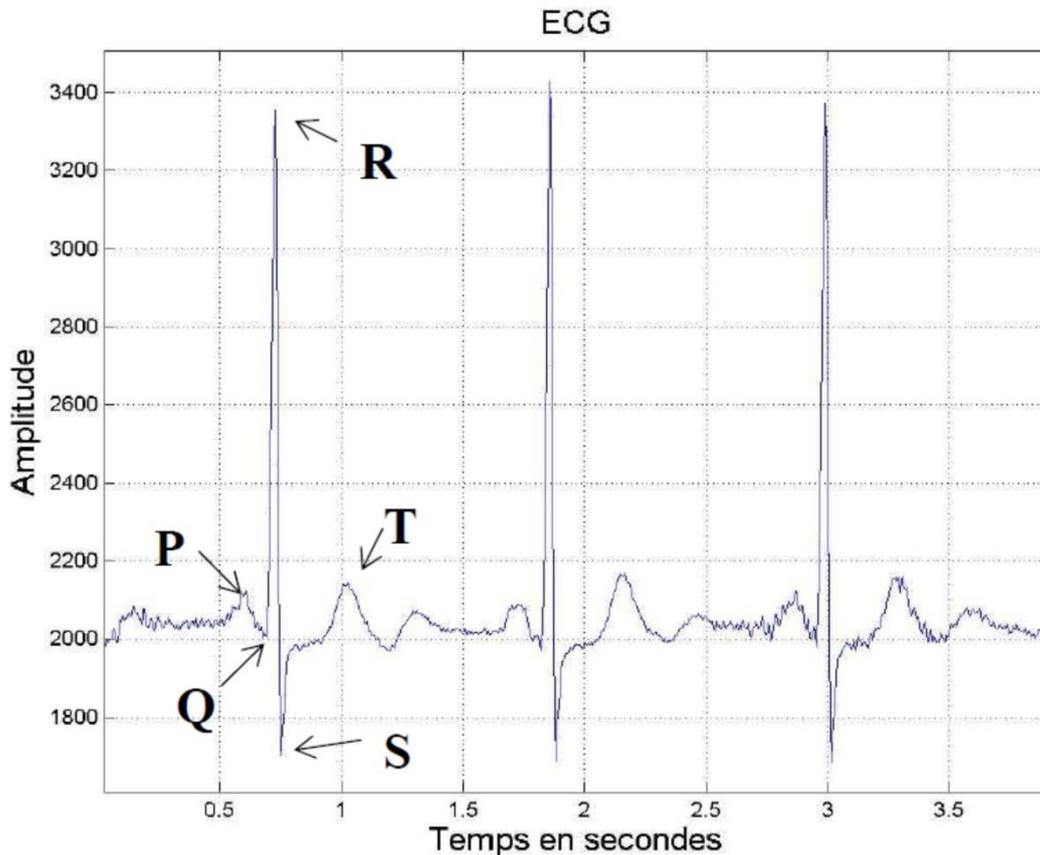


Figure II.4 : Le signal ECG

Les principales formes d'ondes qui constituent l'ECG global sont décrites ci-après :

- 1- L'onde P est une déflexion correspondant à la dépolarisation des oreillettes droite et gauche,
- 2- L'onde Ta, déflexion correspondant à la repolarisation des oreillettes, est habituellement non visible,
- 3- Le complexe QRS correspond à un ensemble de déflexions dues à la dépolarisation des ventricules,
- 4- L'onde T est une déflexion correspondant à la repolarisation ventriculaire.

Les valeurs normales des durées des déflexions sont :

1- Onde P : inférieure ou égale à 0,11s

2- Onde Q : inférieure à 0,04s

3-Complexe QRS : inférieur à 0,1s, habituellement compris entre 0,06 et 0,08s.

Onde QT : sa durée varie selon la fréquence cardiaque, elle s'allonge quand la fréquence se ralentit, et se raccourcit quand la fréquence s'accélère. Pour une fréquence de 60 cycles par minute, la durée de l'onde QT se situe dans un intervalle [0.35s, 0.43s] et pour une fréquence cardiaque de 80 cycles par minute, elle se situe plutôt entre 0.31s et 0.39s.

- Les artefacts de l'ECG

Divers bruits sont présents dans l'ECG de routine. Parmi les plus importants, on peut citer :

- 1) La dérive de la ligne de base (fréquence < 5Hz),
- 2) Les artefacts dus aux mouvements (fréquence 1-10Hz),
- 3) Le secteur et ses harmoniques (fondamental 50 ou 60Hz),
- 4) L'EMG (fréquence 25-100Hz).

II.4.2. Contenu spectral de l'ECG

Le signal ECG est un signal riche par la variété des ondes qui le constitue (ondes P, QRS et T). Ainsi, il présente une densité spectrale de puissance qui varie en fonction de la morphologie du signal (dérivations) et d'un sujet à un autre. La densité spectrale de puissance des signaux ECGs a été étudiée dans les cas suivants :

- 1) ECG normaux de personnes saines au repos,
- 2) ECG avec des bruits musculaires engendrés par des actions des bras et des muscles de la poitrine,
- 3) Les artefacts dus aux mouvements de personnes sur tapis roulant.
- 4) ECG anormaux de personnes souffrant d'arythmies.

Les densités spectrales de puissance ainsi obtenues en utilisant la méthode du périodogramme moyenné sur 150 battements sont illustrées sur Figure II.5 ci-dessous :

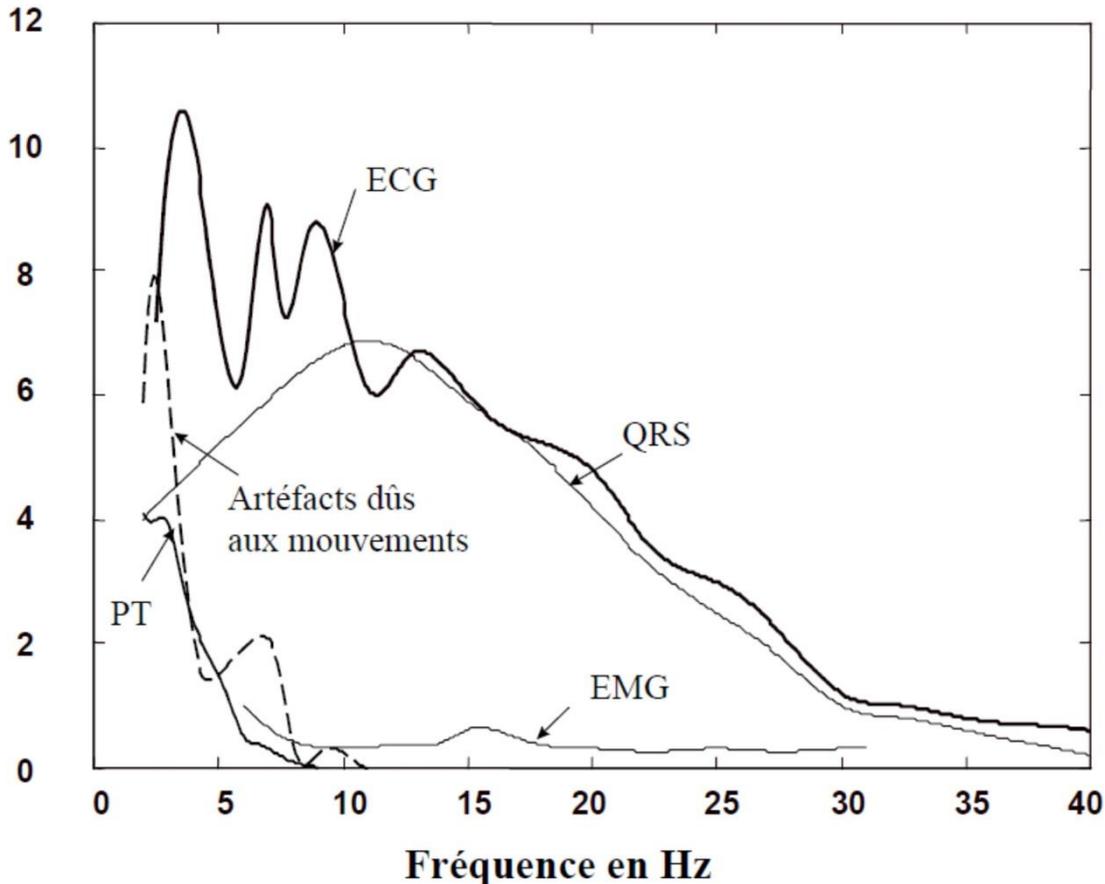


Figure II.5 : la fréquence de différents artefacts

Les densités spectrales de puissance des complexes QRS et des ondes PT ont été aussi calculées. On y observe le comportement passe-bas de l'ECG dont l'énergie est comprise entre

1 et 30Hz. Dans le cas des ondes PT, le contenu spectral se limite aux très basses fréquences, tandis que pour le complexe QRS ce contenu a une tendance vers les plus "hautes" fréquences.

De plus, les bruits des muscles captés par des électrodes suffisamment séparées peuvent être supposés non corrélés. Ainsi, les signaux EMG superposés aux dérivations de l'ECG peuvent être considérés comme des bruits non corrélés entre eux si les électrodes exploratrices sont suffisamment séparées.

- Intérêt d'une analyse automatique d'un ECG

L'exploitation médicale courante d'un enregistrement ECG se fait selon l'une des modalités suivantes :

- Un enregistrement périodique (3 mois) chez son médecin traitant. Cet enregistrement a une durée de 30s à 1min pour vérifier le comportement général du rythme cardiaque.

La notion médicale de « rythme cardiaque » englobe l'ensemble du comportement de l'activité électrique du cœur (forme du cycle, agencement des différentes ondes et des différents cycles les uns par rapport aux autres) et pas seulement la fréquence cardiaque.

- Un enregistrement continu, sur plusieurs jours, nécessitant l'hospitalisation du patient pour observer le comportement à plus long terme du fonctionnement du cœur (cette phase d'analyse pouvant avoir été mise en œuvre suite à des doutes provenant de la première expertise).

Cependant, cette façon de procéder n'est pas optimale ; ni sur le plan médical, la première expertise se faisant sur des durées trop courtes pour mettre en évidence des troubles du rythme sur le long terme, ni sur le plan des coûts, la seconde exploitation impliquant la mise en œuvre de moyens lourds pour la surveillance du patient.

De plus en plus, des enregistreurs d'ECG portatifs permettant aux patients d'effectuer leur propre enregistrement sont utilisés. Ces enregistrements sont alors régulièrement communiqués à un centre médical pour analyse. Cependant l'analyse automatique d'un ECG, qui pourrait être par exemple implantée sur ces enregistreurs portatifs, offrirait un compromis encore plus intéressant, tant au niveau de la qualité de vie du patient, que du dérangement du corps médical, puisque l'analyseur pourrait alors ne demander une expertise qu'en cas de détection d'une pathologie (potentielle).

- Origine et manifestation des pathologies

L'analyse automatique des ECG n'est pas simple (de la même manière que son expertise médicale), du fait de la variabilité des enregistrements d'un patient à un autre et de leur variabilité interne, en fonction de l'état physiologique d'un patient (au repos, en mouvement, stress... Qui plus est, l'expertise médicale d'un enregistrement d'ECG est souvent complétée par l'analyse de l'histoire clinique du patient, difficile à exploiter dans la mise en œuvre d'une expertise automatique.

Les troubles du rythme cardiaque trouvent principalement leurs origines dans des problèmes de conduction (chemin suivi par l'onde de dépolarisation à partir de son point d'activation électrique), des troubles de la fréquence cardiaque (fonction du pacemaker naturel (nœud) qui initie la dépolarisation) ou encore de la forme des différentes ondes composant le cycle cardiaque (déformation onde P, segment ST...).

Parmi les pathologies les plus courantes nous citerons :

- les bradycardies et tachycardies (resp. ralentissement et accélération de la fréquence cardiaque)
- les fibrillations auriculaires et ventriculaires (contractions indépendantes et désordonnées (asynchrone) des fibres musculaires entrant dans la propagation de l'onde de dépolarisation)
- les blocs auriculo-ventriculaires (défauts de cheminement de l'onde de dépolarisation suivant la voie courante de propagation)
- les extrasystoles (ou rythmes d'échappement), qui ne sont pas à proprement parlé des « pathologies », mais qui peuvent indiquer des évolutions vers des états pathologiques ou bien des problèmes situés en amont de la voie de conduction. (les extrasystoles sont des battements initiés par des foyers différents du nœud courant de dépolarisation).

Ainsi les troubles du rythme cardiaque ont des manifestations nombreuses, qui résultent le plus souvent d'une combinaison de ces divers troubles élémentaires (conduction, fréquence cardiaque, formes des ondes). Tout l'objet d'une analyseur, ou détecteur de pathologie serait donc d'exploiter un grand nombre de paramètres (statistiques, caractéristiques des différentes ondes) extraits de l'ECG et de les combiner pour effectuer un pré-diagnostic[8] .

II. 5.Conclusion

L'exploration fonctionnelle de système cardiovasculaire mettant en jeu l'électrocardiogramme pour la caractérisation de l'activité électrique de myocarde.

Au niveau du ce chapitre, nous avons fait l'état de l'art relatif à l'exploration fonctionnelle cardiovasculaire au moyen de signal électro physiologique unidimensionnel, du point de vue de la relation de cause à effet entre la source d'énergie génératrice du signal physiologique (myocarde) et le signal lui-même.

Nous abordons dans le chapitre suivant les environnements de programmation de chaque un d'Arduino, Android et la configuration de modulateur Bluetooth.

Chapitre III : Etude théorique de l'arduino et l'android et de module bluetooth

III.1. Introduction

L'objectif principal de notre projet est de transmettre un signal Cardiovasculaire à distance, c'est le cas de la télésurveillance. Où le patient reste toujours proche de son médecin traitant, la plateforme proposée pour la télésurveillance médicale qui est en rapport avec les différentes technologies de la télécommunication. Pour cela dans la section suivante on présente les informations nécessaires de différents environnements de programmation pour la réalisation avant d'entamer la description générale de notre projet

III.2. L'Arduino

III.2.1. Généralités sur L'Arduino

Le système Arduino est un outil pour fabriquer de petits ordinateurs qui peuvent capter et contrôler davantage de choses du monde matériel. C'est une plateforme open-source d'électronique programmée qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

Arduino peut être utilisé pour développer des objets interactifs, pouvant recevoir des entrées d'une grande variété d'interrupteurs ou de capteurs, et pouvant contrôler une grande variété de lumières, moteurs ou toutes autres sorties matérielles. Les cartes électroniques peuvent être fabriquées manuellement ou bien être achetées pré-

assemblées; le logiciel de développement open-source peut être téléchargé gratuitement.

Le langage de programmation Arduino est une implémentation de Wiring, une plateforme de développement similaire, qui est basée sur l'environnement multimédia de programmation Processing.

III.2.2. L'utilité d'Arduino

Il y a de nombreux microcontrôleurs et de nombreuses plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, et beaucoup d'autres qui offrent des fonctionnalités comparables. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation des microcontrôleurs et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs, tout en offrant plusieurs avantages pour les enseignants, les étudiants intéressés par les autres systèmes :

- Pas cher : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plateformes.
- Multi-plateforme : Le logiciel Arduino, écrit en Java, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.

Un environnement de programmation clair et simple: L'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino) est facile à utiliser. Pour les enseignants, il est basé sur l'environnement de programmation Processing : les étudiants qui apprennent à programmer dans cet environnement seront déjà familiarisés avec l'aspect du logiciel Arduino.

- Logiciel Open Source et extensible : Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le langage peut être aussi étendu à l'aide de bibliothèques C++, et les personnes qui veulent comprendre les détails

techniques peuvent reconstruire le passage du langage Arduino au langage C pour microcontrôleur AVR sur lequel il est basé. De la même façon, on peut ajouter du code du langage AVR-C directement dans les programmes Arduino.

- Matériel Open source et extensible : Les cartes Arduino sont basées sur les microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, etc... Les schémas des modules sont publiés sous une licence Creative Commons, et les concepteurs de circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant.

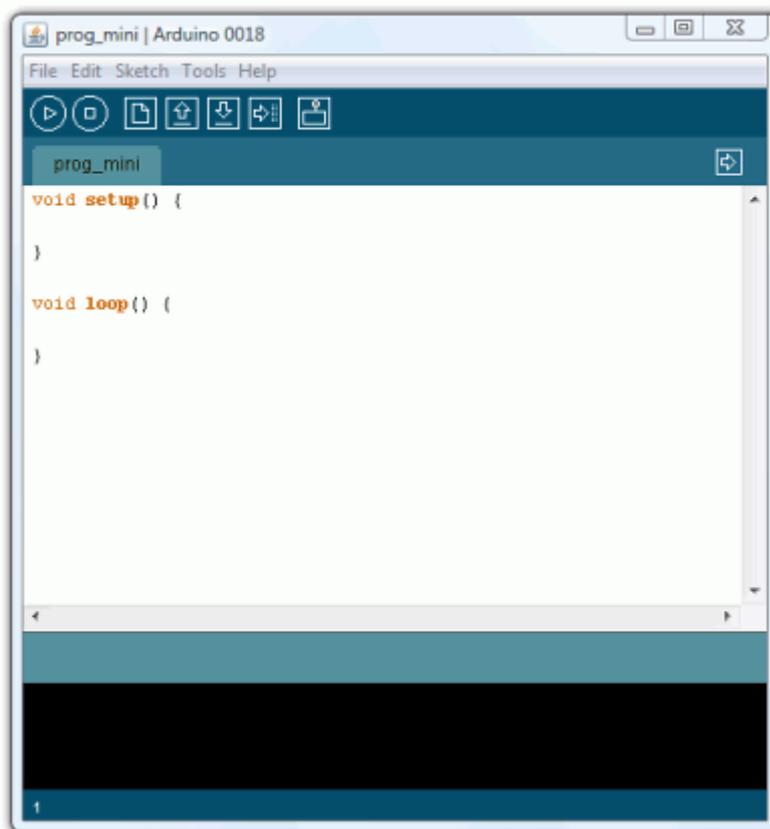


Figure III.1 : Espace de développement Intégré (EDI) Arduino

III.2.3. Logiciel Arduino

Le logiciel Arduino a pour fonctions principales :

- de pouvoir écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino
- de se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes
- de communiquer avec la carte Arduino

Cet espace de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino comporte :

- une **BARRE DE MENUS** comme pour tout logiciel une interface graphique (GUI),
- une **BARRE DE BOUTONS** qui donne un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel et fait toute sa simplicité d'utilisation,
- un **EDITEUR** (à coloration syntaxique) pour écrire le code de programme, avec onglets de navigation,
- une **ZONE DE MESSAGES** qui affiche indique l'état des actions en cours,
- une **CONSOLE TEXTE** qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme

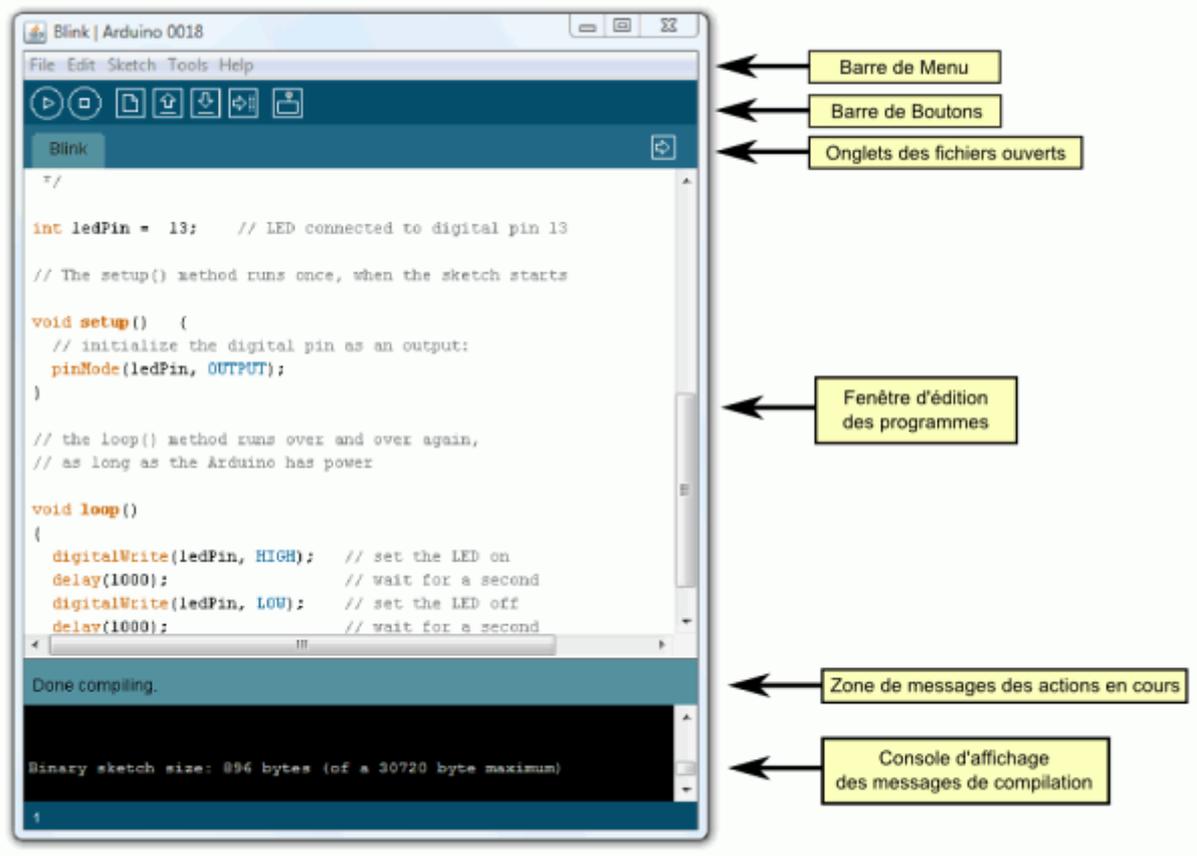


Figure III.2 : présentation de l'EDI

Le logiciel Arduino intègre également :

- un TERMINAL SERIE (fenêtre séparée) qui permet d'afficher des messages textes reçus de la carte Arduino et d'envoyer des caractères vers la carte Arduino. Cette fonctionnalité permet une mise au point facilitée des programmes, permettant d'afficher sur l'ordinateur l'état de variables, de résultats de calculs ou de conversions analogique-numérique : un élément essentiel pour améliorer, tester et corriger ses programmes.

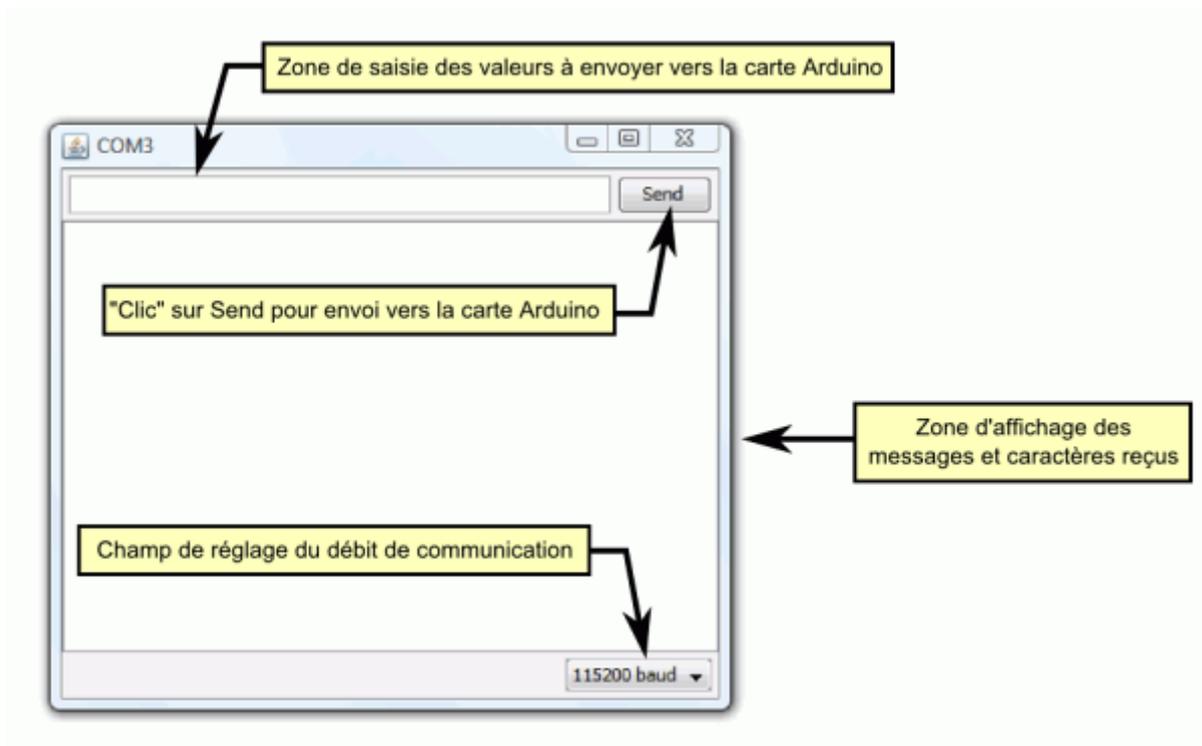


Figure III.3 : Le Terminal Serie

III.2.4. Principe général d'utilisation

Le code écrit avec le logiciel Arduino est appelé un programme (ou une séquence - sketch en anglais) :

- Ces programmes sont écrits dans l'**éditeur de texte**. Celui-ci a les fonctionnalités usuelles de copier/coller et de rechercher/remplacer le texte.
- la **zone de messages** donne l'état de l'opération en cours lors des sauvegardes, des exportations et affiche également les erreurs.
- La **console texte** affiche les messages produits par le logiciel Arduino incluant des messages d'erreur détaillés et autres informations utiles.
- la **barre de boutons** permet de vérifier la syntaxe et de transférer les programmes, créer, ouvrir et sauver votre code, et ouvrir le moniteur série.
- la barre des menus permet d'accéder à toutes les fonctionnalités du logiciel Arduino.

III.2. 5. Description de la barre des boutons



Vérifier/compiler: Vérifie le code à la recherche d'erreur.



Stop: Stoppe le moniteur série ou les autres boutons activés.



Nouveau: Crée un nouveau code (ouvre une fenêtre d'édition vide)



Ouvrir: Ouvre la liste de tous les programmes dans votre "livre de programmes". Cliquer sur l'un des programmes l'ouvre dans la fenêtre courante.



Sauver: Enregistre le programme.



Transférer vers la carte : Compile le code et le transfère vers la carte Arduino.



Moniteur Série : Ouvre la fenêtre du moniteur (ou terminal) série.

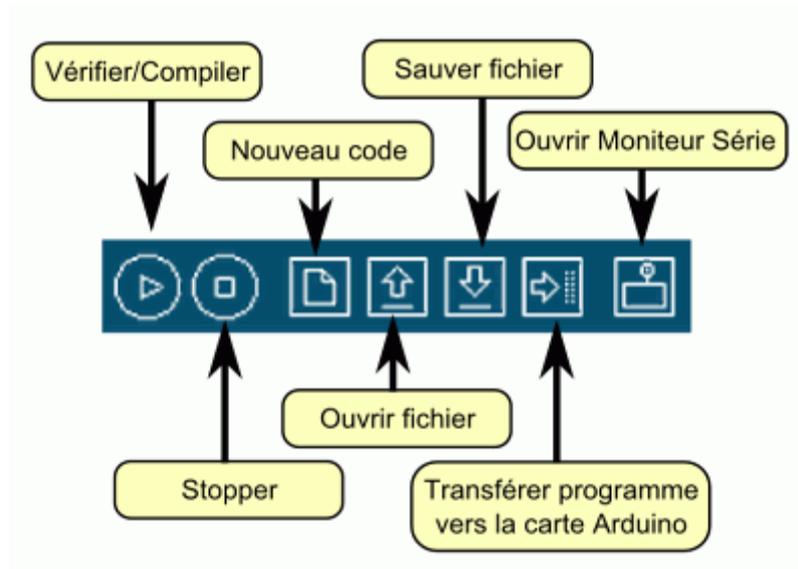


Figure III.4 : La barre des boutons

III.2. 6. Description des menus

Des commandes complémentaires sont disponibles dans cinq menus :

- **File** (Fichier),
- **Edit** (Editer),
- **Sketch** (Programme ou Séquence),
- **Tools** (Outils),
- **Help** (Aide),

Le menu est sensible au contexte ce qui signifie que seulement les items correspondant au travail en cours sont disponibles.

- *Menu File (Fichier)*

- Propose toutes les fonctionnalités usuelles pour gérer les fichiers,
- Sketchbook (Programme) :

Fonctionnalité permettant d'avoir accès directement à tous les programmes dans la répertoire de travail.

- Exemples (Exemples) :

Cet item vous propose un menu déroulant vers toute une série de programmes d'exemples disponibles.

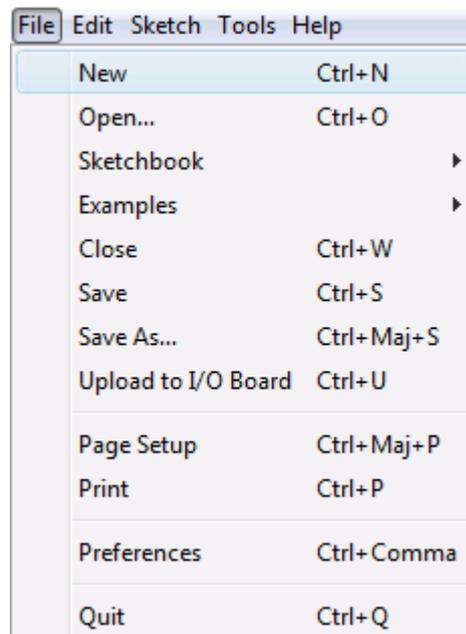


Figure III.5 : le Menu file

- **Menu Sketch (Programme)**

- Verify/Compile (Vérifier/compiler) :

Vérifie le code à la recherche d'erreurs

- Import Library (Importer la librairie) :

Ajoute une librairie au programme en insérant l'instruction `#include` dans le code.

- Show Sketch Folder (Montrer le répertoire du programme) :

Ouvre le répertoire courant du programme sur le bureau

- Add File... (Ajouter un fichier) :

Ajoute un fichier source au programme (il sera copié à partir de sa localisation courante. Le nouveau fichier apparaît dans un nouvel onglet dans la fenêtre

d'édition. Les fichiers peuvent être retirés du programme en utilisant le menu "tab".

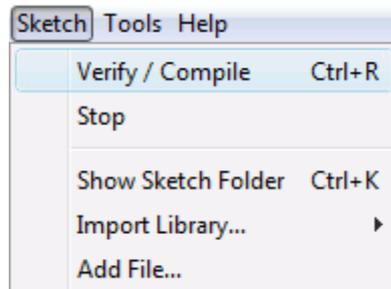


Figure III. 6 : Menu **Sketch**

- **Menu Tools (Outils):**

- Auto Format (Mise en forme Automatique) :

Cette fonction formate le code joliment : c'est à dire ajuste le code de façon à ce que les accolades soient alignées et que ce que les instructions entre les accolades soient davantage décalées.

- Board (Carte) :

Sélectionne la carte Arduino utilisée.

- Serial Port (Port Série) :

Ce menu contient tous les ports séries (réels ou virtuels) présents sur l'ordinateur. Il est automatiquement mis à jour à chaque fois que le niveau supérieur du menu outils soit ouvert.

- Burn Bootloader (Graver le bootloader) :

Cette fonctionnalité permet de graver le bootloader dans le microcontrôleur sur une carte Arduino. Ceci n'est pas nécessaire pour une utilisation normale de la carte Arduino (le bootloader est déjà gravé dans la carte) mais peut être utile si

pour un nouvel ATmega (qui sera normalement livré sans bootloader). On assure qu'on a sélectionné la carte correcte dans le menu **Boards** avant de graver le bootloader. Si on utilise un AVR ISP, on doit sélectionner l'item correspondant au programmeur dans le menu **Serial Port**

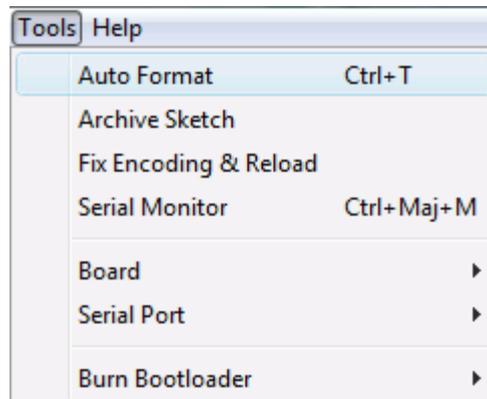


Figure III.7 : Menu Tools

- *Menu Help*

Propose tout ce qui peut être utile pour être aidé lors de l'écriture des programmes, notamment un lien vers la référence du langage en anglais

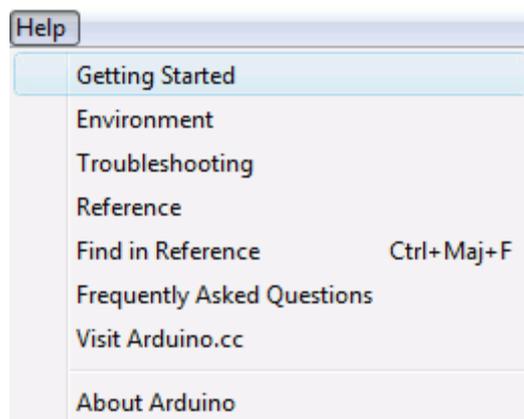


Figure III.8 : Menu Help

III.2.7. Transfert des programmes vers la carte Arduino

III.2.7.1. la Vérification du code

On suppose ici qu'un programme correctement écrit se trouve dans la fenêtre éditeur. Pour la première programmation de la carte, on doit y aller dans le menu File>Exemples>Digital>Blink : un programme s'ouvre avec du code dans la fenêtre éditeur.

On appuyant alors sur le bouton Verify de la barre d'outils pour lancer la vérification du code :



Si tout va bien, aucun message d'erreur ne doit apparaître dans la console et la zone de message doit afficher Done Compiling attestant que la vérification s'est bien déroulée.

III.2.7.2. La sélection du port et de la bonne carte Arduino

Avant de transférer de programme vers la carte Arduino, On doit vérifier qu'on a bien sélectionné la bonne carte Arduino depuis le menu **Tools > Board** (Outils > Carte). Les cartes sont décrites ci-dessous. La carte doit évidemment être connectée à l'ordinateur via un câble USB.

On doit également sélectionner le bon port série depuis le menu **Tools > Serial Port** (Outils > Port Série) :

- Sur un Mac, le port série ressemble probablement à quelque chose comme /dev/tty.usbserial-1B1 (pour une carte USB), ou /dev/tty.USA19QW1b1P1.1 (pour une carte série connectée avec un adaptateur USB-vers-Série).
- Sous Windows, c'est probablement COM1 ou COM2 (pour une carte série) ou COM4, COM5, COM7 ou supérieur (pour une carte USB) - pour trouver le bon, On peut chercher dans la rubrique des ports série USB dans la section des ports du panneau de configuration ou du gestionnaire de périphériques.

- Sous Linux, ça devrait être /dev/ttyUSB0, /dev/ttyUSB1 ou équivalent.

III.2.7.3. Trasfert du programme

Une fois qu'on a sélectionné le bon port série et la bonne carte Arduino, on clique sur le bouton UPLOAD (Transfert vers la carte) dans la barre d'outils, ou bien sélectionner le menu File > Upload to I/O board (Fichier > Transférer vers la carte).

A ce moment précis : l'INSTANT MAGIQUE !!!

Sur la plupart des cartes, On doit voir les LEDs des lignes RX et TX clignoter rapidement, témoignant que le programme est bien transféré. Durant le transfert, le bouton devient jaune et le logiciel Arduino affiche un message indiquant que le transfert est en cours :



Une fois le transfert terminé, le logiciel Arduino doit afficher un message indiquant que le transfert est bien réalisé, ou montrer des messages d'erreurs.

III.3. La carte Arduino Uno



Figure III.9 : La Carte Arduino Uno

La carte Arduino Uno est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328

Elle dispose :

- de 14 broches numériques d'entrées/sorties (dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)),
- de 6 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques),
- d'un quartz 16Mhz,
- d'une connexion USB,
- d'un connecteur d'alimentation jack,
- d'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit"),
- et d'un bouton de réinitialisation (reset).

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur; Pour pouvoir l'utiliser, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

La carte Arduino Uno diffère de toutes les cartes précédentes car elle n'utilise pas le circuit intégré FTDI usb-vers-série. A la place, elle utilise un Atmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série.

III.3.1. Synthèse des caractéristiques

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (ATmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tab.III.1 : Les caractéristiques de la carte Arduino

III.3.2. Brochage de la carte Uno

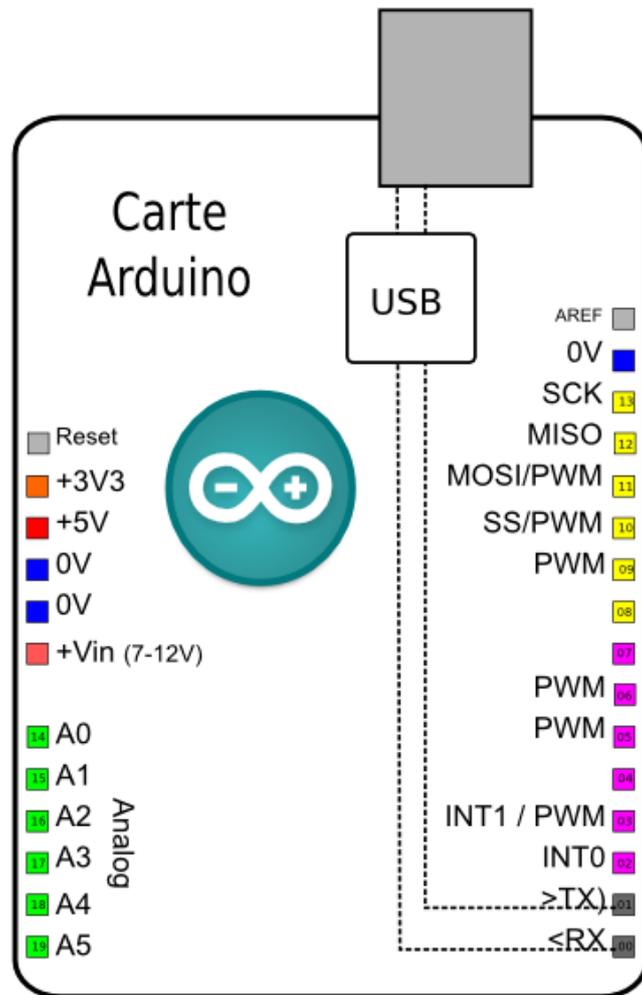


Figure III.10 : Les différentes broches d'Arduino

- Alimentation

La carte Arduino Uno peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus).

L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées Gnd (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation.

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- VIN. La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- 5V. La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- 3V3. Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour

certaines circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V). L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA

- GND. Broche de masse (ou 0V).
- Mémoire

L'ATmega 328 à 32Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 0.5Ko également utilisés par le bootloader). L'ATmega 328 a également 2ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile - mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM).

- Entrées et sorties numériques

Chacune des 14 broches numériques de la carte UNO (numérotées des 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode()`, `digitalWrite()` et `digitalRead()` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite(broche, HIGH)`.

De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Communication Serie:** Broches 0 (RX) et 1 (TX). Utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données séries de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.
- **Interruptions Externes:** Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant.
- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée):** Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction `analogWrite()`.

- **SPI (Interface Série Périphérique):** Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.
- **I2C:** Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils") .
- **LED:** Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

- Broches analogiques

La carte Uno dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead()` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference()` du langage Arduino.

Note : les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques : elles sont numérotées en tant que broches numériques de 14 à 19.

- Autres broches

Il y a deux autres broches disponibles sur la carte :

- **AREF :** Tension de référence pour les entrées analogiques (si différent du 5V). Utilisée avec l'instruction `analogReference()`.
- **Reset :** Mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation (le redémarrage) du microcontrôleur. Typiquement, cette broche est utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte.

- **Communication**

La carte Arduino Uno dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs. L'ATmega 328 dispose d'une UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou émetteur-récepteur asynchrone universel en français) pour communication série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX). Un circuit intégré ATmega8U2 sur la carte assure la connexion entre cette communication série vers le port USB de l'ordinateur et apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels de l'ordinateur. Le code utilisé pour programmer l'ATmega8U2 utilise le driver standard USB COM, et aucun autre driver externe n'est nécessaire. Cependant, sous Windows, un fichier .inf est requis.

Le logiciel Arduino inclut une fenêtre terminal série (ou moniteur série) sur l'ordinateur et qui permet d'envoyer des textes simples depuis et vers la carte Arduino.

- **Protection du port USB contre la surcharge en intensité**

La carte Arduino Uno intègre un polyfusible réinitialisable qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé.

- **Caractéristiques Mécaniques**

Les longueurs et largeurs maximales de la Uno sont respectivement 6.86 cm et 5.33 cm, avec le connecteur USB et le connecteur d'alimentation Jack s'étendant au-delà des dimensions de la carte. Quatre trous de vis permettent à la carte d'être fixée sur une surface ou dans un boîtier. Noter que la distance entre les broches 7

et 8 est de 0.16 pouces, et non un multiple des 0.1 pouces séparant les autres broches[9].

III. 4. Android

prononcé Androïd, est un système d'exploitation mobile pour smartphones, tablettes tactiles, PDA, smartwatches et terminaux mobiles. C'est un système open source utilisant le noyau Linux. Il a été lancé par une startup du même nom rachetée par Google en 2005. D'autres types d'appareils possédant ce système d'exploitation existent, par exemple des téléviseurs, des radio-réveils, des montres connectées, des autoradios et même des voitures.

III.4.1. Caractéristiques

Dans le Guide du développeur, Android est défini comme étant une pile de logiciels, c'est-à-dire un ensemble de logiciels destinés à fournir une solution clé en main pour les appareils mobiles – smartphones et tablettes tactiles. Cette pile comporte un système d'exploitation (comprenant un noyau Linux), les applications clés telles que le navigateur web, le téléphone et le carnet d'adresses ainsi que des logiciels intermédiaires entre le système d'exploitation et les applications. L'ensemble est organisé en cinq couches distinctes:

- le noyau Linux avec les pilotes ;
- des bibliothèques logicielles telles que WebKit, OpenGL, SQLite ou FreeType ;
- une machine virtuelle et des bibliothèques permettant d'exécuter des programmes prévus pour la plate-forme Java ;
- un framework - kit de développement d'applications ;
- un lot d'applications standard parmi lesquelles il y a un environnement de bureau, un carnet d'adresses, un navigateur web et un téléphone.

Les services offerts par Android facilitent notamment l'exploitation des réseaux de télécommunications GSM, Bluetooth, Wi-Fi et UMTS, la manipulation de médias, notamment de la vidéo H.264, de l'audio MP3 et des images JPEG ainsi que d'autres

formats, l'exploitation des senseurs tels que les capteurs de mouvements, la caméra, la boussole et le récepteur GPS, l'utilisation de l'écran tactile, le stockage en base de données, le rendu d'images en 2D ou 3D en utilisant le processeur graphique, l'affichage de page web, l'exécution multitâche des applications et l'envoi de messages SMS.

Bien que ne faisant pas partie de la pile de logiciels, l'environnement de développement qui comporte un émulateur de téléphone et un plugin pour Eclipse peut aussi être considéré comme une fonctionnalité d'Android. Et Google Play, une boutique en ligne permettant l'achat et le téléchargement d'applications pour Android, joue un rôle essentiel pour la popularité de ce système d'exploitation.

Android est distribué en open source sous licence Apache. La licence autorise les constructeurs qui intègrent Android dans leurs appareils à y apporter des modifications leur permettant de se distinguer de leurs concurrents et il a été adopté par de nombreux constructeurs de produits concurrents de l'iPhone.

Le noyau Linux est utilisé pour les fondations d'Android, les services classiques des systèmes d'exploitation : utilisation des périphériques, accès aux réseaux de télécommunication, manipulation de la mémoire et des processus et contrôle d'accès. Il s'agit d'une branche du noyau Linux, modifiée en vue de son utilisation sur des appareils mobiles. Le X Window System, les outils de GNU, ainsi que certains fichiers de configuration qui se trouvent d'ordinaire dans les distributions Linux ne sont pas inclus dans Android. L'équipe de développement d'Android a apporté de nombreuses améliorations au noyau Linux, et la décision a été prise par la communauté de développement de Linux d'incorporer ces améliorations dans le noyau Linux 3.3.

III.4.2. Android et la plateforme Java

Android comporte une machine virtuelle nommée Dalvik, qui permet d'exécuter des programmes prévus pour la plate-forme Java. C'est une machine virtuelle conçue dès le départ pour les appareils mobiles et leurs ressources réduites - peu de puissance de calcul et peu de mémoire. En effet les appareils mobiles contemporains de 2011 ont la

puissance de calcul d'un ordinateur personnel vieux de dix ans. La majorité, voire la totalité des applications est exécutée par la machine virtuelle Dalvik.

Le bytecode de Dalvik est différent de celui de la machine virtuelle Java de Oracle (JVM), et le processus de construction d'une application est différent : le code source de l'application, en langage Java est tout d'abord compilé avec un compilateur standard qui produit du bytecode pour JVM (bytecode standard de la plateforme Java) puis ce dernier est traduit en bytecode pour Dalvik par un programme inclus dans Android, du bytecode qui pourra alors être exécuté.

L'ensemble de la bibliothèque standard d'Android ressemble à J2SE (Java Standard Edition) de la plateforme Java. La principale différence est que les bibliothèques d'interface graphique AWT et Swing sont remplacées par des bibliothèques d'Android.

Le développement d'applications pour Android s'effectue avec un ordinateur personnel sous Mac OS, Windows ou Linux en utilisant le JDK de la plate-forme Java et des outils pour Android. Des outils qui permettent de manipuler le téléphone ou la tablette, de la simuler par une machine virtuelle, de créer des fichiers APK (les fichiers de paquet d'Android), de déboguer les applications et d'y ajouter une signature numérique. Ces outils sont mis à disposition sous la forme d'un plugin pour l'environnement de développement Eclipse.

La bibliothèque d'Android permet la création d'interfaces graphiques selon un procédé similaire aux frameworks de quatrième génération que sont XUL, JavaFX ou Silverlight: l'interface graphique peut être construite par déclaration et peut être utilisée avec plusieurs skins - chartes graphiques. La programmation consiste à déclarer la composition de l'interface dans des fichiers XML ; la description peut comporter des ressources (des textes et des pictogrammes). Ces déclarations sont ensuite transformées en objets tels que des fenêtres et des boutons, qui peuvent être manipulés par de la programmation Java. Les écrans ou les fenêtres (activités dans le jargon d'Android), sont remplis de plusieurs vues ; chaque vue étant une pièce d'interface graphique (bouton, liste, case à

cocher...). Android 3.0, destiné aux tablettes, introduit la notion de fragments: des panneaux contenant plusieurs éléments visuels. Une tablette ayant - contrairement à un téléphone - généralement suffisamment de place à l'écran pour plusieurs panneaux.

III.4.4. Utilisation

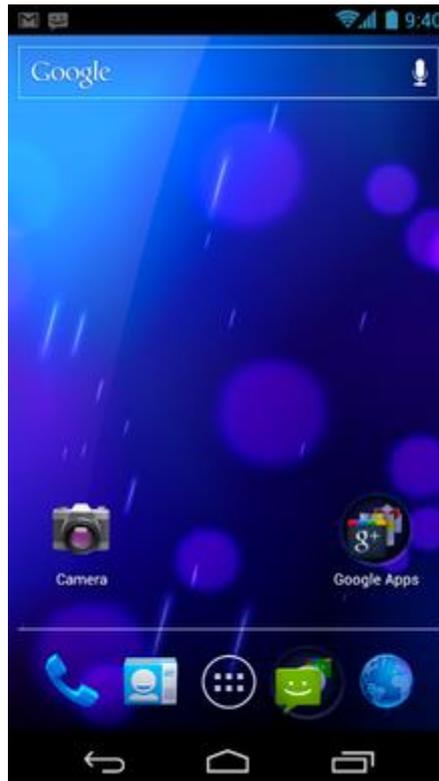


Figure III.11 :L'écran d'accueil d'Android 4.0

Après l'introduction d'un code personnel (exemple : code PIN), les appareils équipés d'Android affichent un écran d'accueil qui sert de point de départ à partir duquel l'utilisateur peut accéder aux applications. Le contenu de cet écran peut être librement personnalisé par l'utilisateur et est souvent personnalisé par les fabricants, il se comporte comme une pile de feuilles qui peuvent être glissées l'une sur l'autre avec le doigt. En haut de l'écran d'accueil se trouvent différentes icônes d'avertissement et d'état qui permettent par exemple de contrôler le niveau de la batterie et la disponibilité des réseaux.

Depuis cet écran d'accueil, une icône permet à l'utilisateur d'accéder à l'écran de lancer : sur cet écran est affichée la liste de toutes les applications installées dans l'appareil, que l'utilisateur pourra éventuellement ajouter à l'écran d'accueil. Lorsqu'une application est exécutée, l'écran de l'application sera affiché en lieu et place de l'écran d'accueil et un bouton permet à l'utilisateur d'y revenir.

Les gestes reconnus par l'écran tactile des appareils Android sont : toucher l'écran, enfoncer (toucher et maintenir le doigt en contact avec l'écran), déplacer (enfoncer, puis déplacer le doigt en restant en contact avec l'écran), glisser (déplacer le doigt en contact avec l'écran sans s'arrêter), double frappe (toucher deux fois de suite un dessin à l'écran dans un délai très court), pincer (mettre deux doigts en contact avec l'écran, puis les rapprocher) et tourner l'écran (changer la position du téléphone, le poser sur le dessus ou sur le côté).

Lorsque l'utilisateur doit entrer un texte, Android affiche en bas de l'écran le clavier virtuel - une simulation d'un clavier d'ordinateur. Ce clavier comporte une fonction de copier-coller ainsi que de reconnaissance vocale - qui permet à l'utilisateur de dicter le texte par oral plutôt que de se servir des touches[10].

III. 5. Bluetooth

Bluetooth est un standard de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance et utilisant des ondes radio UHF. Son objet est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques en supprimant des liaisons filaires.

Elle peut remplacer par exemple les câbles entre ordinateurs, tablettes, téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes, scanners, claviers, souris, manettes de jeu vidéo, téléphones portables, PDA, systèmes et kits mains libres micro et/ou écouteurs, autoradios, appareils photo numériques, lecteurs de code-barres et bornes publicitaires interactives.

III. 5.1. Origine du nom et du logo

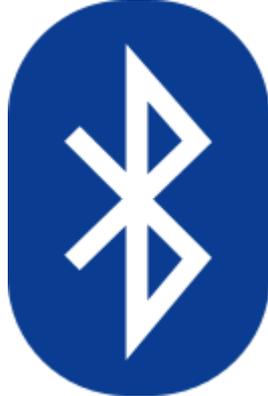


Figure III.12 : Le Logo Bluetooth

Le logo de Bluetooth, inspiré des initiales en alphabet runique de Harald Blåtand.

Le nom « Bluetooth » est directement inspiré du surnom anglicisé du roi danois Harald à la dent bleue (en danois Harald Blåtand, en anglais Harald Bluetooth), connu pour avoir réussi à unifier les tribus danoises au sein d'un même royaume, introduisant du même coup le christianisme. L'idée de ce nom a été proposée en 1996 par Jim Kardach d'Intel, un ingénieur travaillant alors sur le développement d'un système qui allait permettre aux téléphones cellulaires de communiquer avec des ordinateurs. Au temps où Kardach fit cette proposition, un homologue d'Ericsson lui avait parlé de ce souverain après avoir lu le roman historique Orm le Rouge de Frans Gunnar Bengtsson, se déroulant dans le monde viking sous son règne. L'implication est que de la même façon que le roi Harald a unifié son pays et rassemblé le Danemark et la Norvège, Bluetooth relie les télécommunications et les ordinateurs et « unifie » les appareils entre eux.

Le logo de Bluetooth est d'ailleurs inspiré des initiales en alphabet runique (Futhark récent) de Harald Blåtand : ✞ (Hagall) (H) et Bjarkan (B).

III.5.2. La modulation Bluetooth

Deux modulations sont définies : une modulation obligatoire utilise une modulation de fréquence binaire pour minimiser la complexité de l'émetteur ; une modulation optionnelle utilise une modulation de phase (PSK à 4 et 8 symboles). La rapidité de modulation est de 1 Mbaud pour toutes les modulations. La transmission duplex utilise une division temporelle

Il existe trois classes de modules radio Bluetooth sur le marché :

Classe	Puissance	Portée
1	100 mW (20 dBm)	100 mètres
2	2,5 mW (4 dBm)	10 à 20 mètres
3	1 mW (0 dBm)	Quelques mètres

Tab.III.2 : Les différentes classe de module Bluetooth

La plupart des fabricants d'appareils électroniques utilisent des modules classe 2.

III. 5.3. Les modules HC06



Figure III .13 : Le module Bluetooth

Ils permettent simplement de disposer d'une liaison Bluetooth sur un projet.

III. 5.3.1. Utilisation

Il y a 6 pattes dont 4 uniquement sont utilisées couramment. Dans l'ordre :

KEY : non utilisé (sauf configuration du HC05).

VCC : alimentation en 5V du Arduino.

GND : à relier au GND de l'Arduino

TXD : à relier au RX de l'Arduino . Le signal émis vers arduino est de 0 ou 3.3V.

RXD : à relier au TX de l'Arduino, mais par le biais d'un diviseur de tension. En effet, la tension d'entrée acceptée est de 0 ou de 3.3V, alors que le TX de l'Arduino émet du 0 ou du 5V

STATE : non utilisé.

Pour le diviseur de tensions, on pourra utiliser deux résistances :

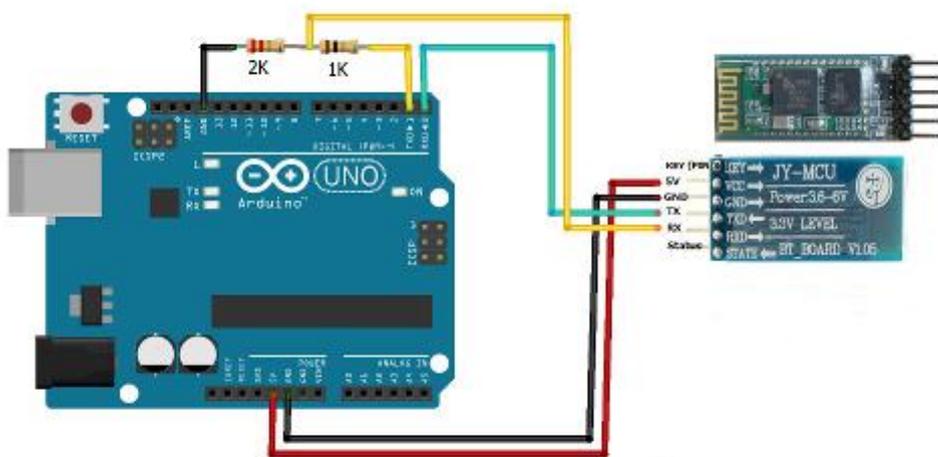


Figure III .14 : Branchage de module avec Arduino

Une autre solution sera d'utiliser un circuit intégré 74HC4050 (ou autre de type 4050).

On alimente la patte VCC de ce circuit en 3.3V du Arduino.

Les entrées qui arrivent en 0V donneront des sorties en 0V.

Les entrées qui arrivent en 5V donneront des sorties en 3.3V.

Une seule précaution : lors des téléchargements des sketches, mieux vaut déconnecter TX et RX pour ne pas créer de conflit avec la liaison série.

Ensuite, c'est très simple puisque les commandes sont celles de la liaison série

Le nom par défaut ressemble à HC05 ou HC06 et le mot de passe par défaut est 1234 [12].

III. 6. Conclusion

Ce chapitre comprend trois étapes concernant successivement :

- (I) l'environnement Arduino et le microcontrôleur Arduino et ses différents services,
- (II) l'environnement Android et la plateforme Java,
- (III) le Transmission par Bluetooth.

Chapitre IV : Réalisation pratique de l'ECG et l'utilisation de la plateforme proposée

IV.1.Introduction

Le principe le plus classique d'une mesure physiologique consiste à capter, amplifier mettre en forme et visualiser les variations de grandeurs physiques issus des différents du corps humain. Dans ce chapitre nous présentons le circuit que nous avons réalisé et ainsi la plateforme.

IV.2. La mise en forme d'un signal

La mise en forme du signal est une chaîne de mesure qui comporte un certain nombre de composants électroniques, permettant le traitement analogique de signal (amplification, filtrage, adaptation d'impédance, calibration, étalonnage, linéarisation...). Après la mise en forme nous ramenons le signal de sortie des différents circuits à un niveau compatible pour être connecté à un microcontrôleur.

IV.2.1.Réalisation pratique de la chaîne d'amplification de l'Electrocardiogramme (ECG)

Le schéma bloc suivant représente la réalisation pratique d'un électrocardiogramme ECG. A travers ce schéma bloc deux grandes parties se distinguent, partie des électrodes et la partie d'amplification différentielle.

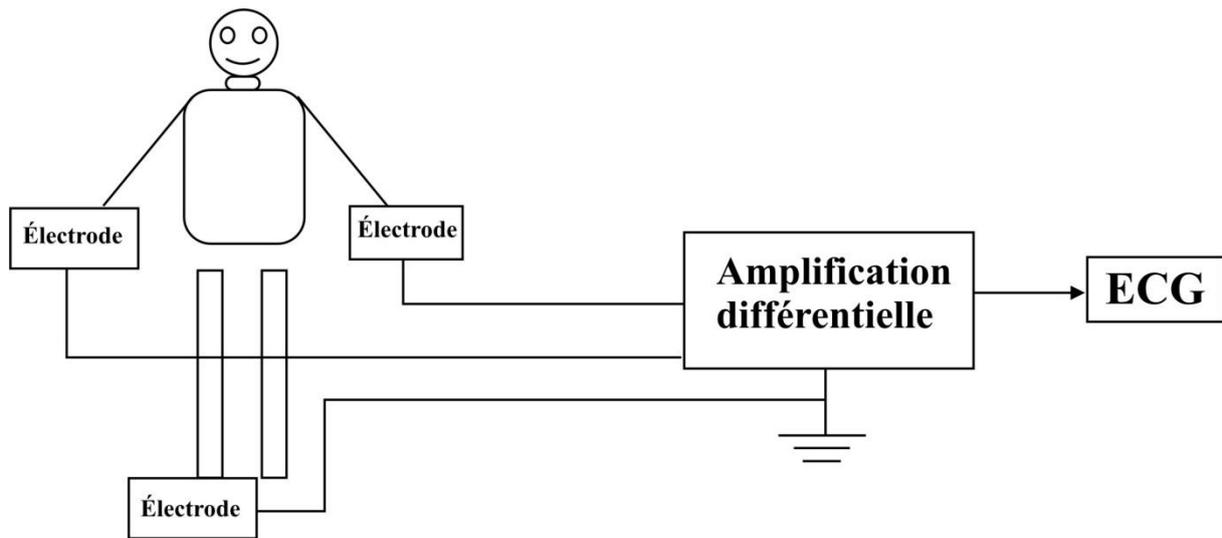


Figure VI.1 : La chaîne d'amplification d'ECG

Les signaux captés étant particulièrement faibles, des amplificateurs de hautes performances (gain, linéarité, différentialité, minimum de bruit de fond) sont souvent nécessaires.

L'indisponibilité des composants spécialisés en instrumentation biomédicale nous à poser certaines difficultés. Aussi nous nous sommes rabattus sur le simple amplificateur opérationnel LM324 disponible. Le premier étage de la chaîne de traitement est le plus important .C'est celui où on a recours à l'Amplificateur d'instrumentation (Instrumentation Amplifier).Cet élément prend en charge l'amplification, l'adaptation, l'élimination de la tension de mode commun et même, dans certains cas, l'isolation du patient des courants de fuites.

Après le recueil de l'information, un traitement de celle-ci est nécessaire .Ce dernier inclut dans notre cas : l'amplification en améliorant le gain et le filtrage pour éliminer le bruit.

Un A.I. est un amplificateur différentiel adapté au traitement des signaux en présence d'une tension de mode commun relativement importante et dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Gain différentiel réglable (de 1 à 10000)
- Impédance d'entrée très élevée (10 K Ω en parallèle avec quelques μ F)

- Impédance de sortie très faible (0.1Ω).
- Courant de polarisation des entrées très faible (de quelques pA à quelques nA).
- Grande stabilité thermique des performances ($0.0015\ %/\text{°C}$ pour le gain différentiel).
- Taux de réjection en mode commun très élevé ($>100\text{dB}$).

Les signaux que l'on visualise sont généralement mesurés par rapport à une électrode dite de référence (CONN-SIL3, FL). Celle-ci est placée à un endroit précis du corps (pied gauche). Il s'agit donc de mesurer le potentiel de chaque électrode (CONN-SIL1LA et CONN-SIL2RA) par rapport à celui de l'électrode de référence (celle-ci ne constituant pas une masse). Une mesure différentielle s'impose donc et l'utilisation d'un amplificateur différentiel est nécessaire.

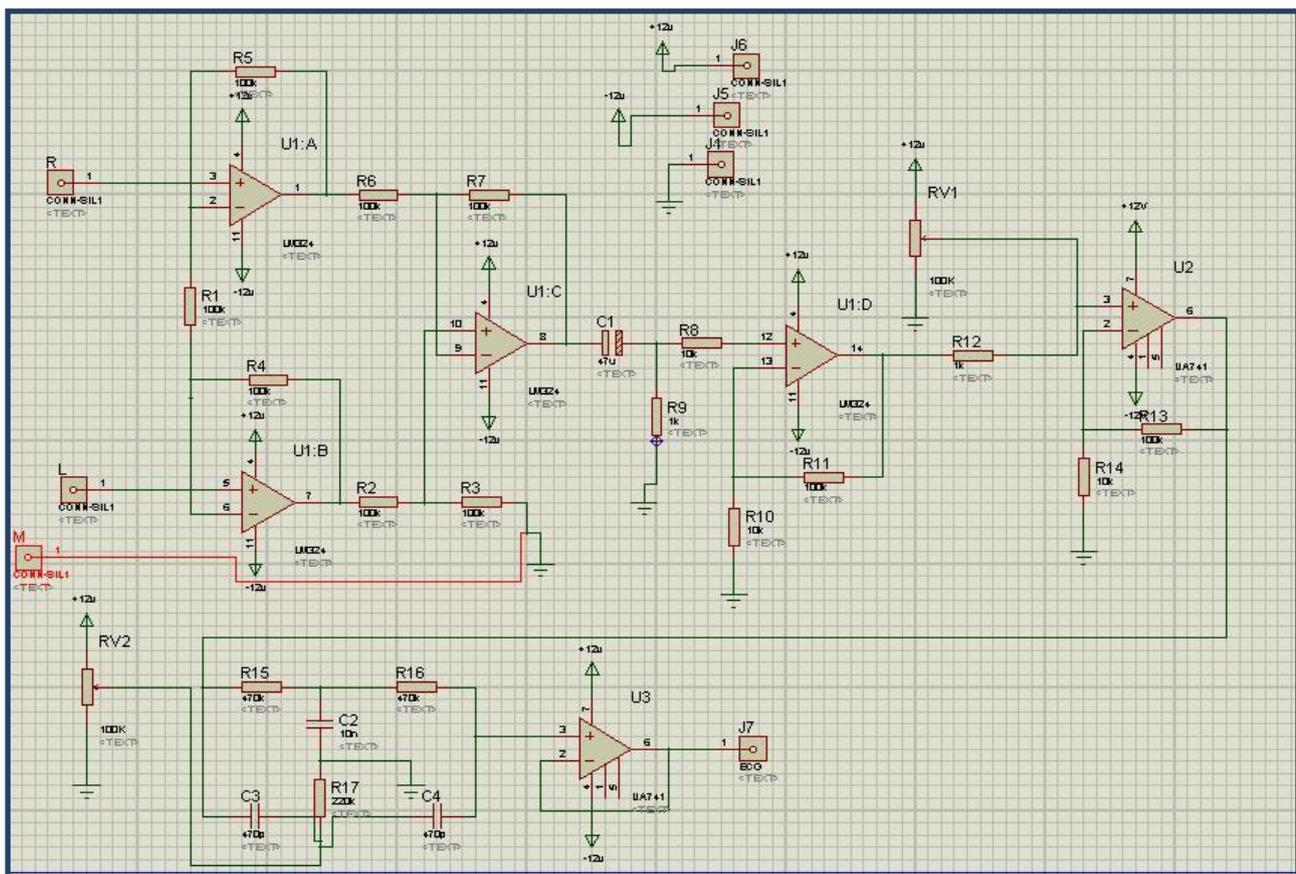


Figure VI.2 : Circuit électronique D'ECG sous ISIS

Le signal obtenu en employant l'amplificateur LM324 (Figure VI.2) est un signal extrêmement faible et bruité, influencé principalement par le 50Hz, donc pour bien l'amplifier et éviter ces perturbations, nous avons employé un amplificateur, U1D avec un gain $AU1D = (1 + \frac{R11}{R10}) = (1 + \frac{100k\Omega}{10k\Omega}) = 11$ et un filtre de type Twin T passif pour éliminer le 50HZ. L'amplificateur U2 (de type $\mu A741$) est utilisé, avec un potentiomètre pour régler la composante continue. Un deuxième amplificateur opérationnel U3 (de type $\mu A741$), à la fin de ce schéma monté en suiveur, permet de réaliser l'adaptation d'impédance. Après avoir été filtré et amplifié, le signal ECG est transmis au Smartphone et peut alors être visualisé.

Les figures suivantes représentent le circuit imprimé et la visualisation 3D du circuit électrique précédant[13].

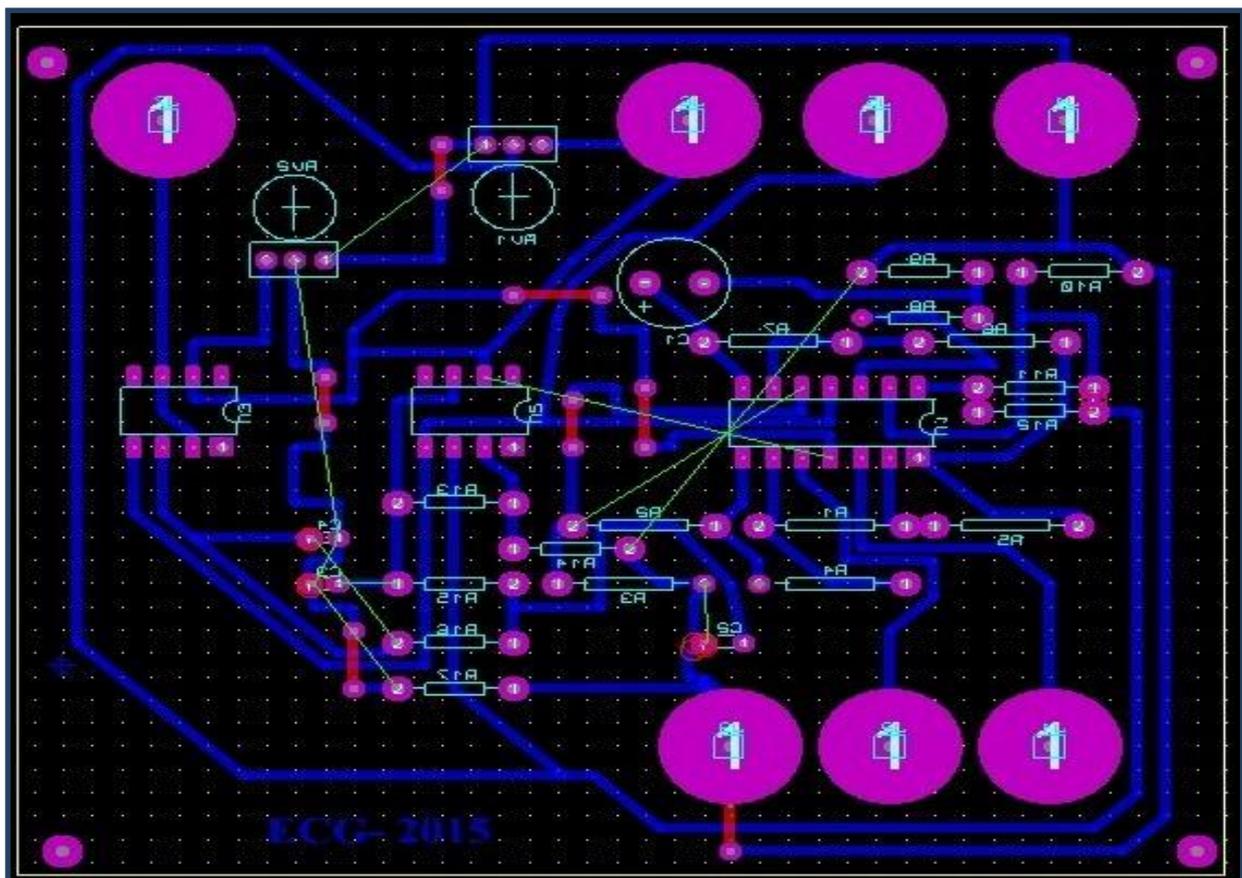


Figure VI.3 : Circuit imprimé d'ECG

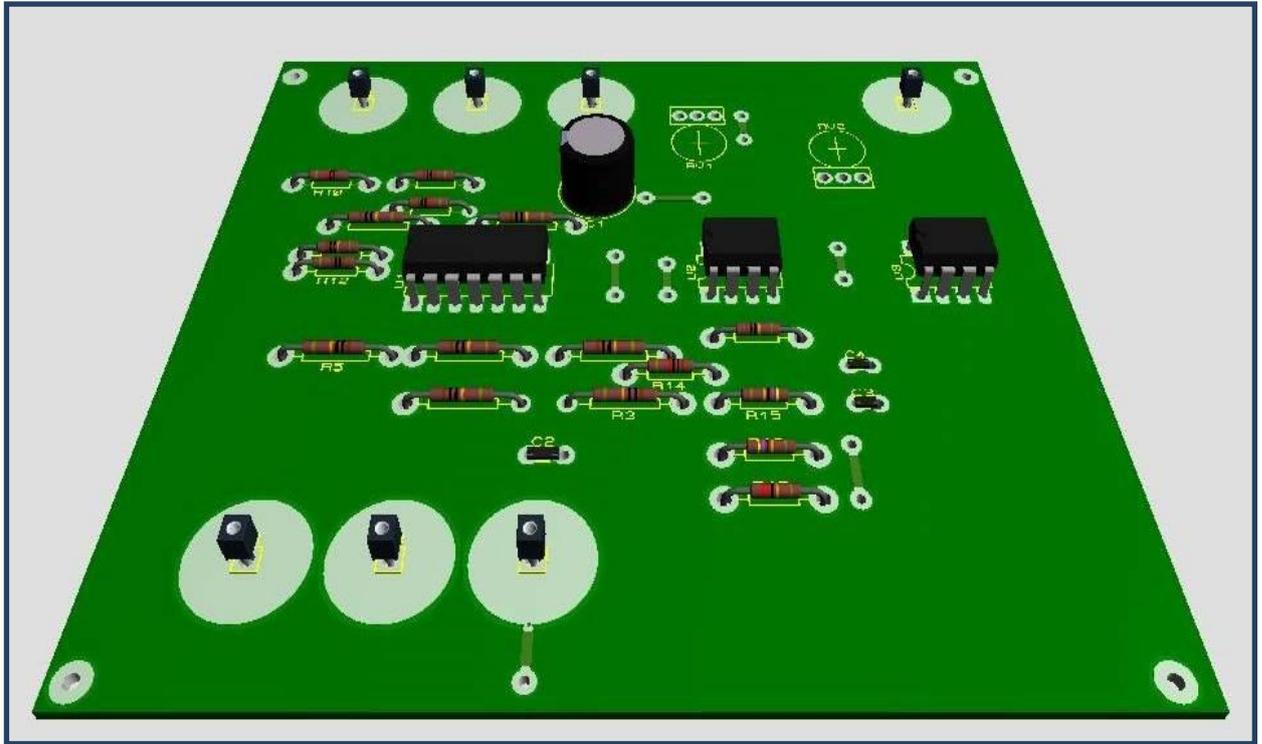


Figure IV.4 Circuit réalisé 3D d'ECG

IV.3. Description de l'application :

L'application est un acteur incontournable de la surveillance de la pression artérielle aussi bien au domicile qu'à l'hôpital, elle améliore la surveillance des accidents vasculaires cérébraux des patients maintenus dans leurs domiciles.



Figure IV. 5 : L'application sous Andoid

L'application détecte la courbe cardiaque et signale les anomalies éventuelles de l'ECG.

L'application permet d'effectuer un enregistrement lorsque les symptômes se font ressentir au domicile ou en déplacement.

Ces enregistrements peuvent ensuite être soumis au médecin, qui les examinera et les utilisera pour établir un diagnostic correct.

L'analyse de la courbe permet d'obtenir certaines informations sur la présence d'une arythmie ou d'une altération du segment ST liée à une cardiopathie ischémique.

Prenant en considération l'état de santé de l'utilisateur, l'ergonomie et la simplicité d'utilisation de l'appareil permettent à l'utilisateur de faire une lecture instantanée et discrète. La conception du capteur d'analyse permet d'obtenir un signal suffisamment clair pour une évaluation plus pointue de l'électrocardiogramme.

La comparaison du rythme et de la forme de l'électrocardiogramme avec des courbes normales permet de diagnostiquer différentes maladies cardiaques.

IV.3.1. Principe de fonctionnement de l'application

- 1-
 - Lancement de l'application par un simple clic sur « Start »



- Connexion avec le module Bluetooth de l'électrocardiographe avant d'entrer dans l'application.
- Saisie du code de la liaison Bluetooth 0000 initialisé par défauts.
- Lancement de l'application et connexion avec le module Bluetooth.
- Clic sur l'icône retour affichée sur la plateforme Android.



- Click sur le bouton « start stream ».

2-

- Affichage des résultats :
- Tracé de l'électrocardiogramme.

IV.3.2. Lieux d'utilisation de l'application

- *Soins primaires*
- ***En cabinet***

Dans le cadre de soins primaires, l'application constitue un moyen rapide d'effectuer un premier dépistage en cabinet sur un patient présentant des symptômes pouvant être liés à un accident vasculaire cérébral.

Établissant bien plus qu'un simple diagnostic de palpitations, l'application fournit des données précises sur la morphologie du signal électro cardiographique qui permet au cardiologue de mettre en évidence des événements tels que des extrasystoles, des contractions ventriculaires prématurées, des contractions supra ventriculaires prématurées et des altérations du segment ST.

- **Consultation externe**

La portabilité du Smartphone le rend très pratique à utiliser pour les consultations externes. L'affichage direct à l'écran permet une évaluation de l'ECG sans impression ni téléchargement préalables des données.

- **Soins au domicile**

Des patients inquiets, ne présentant pas au quotidien des facteurs de risque cardiovasculaire évidents peuvent utiliser l'application sur Smartphone pour une télé surveillance à domicile.

Ces patients surveillant eux-mêmes leur état de santé, leurs symptômes peuvent de ce fait être liés à un état cardiaque.

Les résultats permettent de déterminer la nécessité d'orienter le patient vers des soins secondaires.

- **Soins secondaires**

À l'hôpital

Le médecin peut en effet renvoyer le patient chez lui en mettant l'application à sa disposition afin qu'il l'utilise lorsque les symptômes se produisent. Le médecin peut également demander au patient d'enregistrer son activité cardiaque à intervalles réguliers afin d'évaluer l'influence des cycles circadiens (Télé Mappa).

En outre, cette application peut servir de substitut si le patient refuse l'implantation d'un enregistreur d'événements. La décision de suggérer au patient l'implantation d'un enregistreur d'événements peut faire suite à une période d'utilisation de l'application.

Une fois le diagnostic établi et le traitement du patient déterminé, l'application peut être utilisée pour vérifier la tolérance, l'efficacité et l'observance du traitement médicamenteux. Si les médicaments sont correctement dosés et que le patient respecte le traitement, l'utilisation de l'appareil peut être arrêtée.

- **Hospitalisation**

Lorsqu'ils sont hospitalisés, tous les patients ne sont pas nécessairement sous surveillance cardiaque 24 heures sur 24. L'application peut s'avérer très utile dans certaines situations pour effectuer des diagnostics rapides de la fonction cardiaque.

- Avant et pendant une dialyse
- Après une opération
- Aux urgences

- Surveillance régulière

Une cardiopathie ischémique ou une arythmie peut être transitoire. L'ECG effectué et interprété en milieu hospitalier ou dans un cabinet médical est un examen de routine permettant de déterminer si un patient présente un état cardiaque suspect. En raison des symptômes transitoires, les anomalies ne sont pas toujours détectées, même si la maladie pose un réel problème au quotidien.

Dans de tels cas, l'ECG ambulatoire est une bonne alternative, mais exige au minimum 24 heures pendant lesquelles le patient doit porter l'appareil ainsi que les électrodes et dérivations reliées. Il est également coûteux et chronophage pour le personnel et ne permet pas toujours d'enregistrer un événement lorsqu'il se produit. Parfois, l'aggravation d'un état cardiaque (schéma de plus en plus répétitif des anomalies transitoires) peut alerter et permet de mettre en place un traitement correctif avant une éventuelle crise cardiaque ou un éventuel accident cérébrovasculaire. L'application peut détecter la courbe et fournit au médecin des données pertinentes sur l'état cardiaque du patient dans sa vie de tous les jours. [14].

IV.4. Conclusion

Ce chapitre a été consacré essentiellement à la réalisation pratique de circuit permettant le recueil de signal dédié à l'exploration cardiovasculaire faisant l'objet de notre mémoire. Ce signal devant parvenir à un terminal mobile (Smartphone) après la numérisation et l'envoi pour être visualisés, traités, analysés, archivés, enregistré nous consacrons le chapitre suivant à l'implantation de l'interface Hardware et Software dédiée.

IV. 5 .Interprétation des résultats

IV. 5.1. Alimentation de l'Arduino

La figure IV. 6 montre l'alimentation de l'Arduino par une simple fiche USB.



Figure IV. 6 : Alimentation de l'Arduino

IV. 5.2. Alimentation de Module Bluetooth

La figure IV. 7 montre comment le Bluetooth est alimenté avec l'Arduino, le VCC de module est relié avec le 3.3V de l'Arduino et le Gd avec le Gd de l'Arduino

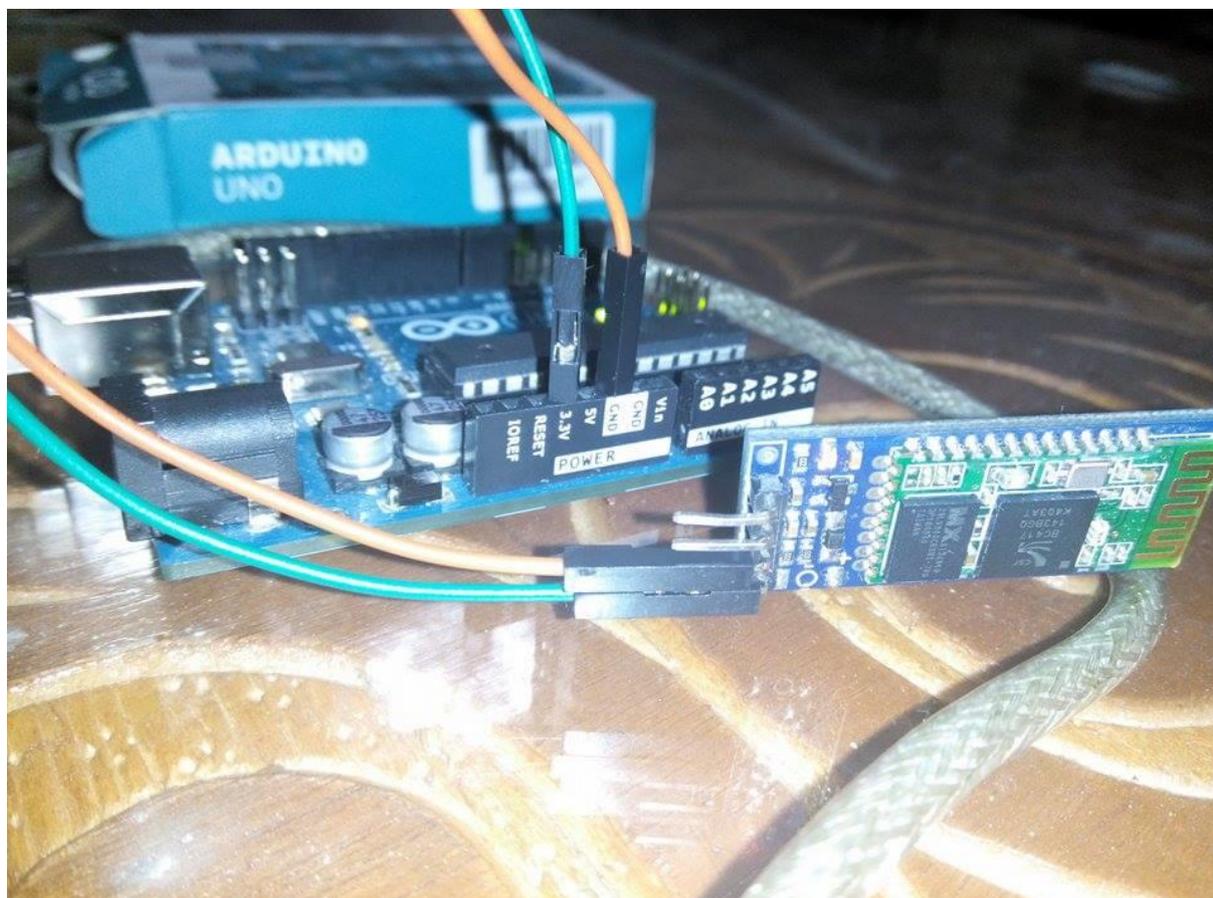


Figure IV. 7 : Alimentation de Module Bluetooth

IV. 5.3. Connexion de Smartphone Avec le module Bluetooth

Les figures IV.8, IV.9 montrent les différentes étapes pour la connexion avec le module Bluetooth



Figure IV.8 : Première étape (Clic sur « Connect »)

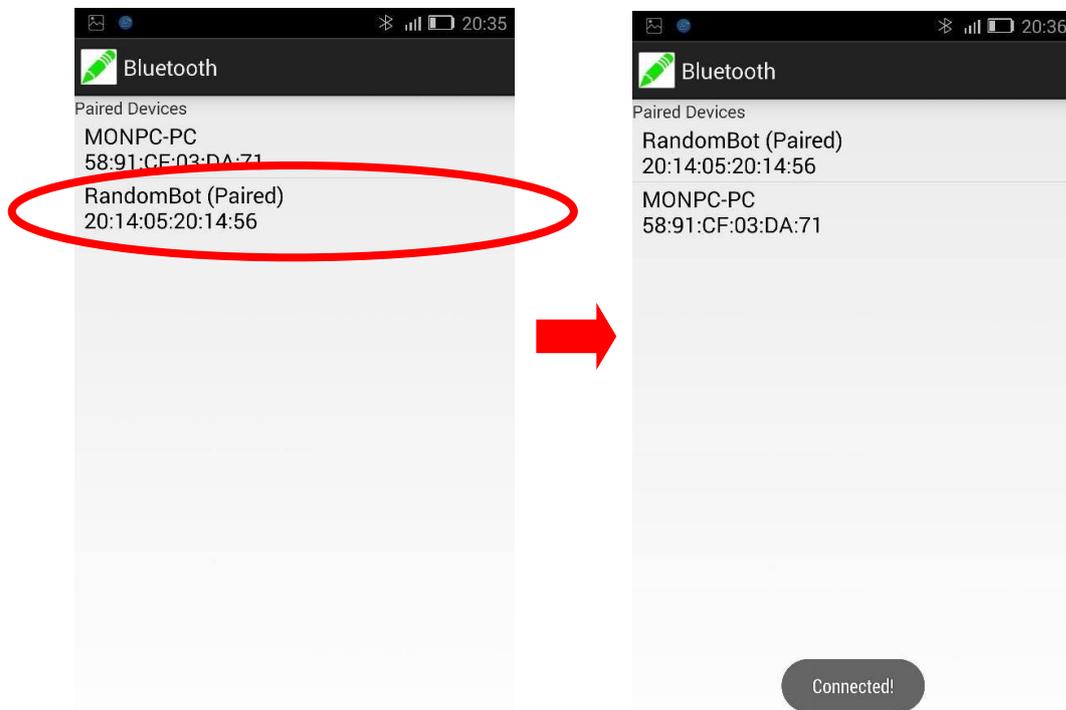


Figure IV.9 : 2eme étape (Clic sur « RandomBot (paired) »)

IV. 5.4. Acquisition d'ECG

La figure IV.10 montre l'interface graphique implémentée sous environnement Android mettant en jeu le module Bluetooth qui permet l'émission de signal électrocardiogramme après un clic sur « Start Stream ».

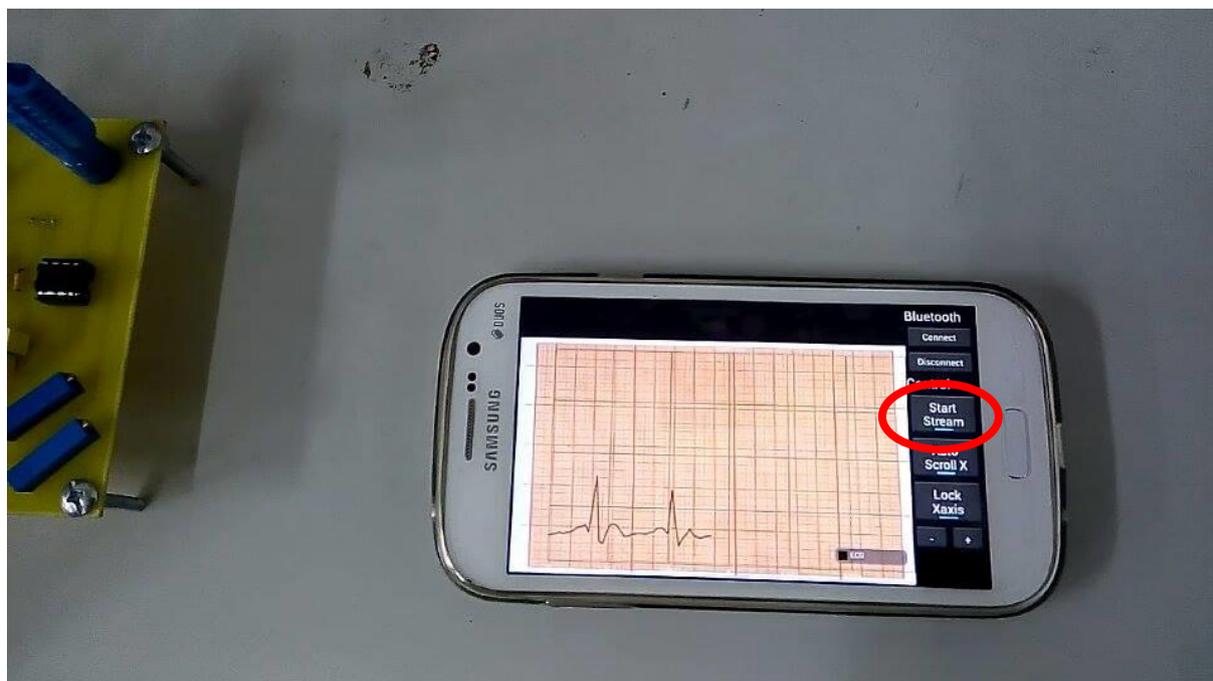


Figure IV.10 : Le tracé d'ECG sur Smartphone

Conclusion générale

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

Dans ce cadre, le travail réalisé, constitue un premier pas dans ce domaine. Il s'agit de développer un service d'acquisition d'un signal ECG (électrocardiogramme) ou un signal PPG (pléthysmographie) sur un Smartphone pour le suivi des patients à distance destiné aux experts de la santé.

L'application proposée dans ce projet, n'a pas nécessité de gros moyens ainsi d'une grosse infrastructure, puisque un simple Smartphone peut contribuer efficacement à la sauvegarde des vies.

Cette solution, non coûteuse et facilement réalisable, est adaptée aux appareils portatifs assurant le suivi et la sécurité permanente des malades à tout moment et en tout lieu. C'est dans cette vision que d'autres services, associés aux téléphones mobiles et destinés à la télémédecine ainsi qu'à la domotique doivent être réalisés.

Perspectives

Nous envisageons comme perspectives de développer l'application Android pour l'affichage des paramètres suivants :

- Enregistrement des données acquises et les Transfer
- Rythme cardiaque
- Date et heure de la mesure
- Interprétation des résultats d'analyse de l'ECG

Références bibliographiques

- 1- <http://www.caducee.net/DossierSpecialises/grandsite/telemedecine.asp>
- 2- <http://elmar.perso.sfr.fr/images/telemedecine.pdf>
- 3- <http://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiel-medical/article-la-telemedecine---definition-et-avantages-4828.htm>
- 4- <http://www.medicaline-sante.fr/avantages-et-inconvenients-de-la-telemedecine/>
- 5- http://www.doctissimo.fr/html/dossiers/maladies_cardiovasculaires/articles/14570-telecardiologie-suivi-patients-cardiaques.htm
- 6- A. RADU, «Évaluation de la Qualité de Service par l'utilisateur final dans les systèmes mobiles», Thèse de doctorat en Informatique et Télécom de l'Université de Mame-La-Vallée, France, Mars, 2004.
- 7- M.TALBI, « ANALYSE ET TRAITEMENT DU SIGNAL ÉLECTROCARDIOGRAPHIQUE (ECG) », Doctorat en traitement de signal, UNIVERSITÉ MENTOURI, Constantine, Algérie, 2011.
- 8- Dobigeon.perso.enseeiht.fr/teaching/signal/MODAP_TS_URSAFE.pdf
- 9- <http://www.tom32500.fr/index.php/electronique?limitstart=0>
- 10-<http://fr.wikipedia.org/wiki/Android>
- 11-<http://fr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#Sp.C3.A9cification>
- 12-<http://mathsp.tuxfamily.org/spip.php?article275>
- 13-Mémoire de magister présenté Par: NASR KAID ALI MOULHI
EXPLORATION CARDIOVASCULAIRE PAR ETUDE CORRELATIVE DES
ACTIVITES ELECTRIQUE ET HEMODYNAMIQUE CARDIAQUES ET
L'ACTIVITE RHEOLOGIQUE PARIETALE. Soutenu en mai 2012
- 14-www.msh.be/sites/default/.../FR-OMRON-ECG-Folder-2009-06-MSH.pd...