



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Electronique  
Electronique des Systèmes Embarqués

Réf. :

---

Présenté et soutenu par :  
**BOUTI Lembarek**

Le : mercredi 25 avril 2018

## Etude et réalisation d'un système de télésurveillance médicale d'ECG par voie GSM/GPRS

---

### Jury :

Pr.	OUAFI Abdelkarim	Pr	Université de Biskra	Président
Dr.	HAMAIZIA Zahra	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
M.	DIABI Fathi	MAA	Université de Biskra	Examineur

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electronique  
Option : Electronique des Systèmes Embarqués

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

*Thème*

**Etude et réalisation d'un système de  
télésurveillance médicale d'ECG par voie  
GSM/GPRS**

**Présenté par :**

- BOUTI Lembarek

**Avis favorable de l'encadreur :**

- HAMAIZIA Zahra

**Avis favorable du Président du Jury**

- OUAFI Abdelkrim

**Cachet et signature**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electronique  
Option : Electronique des Systèmes embarqués

## *Thème :*

**Etude et réalisation d'un système de télésurveillance  
médicale d'ECG par voie GSM/GPRS**

**Proposé par : HAMAIZIA Zahra**

**Dirigé par : HAMAIZIA Zahra**

## الملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو السماح لمرضى القلب بالتواصل مع الطبيب المعالج لهم. ويتعلق ذلك بتطوير خدمة نقل مخطط القلب الكهربائي عن بعد على الهاتف المحمول لأجراء عمليات المراقبة الطبية عن بعد مما يسمح للطبيب المعالج بالحصول على بيانات طبية (مخطط القلب الكهربائي) في الوقت الحقيقي وإدارة الحالات الحرجة عن بعد باستخدام جهاز ربط لاسلكية.

الكلمات مفتاح : التطبيب عن بعد,أردوينو, أو سي جي , جي أس أم

## RESUME

L'objectif principal de ce travail est de permettre aux patients cardiaques 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 traitant d'avoir les données médicales (ECG) en temps réel et de gérer les situations critique à distance par le moyen d'une liaison sans fil.

Mots-clés : GSM, ECG, arduino, télémédecine.



# Remerciement

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'armé de courage pour achever mes études.

Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à **HAMAIZIA. Z** (mon promoteur) pour le soutien, l'aide et les conseils qu'il m'a dispensé

Je remercie le président et les membres du jury **OUAFLA, DIABI.F** qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin pour la réalisation de ce  
Mémoire

# Dedicaces

Je dédié ce modeste travail à

A mes chers parents,  
pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur  
tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de  
mes études,

À mes chers frères et surtout mon grand frère  
pour leurs encouragements permanents, et leur  
soutien moral, A toute ma famille pour leur soutien tout  
au long de mon parcours universitaire,

A tout mes amis et mes collègues  
A tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce projet  
Toute la promotion Electronique des Systèmes  
Embarqués 2017 /2018.

# SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1

## CHAPITRE 1 : La télémédecine et la télésurveillance

1.1 Introduction.....	2
1.2 Historique.....	2
1.3 Objectifs de la télémédecine .....	3
1.4 Les types d'application de la télémédecine .....	3
1.4.1 La télé expertise.....	3
1.4.2 La télé chirurgie.....	4
1.4.3 La télé consultation.....	5
1.4.4 Téléassistance.....	5
1.4.5 La télésurveillance.....	5
1.4.6 Téléformation .....	5
1.5 Les avantages et les inconvénients.....	6
1.6 Les freins au développement .....	7
1.7 Les apports et enjeux de la télémédecine.....	9
1.8 La télésurveillance médicale.....	10
1.8.1 Principe .....	10
1.8.2 Objectifs .....	11
1.8.3 Les différents types de télésurveillance médicale.....	12
1.8.3.1 Le télé test-télemaintenance .....	12
1.8.3.2 La téléalarme .....	12
1.8.3.3 Le télémonitorage.....	12
1.8.4 Avantages de la télésurveillance.....	12
1.9 Conclusion.....	13

## **CHAPITRE 2 : Généralités sur le signal d'ECG**

2.1 Introduction.....	14
2.2 Anatomie du cœur.....	14
2.3 Activité mécanique cardiaque.....	15
2.4 Activité Electrique du cœur.....	16
2.5 L'électrocardiographie.....	17
2.5.1 Le signal électrocardiogramme (ECG) .....	18
2.5.1. a Les ondes et les intervalles de L'ECG.....	19
2.5.2 Système de dérivations électrocardiographiques.....	21
2.5.2. a Les dérivations périphériques.....	21
2.5.2. a.1 Les dérivations périphériques bipolaires.....	21
2.5.2. a.2 Les dérivations périphériques unipolaires.....	22
2.5.2. b Les dérivations précordiales.....	23
2.6 Les signaux cardiaques et le diagnostic médical.....	24
2.6.1 Enregistrement de l'ECG.....	24
2.7 Conclusion.....	27

## **CHAPITRE 3 : Réalisation d'un Système de télésurveillance**

3.1 Introduction.....	29
3.2 Cahier de charge.....	29
3.3 Structure générale du système.....	29
3.3.1 Acquisition du signal ECG.....	30
3.3.2 Les électrodes.....	30
3.3.3 Moniteur de fréquence cardiaque AD8232.....	32
3.3.4 La carte ArduinoUno.....	32



3.3.4.a Numérisation du signal ECG.....	32
3.3.4.b Description du microcontrôleur ATmega328 /P.....	33
3.3.4.c Logiciel Arduino.....	33
3.3.5 Le module GSM/GPRS (GA6).....	34
3.3.5.a Définitio.....	34
3.3.5.b Caractéristiques techniques du module GSM .....	35
3.3.5.c Les commandes AT.....	36
3.4 Le système de télésurveillance.....	36
3.4.1. Schéma électrique du système.....	37
3.4.2 Acquisition du signal ECG par AD8232.....	37
3.4.2.a L'ECG résultant.....	39
3.4.3 Description du système proposé.....	39
3.4.3.a L'unité de capteur de pouls.....	41
3.4.5 Implémentation et application.....	43
3.4.5.a Principe de fonctionnement du système.....	43
3.4.5.b L'unité de consultation/serveur et test de l'application.....	44
3.5 Simulation et vérification.....	46
3.6 Conclusion.....	47

Conclusion générale.

Bibliographie.

Annexe.

# Glossaire

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

**BPM:** Battements Par Minute.

**DHOS:** Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins.

**ECG:** Electrocardiogramme.

**GPRS:** General Packet Radio Service.

**GSM:** Global System for Mobile communications.

**ICSP:** In-System Programming.

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

**PWM:** Largeur d'impulsion modulée.

**RX:** Receveur.

**SPI:** Interface Série Périphérique.

**SRAM:** Mémoire volatile.

**TX:** Transmetteur.

**TTL:** Transistor-transistor logic.

**USB:** Universal Serial Bus.

**UDM:** Unité de dialyse médicalisée.

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

# LISTE DES FIGURES

## Chapitre 1 :

Fig.1.1 : La future salle d'opération chirurgie.....	4
Fig.1.2 : Les types d'application de la télémédecine.....	6
Fig.1.3 : Système d'information de la télésurveillance médicale à domicile.....	11

## Chapitre 2 :

Fig.2.1 : L'anatomie du cœur.....	15
Fig.2.2 : L'activité électrique du cœur.....	17
Fig.2.3 : Ondes du signal ECG.....	19
Fig.2.4 : ECG normal.....	19
Fig.2.5: Dérivations bipolaires.....	23
Fig.2.6 : Dérivations unipolaires.....	24
Fig.2.7 : La position des électrodes précordiales.....	25
Fig. 2.8 : Comparaison avec un ECG normal (b) où les intervalles RR sont réguliers et ses composantes sont identifiables et un enregistrement de l'ECG (a) qui présente une arythmie cardiaque qui se traduit par une irrégularité des cycles RR et une déformation des ondes P et T.....	26
Fig.2.9 : Exemple de fibrillation ventriculaire où les caractéristiques de l'ECG ne sont plus identifiables, avec une grande fréquence cardiaque et des aspects méconnaissables des phases cardiaques : la systole ou la diastole.....	27
Fig.2.10 : Détection d'une fibrillation auriculaire qui se traduit par une difficulté à distinguer les ondes P, T,Q et une irrégularité des cycles RR.....	27

## Chapitre 3 :

Fig.3.1 : Schéma synoptique de la chaîne de transmission.....	29
---	----

Fig.3.2 : Représentation des électrodes.....	30
Fig.3.3 : Cardiofréquencemètre AD8232.....	31
Fig.3.4 : Le schema block de la carte Arduino UNO.....	32
Fig.3.5 : Interface d'environnement de développement intégré lors de l'exécution.....	34
Fig.3.6 : Le module GSM/GPRS.....	35
Fig 3.7 : Schéma électrique du système .....	38
Fig.3.8 : L'ECG original avec identification des ondes caractéristiques.....	39
Fig.3.9 : Système de surveillance mobile.....	40
Fig.3.10 : Le système de télésurveillance t pour mesurer le nombre de pulsations et l'envoyer par SMS.....	41
Fig.3.11 : Le capteur de pouls.....	42
Fig.3.12 : Fréquence cardiaque mesurée.....	43
Fig.3.13 : Organigramme du système de télésurveillance.....	44
Fig.3.14 : Le smartphone SAMSUNG affiche la fréquence cardiaque, l'heure et la date, le nom du patient, le numéro de téléphone mobile et la date de naissance en cas d'urgence.....	45
Fig.3.15 : Simulation du système de télésurveillance.....	4

# Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Connexion des pins Arduino-AD8232.....	38
Tableau 3.2 : Règle de connexion des cables des électrodes.....	38

La télémédecine peut être définie comme la transmission de données médicales électroniques (images, sons, vidéos, dossiers médicaux haute définition) d'un endroit à un autre, pour la santé des patients, l'éducation et la prestation de services de santé. Elle peut renforcer la coopération internationale, combiner les pratiques médicales et faciliter l'intégration de la cyber santé dans les systèmes de santé.

Les développements technologiques récents (lignes téléphoniques fixes et mobiles, Internet, satellite, etc.) permettent de dispenser des soins de santé à distance et d'échanger des informations médicales connexes.

Cette technologie permet le développement des technologies de l'information et de la communication liées à la santé et aux soins médicaux et sociaux tels que les personnes âgées, handicapées et cardiaques ... pour adapter leur environnement domestique et surmonter leurs handicaps tout en assurant l'efficacité, la réduction des coûts et diagnostics en temps réel.

La télémédecine est utilisée par les professionnels de la santé dans un nombre croissant de spécialités médicales, notamment la dermatologie, l'oncologie, la radiologie, la chirurgie, la cardiologie, la psychiatrie et les soins à domicile.

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.

Ce mémoire comporte trois chapitres sont :

- Le premier chapitre de ce mémoire, a pour but de situer le contexte de ce projet et ses enjeux. Il met en évidence le concept de base de la télémédecine et ses catégories, plus particulièrement la plateforme complète de télésurveillance médicale et ces différents sous-systèmes.
- Le second chapitre présente le système cardiovasculaire et ses différentes pathologies en détaillant l'électrocardiogramme.
- Enfin, le dernier chapitre présente la simulation et réalisation du cardiogramme et un message SMS au médecin traitant.

*CHAPITRE 1*  
*LA TÉLÉMÉDECINE*  
*ET*  
*LA TÉLÉSURVEILLANCE*

## **1.1 Introduction**

La télémédecine est un terme générique désignant toutes les formes d'échange d'informations médicales, y compris une variété de technologies de télécommunication. Les applications dans les soins de santé et médicaux comprennent la télécommunication, les données et les techniques d'information sont utilisées pour transférer des informations médicales [1].

Pour optimiser la qualité des soins par une rapidité collégiale des échanges médicaux au profit de patients dont l'état de santé nécessite une réponse adaptée, rapide quelle que soit leur situation géographique [2]. Cela est particulièrement vrai pour les patients qui ont été sortis de l'hôpital après la chirurgie, car la maladie peut se développer et se multiplier chez certains d'entre eux, et les problèmes du cœur peuvent réapparaître au début dans le travail de routine. Par conséquent, l'ECG doit être surveillé chez ces patients pendant un certain temps après le traitement, aide à diagnostiquer l'insuffisance cardiaque et prendre des précautions. Certaines de ces vies peuvent souvent être sauvées si des soins aigus et une chirurgie cardiaque sont fournis pendant la période dite dorée [3].

## **1.2 Historique**

L'évolution récente des technologies d'information et de communication a fortement favorisé le développement de la télémédecine depuis le début des années 90. Si on considère que la télémédecine est toute activité médicale effectuée à distance, sans tenir compte du mode de transfert de l'information, on trouve que son histoire est beaucoup plus ancienne. En effet, dès l'apparition des premiers moyens de communication, certains ont manifesté leur volonté d'appliquer au champ médical cette formidable possibilité qui s'offrait à eux de pouvoir communiquer et d'échanger des informations à distance [4].

L'évolution de la télémédecine a été initiée par l'armée, la recherche spatiale, l'industrie maritime et l'aviation. Elle était surtout concentrée sur les situations d'alerte, les distances géographiques rendant impossible le transfert des blessés vers les hôpitaux ou le manque de personnel qualifié. Les développements récents sont de plus en plus axés sur les problèmes, la distance géographique n'étant pas l'objectif principal, mais l'accent a été mis sur la réduction des coûts et les inconvénients liés aux déplacements. Les premiers tests de télémédecine en Suède ont eu lieu en 1922 lorsque l'hôpital Sahlgrenska a commencé à donner des conseils médicaux aux marins malades et blessés par radio. Les premiers tests conventionnels de télémédecine ont été réalisés à Uppsala 1968 en neurophysiologie [3].



### **1.3 Objectifs de la télémédecine**

Selon la DGOS (Direction Générale de l'Offre de Soins) en France, la télémédecine doit permettre d'améliorer la performance de notre système de santé. Elle est considérée comme une réponse organisationnelle et technique aux problèmes actuels, du fait des données épidémiologiques (vieillesse de la population, augmentation du nombre de patients souffrant de maladies chroniques et de polyopathologies), démographiques (inégaie répartition des professionnels sur le territoire national) et économiques (contrainte budgétaire). Pour répondre à ces enjeux, la DGOS a défini plusieurs objectifs auxquels doit répondre la télémédecine :

- établir un diagnostic,
- assurer pour un patient à risque un suivi dans la cadre de la prévention ou un suivi post
- thérapeutique,
- requérir un avis spécialisé,
- préparer une décision thérapeutique,
- prescrire des produits, prescrire ou réaliser des prestations ou des actes,
- effectuer une surveillance du patient [7].

### **1.4 Les types d'application de la télémédecine**

Pour clarifier les responsabilités médicales engagées, il importe de simplifier la définition des actes médicaux par télémédecine en prenant en compte les définitions adoptées par l'ensemble des pays, notamment européens, complétant ainsi celles données précédemment par le Ministère de la Santé. Le champ de la télémédecine (et non de la télésanté) peut être couvert par les actes principaux que sont la téléconsultation, la téléexpertise et la télésurveillance. La téléassistance est un acte qui n'est pas toujours médical [6].

#### **1.4.1 La télé expertise**

La télé expertise a été limitée souvent dans sa définition aux échanges entre spécialistes pour obtenir un deuxième avis. Il semble souhaitable, par souci de simplification, d'élargir cette définition à tout acte diagnostic et/ou thérapeutique qui se réalise en dehors de la présence du patient. L'acte médical de télé expertise se décrit comme un échange entre deux ou plusieurs médecins qui arrêtent ensemble un diagnostic

et/ou une thérapeutique sur la base des données cliniques, radiologiques ou biologiques qui figurent dans le dossier médical d'un patient. [6]

### 1.4.2 La télé chirurgie.

Dans le début des années 2000, plusieurs projets ont étudié la possibilité et la faisabilité de téléchirurgie et ont réussi dans l'exercice complet des interventions chirurgicales sur des patients humains à partir d'emplacements distants.

Dans les salles d'aujourd'hui d'exploitation, on trouvera deux ou trois chirurgiens, un anesthésiste et plusieurs infirmières, tous nécessaires pour même le plus simple des chirurgies. La plupart des interventions chirurgicales nécessitent une dizaine de personnes dans la salle. Comme avec tous les automatismes, les robots chirurgicaux finiront par éliminer la présence de certains membres du personnel. Prendre un aperçu de l'avenir, la chirurgie ne peut demander un chirurgien, un anesthésiste et une ou deux infirmières. La figure 1.1 montre la salle d'opération à peu près vide [13].

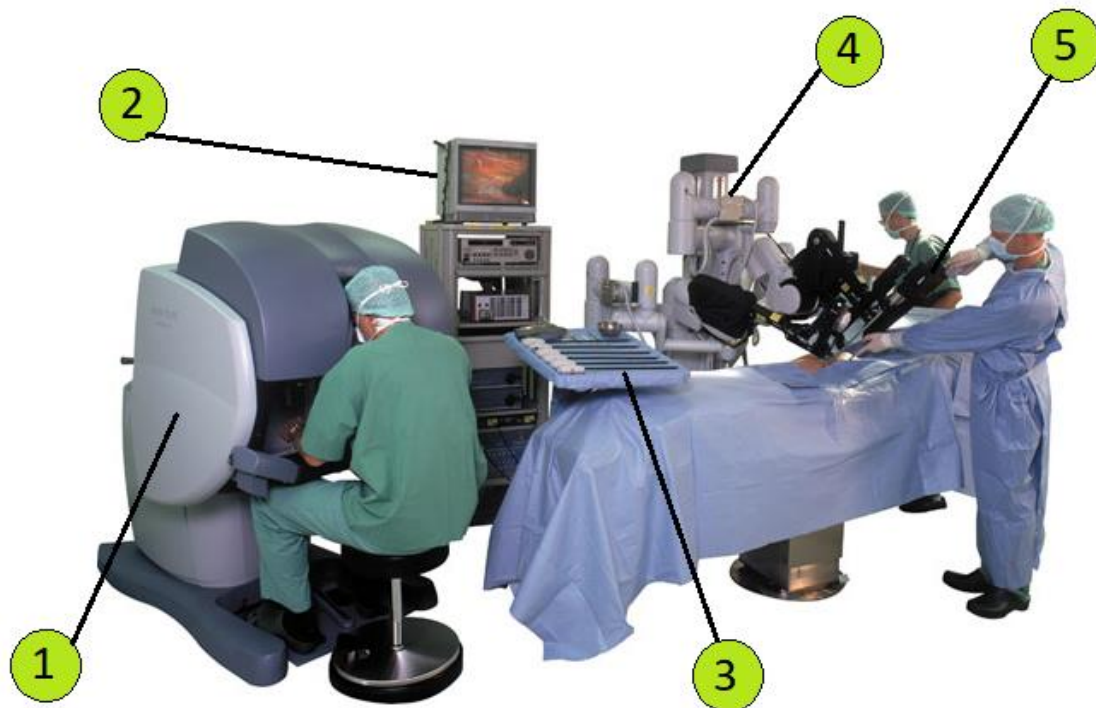


Fig.1.1 : La future salle d'opération chirurgie [13].

- 1) Console de chirurgien.
- 2) Equipment de traitement d'image
- 3) Instruments endowrist
- 4) Chariot de bras chirurgical
- 5) Endoscope 3-d haute résolution

**1.4.3 La télé consultation**

La télé consultation, a pour objet de permettre à un professionnel médical de donner une consultation à distance à un patient.

- Un professionnel de santé peut être présent auprès du patient et, le cas échéant, assister le professionnel médical au cours de la téléconsultation.
- Les psychologues peuvent également être présents auprès du patient [10].

**1.4.4 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 [1].

**1.4.5 La télésurveillance**

La télésurveillance utilise des techniques de transfert et des thérapies pour recueillir des données cliniques, radiologiques ou biologiques recueillies par le patient lui-même ou par un professionnel de la santé dans un endroit éloigné [9] [10]. La surveillance médicale a pour but de permettre à un professionnel de la santé d'interpréter les données nécessaires au suivi médical à distance d'un patient et de veiller à ce qu'elles soient échangées en toute sécurité à distance [8].

**1.4.6 Téléformation**

L'utilisation de l'outil informatique en particulier pour l'aide à la formation continue des médecins : contacts professionnels via le réseau, consultation des informations médicales (banque de données, imagerie, suivi d'études épidémiologiques et d'essais cliniques), consultation de cours de formation et visioconférences dans les universités (téléenseignement) et réunions. En particulier, l'application dénommée couramment télésurveillance médicale à domicile est fondamentale pour l'amélioration de la qualité de soins et de vie des personnes nécessitant des soins ou une attention particulière. Elle vise à mettre en place dans l'habitat d'une personne un dispositif qui permet de capturer des informations sur son état de santé, afin de rendre possible pour le praticien un diagnostic, voire une aide au patient à distance. Par rapport aux catégories précédentes, cet outil de médiation entre un médecin et son patient doit alors prendre en compte plusieurs éléments : Télésurveillance, Téléconsultation, Téléassistance [14].



Fig.1.2 : Les types d'application de la télémédecine [9].

### 1.5 Les avantages et les inconvénients

Ayant apporté une nette amélioration au niveau de la gestion et le suivi de l'état de santé des patients, la télémédecine a surtout permis à de nombreux praticiens et professionnels de santé éloignés géographiquement de partager et d'échanger leur savoir-faire à travers l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication et de mutualiser par la même occasion des données biologiques, radiologiques et échographiques.[12]

Aujourd'hui, cette démarche novatrice se développe et ouvre de nouvelles perspectives dans l'organisation des soins.

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 [11].

La télémédecine, comme toutes les technologies relativement récentes, connaît également des détracteurs. En effet, il existe plusieurs freins à l'installation de la télémédecine ou plus précisément d'éléments comme la télé cabine.

### **- Protection des données à caractère personnel**

Il existe toujours une inquiétude quant à la transmission des données de santé, qui peuvent être facilement manipulables.

### **- Coût des équipements**

La mise en œuvre de ces appareils reste très coûteuse, que ce soit dans l'acquisition, la maintenance, mais aussi et surtout dans la formation des professionnels (et des patients) qui vont les utiliser.

## **1.6 Les freins au développement**

Le frein majeur au développement de la télémédecine aujourd'hui consiste en l'absence de modèles de financement clairement établis. Malgré les perspectives de croissance très encourageantes pour le secteur de télémédecine, l'Assurance Maladie et l'Etat ne souhaitent pas encore participer au débat sur les modes de financement, laissant tout ce secteur dans l'incertitude. Si l'on regarde les expériences menées à l'étranger, en Europe et aux Etats-Unis notamment, on constate que les actes de télémédecine sont de plus en plus intégrés dans le système de santé et bénéficient des mêmes modalités de prise en charge que n'importe quel acte médical.

Ainsi, Les médecins et les patients craignent notamment qu'elle porte atteinte à la liberté d'exercice, au secret médical, et conduise finalement à une déshumanisation de la relation entre le médecin et son patient. L'exploitation de l'outil informatique pour la détection, la consultation, le transfert et la sauvegarde des informations concernant les patients, ne doit pas nuire à leur confidentialité, leur efficacité et à leur fiabilité. D'autres points importants résident dans la responsabilité et la rémunération des praticiens [2].

L'incertitude juridique qui accompagne l'exercice actuel de la télémédecine et le besoin de clarification des responsabilités engagées Malgré la reconnaissance de la télémédecine dans la loi de 2004, certains textes réglementaires antérieurs à la loi ne sont

plus adaptés et constituent de réels freins au développement de cette activité dans certains champs où son application est justifiée pour les malades:

- le décret dialyse du 23 septembre 2002 pour l'UDM télé surveillée ne reconnaît pas la place de la télémédecine dans l'organisation du traitement de l'insuffisance rénale chronique à proximité du lieu de vie des patients.

- le décret du 19 novembre 1997 relatif aux actes professionnel et à l'exercice de la profession de manipulateur d'électroradiologie médicale précise à son article 2 que le manipulateur exerce sous la responsabilité et la surveillance d'un médecin en mesure de contrôler l'exécution et d'intervenir immédiatement .

- la circulaire DHOS du 22 mars 2007 relative à la place des unités neuro-vasculaires dans la prise en charge des patients présentant un accident vasculaire cérébral précise que les actes de fibrinolyse doivent être réalisés par les neurologues. Par ailleurs les règles concernant les responsabilités engagées et le respect de la déontologie, retravaillées et précisées par le Conseil national de l'ordre des médecins (CNOM) en juillet 2005, demandent à être mieux connues des médecins, notamment hospitaliers. Cette méconnaissance est source d'insécurité et de méfiance vis-à-vis de la télémédecine [6].

L'ANAP (Agence Nationale d'Appui à la Performance des Établissements de santé et médico sociaux), a relevé six freins au développement de la télémédecine.

Tout d'abord la difficulté à mettre en place une gouvernance, un pilotage adapté et pérenne de projets complexes, souvent multi-acteurs, reposant sur des organisations et des technologies nouvelles.

La résistance au changement constitue un deuxième frein. En effet la télémédecine modifie en profondeur les organisations médicales habituelles de prise en charge des patients, et la manière de réaliser les actes médicaux. Ainsi, les médecins qui ont reçu depuis plusieurs générations la tradition d'une médecine clinique réputée, au contact direct avec le malade, ont des difficultés à envisager la médecine à distance avec l'aide des technologies numériques. Cela constitue un véritable choc culturel. Certains professionnels peuvent aussi ne pas souhaiter modifier leurs habitudes de travail, voire ne pas envisager une modification de leurs responsabilités.

Le troisième frein est d'ordre financier. Les difficultés à financer les projets, que ce soit en termes d'investissement (matériel, gestion de projet), ou en termes de fonctionnement pérenne des organisations mises en place.

Le quatrième frein est constitué par la technique. La mise en place de services techniques de qualité suffisante pour l'exercice de la télémédecine est indispensable mais encore difficile. Certains projets sont abandonnés du fait de l'insuffisance des conditions techniques disponibles (absence d'offre industrielle fonctionnellement et économiquement adaptée).

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

Le dernier frein relevé par l'ANAP est la difficulté à « vivre ensemble », entre différentes professions non habitués à collaborer : professionnels de santé, industriels et scientifiques [17].

## **1.7 Les apports et enjeux de la télémédecine**

Le développement de la télémédecine est aujourd'hui incontournable. Sa mise en œuvre doit être progressive et répondre en priorité à des besoins. Tous les citoyens, quels que soient leurs lieu et mode de vie, doivent être égaux devant la maladie. La télémédecine peut contribuer à atteindre cet objectif, non seulement en permettant une meilleure organisation des soins dans les zones où l'offre est éloignée ou difficilement accessible, mais également en apportant un niveau de qualité et de sécurité des soins, notamment chez les patients atteints de maladies chroniques, que les organisations actuelles ne peuvent atteindre. La télémédecine n'est pas uniquement une réponse à une offre de soins en personnels de santé mal répartie sur le territoire [6].

Elle s'impose déjà à travers l'usage d'outils comme le téléphone et la télécopie par exemple. Les progrès actuels des NTIC appliqués au domaine médical (imagerie médicale, débits de transmission, convivialité des systèmes, etc.), la miniaturisation des dispositifs, ouvrent des perspectives pour le développement de la télémédecine en termes d'accroissement de l'efficacité et de la qualité des soins, de partage des connaissances, ou encore de réduction des coûts de santé publique [9].

Le besoin en télémédecine n'est cependant pas le même sur l'ensemble du territoire. Il est moindre, voire différent, dans les zones fortement urbanisées où la densité en professionnels de santé est élevée, alors qu'il est une réponse nouvelle et adaptée aux besoins des zones rurales, isolées ou enclavées. La télémédecine favorise la mise en place

du concept de filière de soins gradués, notamment dans la prise en charge des patients atteints de maladies chroniques. Le nombre des patients atteints de maladies chroniques ne fera que croître dans les prochaines années avec l'allongement de la durée de la vie. Les avantages apportés par la télémédecine au système de santé ne se limitent donc pas aux seuls aspects économiques, notamment à la possibilité de ralentir la progression des dépenses de santé [6].

## **1.8 La télésurveillance médicale**

La télésurveillance comprend la collecte de données cliniques et la transmission de ces données entre un patient à un endroit éloigné et un fournisseur de soins de santé par des moyens électroniques et des technologies de traitement de l'information. Le fournisseur procède à un examen clinique des données transférées et apporte une réponse relative à ces données.

### **1.8.1 Principe**

La télésurveillance médicale d'une personne à domicile s'appuie sur un système d'information global comprenant les éléments suivants (voir Fig. 1.3) :

- Un ensemble de capteurs de différents types (physiologie, environnement, activité) installés dans l'habitat ou portés par la personne, reliés en réseaux pour la collecte en temps réel de données, et d'appareillages automatiques (domotique) pour adapter l'environnement de vie de la personne à ses capacités personnelles, motrices et cognitives;
- Une unité locale de traitement, au niveau de chaque habitat, responsable du stockage et du traitement des signaux reçus des capteurs, de la gestion d'une base de connaissances relative à la personne télésurveillée, et de l'émission de messages et d'alarmes;
- Un centre de télévigilance pour le traitement des messages d'alarmes reçus des habitats. Un ensemble d'acteurs (personnel médical, personne télésurveillée 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 [14].



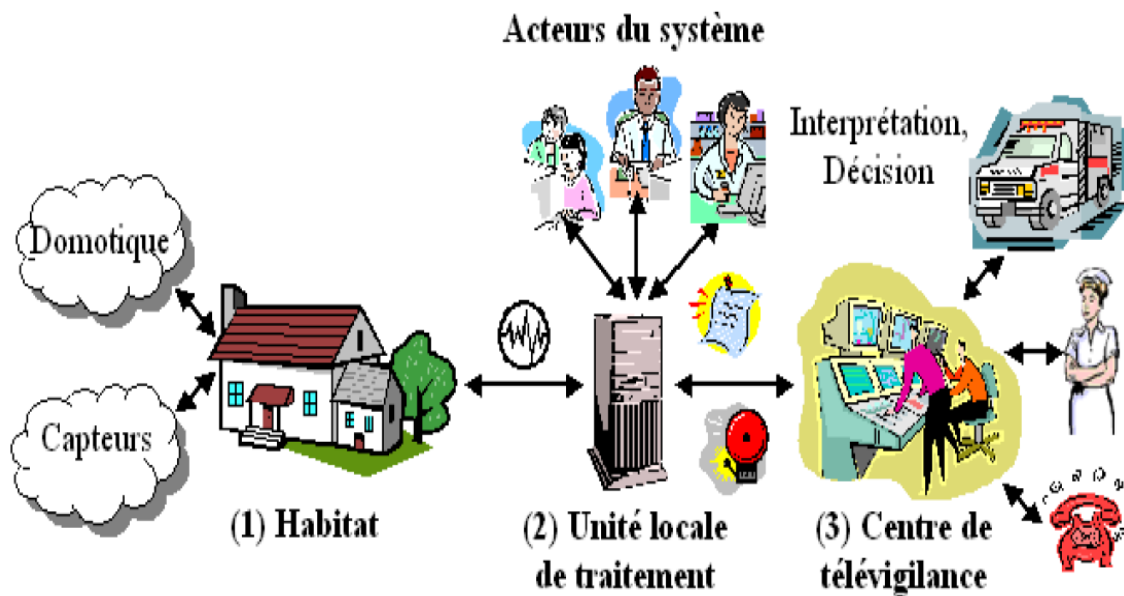


Fig.1.3 : Système d'information de la télésurveillance médicale à domicile [14].

### 1.8.2 Objectifs

L'objectif de tels systèmes est de permettre aux personnes de vivre chez elles le plus longtemps et le plus indépendamment possible, dans un environnement de confort et de sécurité. Il s'agit de détecter et de prévenir l'occurrence de situations critiques à domicile ou une dégradation de l'état de santé d'une personne. Ces systèmes représentent ainsi une alternative momentanée ou durable à l'hospitalisation ou au recours aux établissements d'hébergement de longue durée – maisons de retraite ou centres spécialisés. 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, etc.), ou nécessitant des soins ou une attention particulière (diabétiques, asthmatiques, etc.).[14]

### **1.8.3 Les différents types de télésurveillance médicale**

Il est possible de séparer les fonctions pouvant théoriquement être activées par un système de télésurveillance en 3 types :

#### **1.8.3.1 Le télé test-télmaintenance**

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'apparaît une anomalie, le centre serveur est averti et une équipe technique intervient immédiatement pour régler ou réparer le capteur ou l'appareillage [16].

#### **1.8.3.2 La téléalarme**

Dès que les capteurs déclenchent 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, du service de premiers soins ou du personnel du centre serveur selon le type d'alarme.[16]

#### **1.8.3.3 Le télémonitorage**

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 notamment de renseigner rapidement le médecin prescripteur. Dans ce but, une meilleure connaissance des traitements réellement pris par les malades doit, d'une part, permettre aux médecins de poursuivre des recherches sur la mise au point de schémas thérapeutiques optimaux et, d'autre part, sécuriser les malades [16].

### **1.8.4 Avantages de la télésurveillance**

La télésurveillance permet la réduction des hospitalisations des nombreux déplacements, notamment pour les patients âgés ou handicapés. La surveillance des symptômes est assurée de façon continue grâce à les données transmises et temps réel.

Parmi les avantages de la télésurveillance on cite :

- Elle améliore l'autogestion des patients.
- Elle facilite l'accès aux soins dans les zones d'accès difficile.
- Elle raccourcit les délais d'attente.

– Elle facilite la consultation entre médecins généralistes et spécialistes. 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.

L'objectif de notre étude n'est pas différent aux objectifs des études qui ont été faites, il est basé sur la surveillance à distance, en utilisant des outils un peu différents [15].

## **1.9 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons fourni une étude détaillée sur la télémédecine et nous avons exposé certains avantages et inconvénients et obstacles qui entravent le développement de ce type de technologie moderne.

Objectif de notre travail est réaliser un système de surveillance médicale par GSM et de développer ce système.



***CHAPITRE 2***  
***GÉNÉRALITÉS SUR***  
***LE SIGNAL D'ECG***

## 2.1 Introduction

Les pathologies cardiaques sont la cause de mortalité la plus courante dans le monde. Le traitement et le suivi des malades en cardiologie sont coûteux, c'est à la fois un enjeu financier et médical, un défi scientifique qui fait appel aux techniques les plus modernes en traitement du signal, électronique et informatique. Les avancées technologiques doivent permettre la détection des pathologies cardiaques pour aider au diagnostic médical et améliorer le quotidien des malades. Le diagnostic de ces maladies dangereuses semble une tâche vitale. Dans les services de cardiologie au niveau des hôpitaux, le signal électrocardiogramme (ECG) reste encore l'un des outils prédominants et les plus largement utilisés pour le diagnostic et l'analyse des arythmies cardiaques.

Ce chapitre introduit un survol sur les notions et la terminologie de base, concernant l'électrocardiographie, au début on présente une description de l'anatomie du cœur. On passe par la suite à la description de son activité mécanique et électrique focalisant sur l'électrocardiogramme.

## 2.2 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 (2.1), 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 ou cardiomyocytes [18].

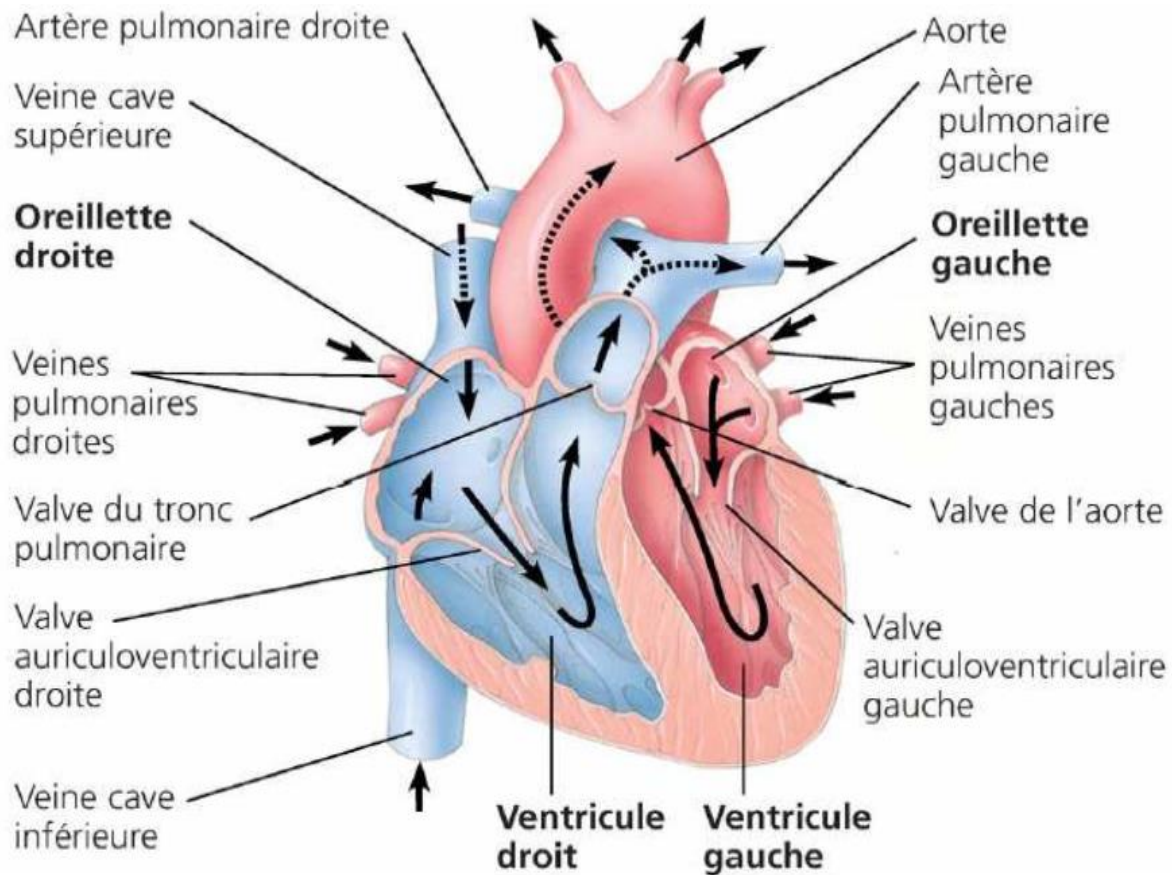


Fig. 2.1 : L'anatomie du cœur [13].

### 2.3 Activité mécanique cardiaque

Le cycle de la circulation sanguine se répète infiniment et se divise en deux périodes: la systole et la diastole. La systole est la période correspondant à l'envoi du sang dans la grande et petite circulation. Elle se décompose en trois phases: la systole auriculaire, la contraction ventriculaire iso volumique et la systole ventriculaire [21].

- La systole auriculaire est la contraction des oreillettes quand elles sont remplies de sang.
- La contraction ventriculaire iso volumique commence lorsque les cellules musculaires du myocarde ventriculaire se contractent.
- La systole ventriculaire commence lorsque les pressions dans les ventricules dépassent les pressions dans l'artère pulmonaire et l'aorte.

- La diastole est la phase de relaxation du cœur pendant laquelle il se remplit de sang.

Cette période est composée de deux phases: la relaxation ventriculaire isométrique et la phase de repos.

- La relaxation ventriculaire fait suite à la systole. Les ventricules se relâchent, la pression chute jusqu'à être inférieure à celle exercée dans l'aorte et l'artère pulmonaire.

- La phase de repos est celle pendant laquelle le sang des veines caves et pulmonaires s'écoule librement dans les ventricules via les oreillettes [18].

## 2.4 Activité Electrique du cœur

Le mouvement des ions  $\text{Na}^+$  à travers les membranes des cellules des fibres cardiaques (dépolariation et la repolarisation des cellules) génère une différence de potentiel électrique qui provoque ainsi la contraction et la décontraction respectivement du fibre cardiaque. Dans l'état normal du cœur, la dépolariation du muscle cardiaque (inversion de la polarité électrique de la membrane par passage actif d'ions  $\text{Na}^+$  à travers celle-ci) prend naissance dans la partie haute de l'oreillette droite dans le nœud sinusoïdal. Cette dépolariation s'effectue d'une manière autonome avec un rythme de 70 à 100 fois par minute, et se propage dans les oreillettes, induisant la systole auriculaire [19]. 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 droites et gauches et les fibres de Purkinje, comme montré sur la Figure (2.2) [18].

L'activité électrique normale du cœur suit la séquence d'activation suivante

### - Le nœud sinusal (NS) :

L'activité électrique est générée spontanément dans le nœud sinusal qui est situé dans la partie haute de la paroi intérieure de l'oreillette droite, au niveau où débouche la veine cave supérieure. L'impulsion cardiaque initiée dans le nœud sinusal est transmise aux deux oreillettes. Cette activation est facilitée au moyen des voies spécialisées intermodales qui relie le nœud sinusal au nœud auriculo-ventriculaire.

### - Le nœud auriculo-ventriculaire (NAV) :

Il est situé en bas de l'oreillette droite et est constitué de cellules qui présentent une conduction électrique lente. L'activation électrique qui arrive au NAV est physiologiquement ralentie (approximativement 100 ms) avant d'arriver au faisceau de His. Cette propriété physiologique du NAV permet de protéger les ventricules d'un nombre excessif d'activations du NAV et d'activations auriculaires et concède aux oreillettes un temps de vidange plus grand, ce qui optimise la contraction ventriculaire.



**- Le faisceau de His :**

Il est situé dans la partie haute du septum inter ventriculaire et ses fibres traversent le tissu connectif (non excitable) qui sépare électriquement les oreillettes des ventricules. Dans les cas normaux, le NAV et le faisceau de His constituent la seule voie de propagation de l'activité électrique cardiaque entre les oreillettes et les ventricules. L'ensemble de ces deux structures est souvent appelé la jonction auriculo-ventriculaire. Le faisceau de His comprend un tronc initial qui se divise en deux branches, droite pour le ventricule droit et gauche pour le ventricule gauche.

**- Les fibres de Purkinje :**

Les branches du faisceau de His finissent dans un réseau de fibres qui arrivent dans les parois ventriculaires. Les fibres de Purkinje terminent en anastomoses avec les fibres myocardiques musculaires, facilitant leur excitation.

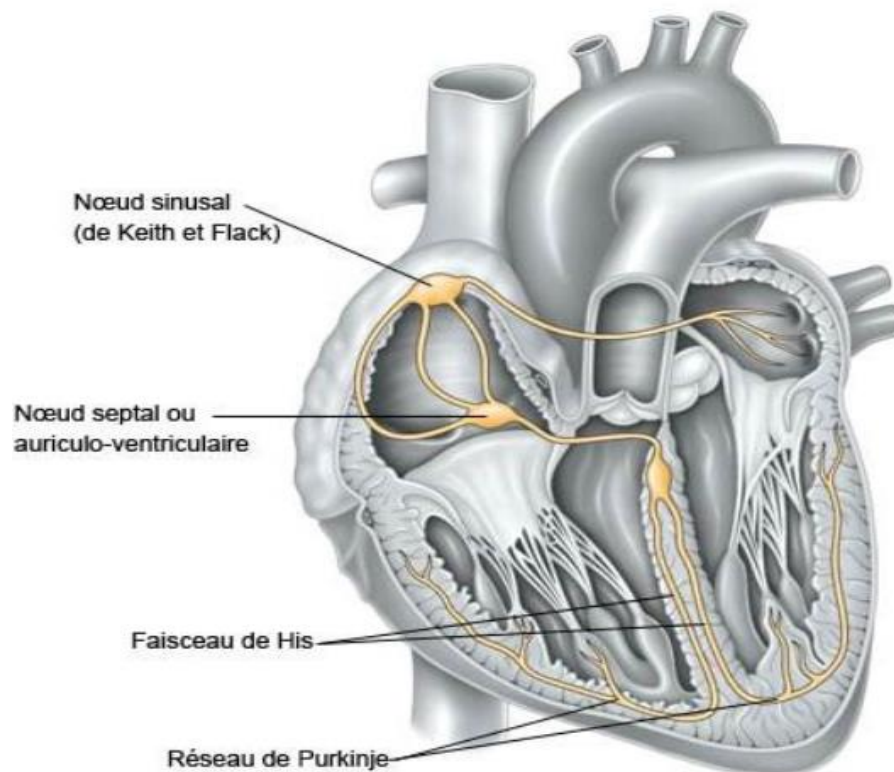


Fig. 2.2 : L'activité électrique du cœur [20].

**2.5 L'électrocardiographie**

L'électrocardiographie est une technique relativement peu coûteuse permettant, à l'aide d'un simple examen et sans danger, de surveiller le bon fonctionnement de l'appareil

cardiovasculaire. Le corps humain est considéré comme électriquement conducteur. Par conséquent, les potentiels d'actions générés au niveau des fibres cardiaques lors de l'activité mécanique cardiaque peuvent être recueillis par des électrodes métalliques placées sur la surface de la peau. L'enregistrement graphique de cette activité électrique du cœur est appelé signal électrocardiogramme ECG [20].

Les positions des électrodes utilisées pour le recueil du signal ECG sont connues par dérivations électrocardiographiques. L'ECG standard est enregistré sur 12 dérivations (six dérivations périphériques et six précordiales) [20].

### 2.5.1 Le signal électrocardiogramme (ECG)

Le signal électrocardiogramme ECG est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur. Ce signal électro physiologique est sous forme d'une série d'ondes électriques, aux formes et durées particulières, qui se répètent à chaque cycle cardiaque. En réalité, ces ondes traduisent les différents phénomènes mécaniques et électriques relatifs au parcours du potentiel d'action et dont les étapes sont successives comme illustré dans la figure 2.3 [24].

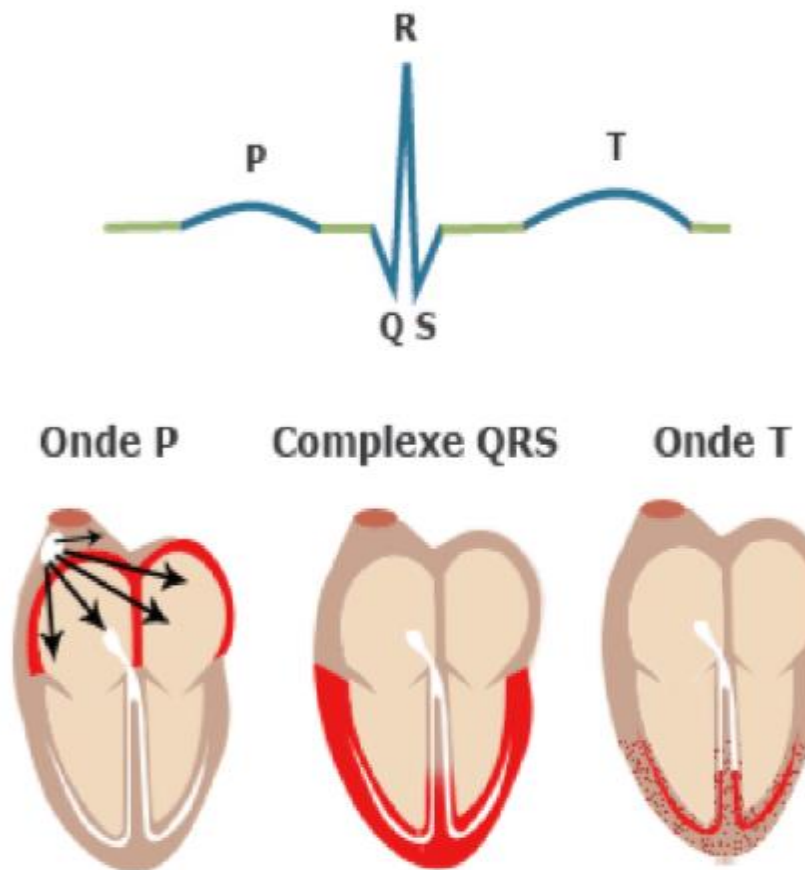


Fig.2.3 : Ondes du signal ECG.

## 2.5.1. a Les ondes et les intervalles de L'ECG

La figure 2.4 présente la morphologie du signal ECG normal sur un cycle cardiaque.

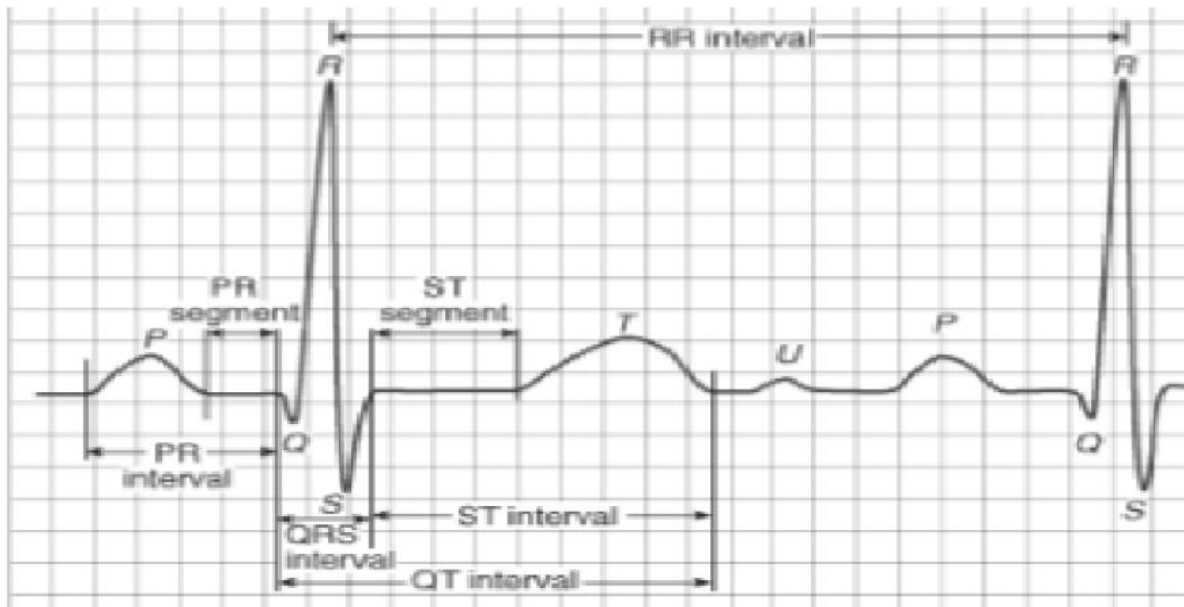


Fig. 2.4 : ECG normal.

Sur le signal électrocardiogramme ECG, le processus de contraction et de décontraction du myocarde se présentent comme une séquence de déflexions positives et négatives superposées à une ligne de potentiel zéro (ligne de base) qui correspond à l'absence des phénomènes cardiaques comme illustré dans la figure 2.4. Par convention, on attribue aux ondes principales de l'ECG les lettres P, Q, R, S, T :

**L'onde P** : C'est la première onde détectable. Elle apparaît quand l'impulsion électrique se propage à partir du nœud sinusal pour dépolariser les oreillettes (voir Figure 2.3). Sa masse musculaire relativement faible entraîne une variation de potentiel faible (moins de 0.25 mv). La progression de l'onde de dépolarisation dans les oreillettes est beaucoup plus lente que dans les ventricules. Par conséquent, la région des oreillettes autour du nœud sinusal est dépolarisée très en avance par rapport aux régions plus éloignées. Puis, l'onde de repolarisation est produite à l'inverse de l'onde de dépolarisation P. Normalement, l'onde de repolarisation des oreillettes apparaît au moment où le complexe QRS est produit. Comme ce complexe est beaucoup plus intense que le premier, l'onde de repolarisation est cachée.

**Le complexe QRS** : C'est un ensemble de déflexions positives et négatives qui correspondent à la contraction des ventricules. Pour un cas normal, il a une durée inférieure à 0.12 seconde et son amplitude variable est comprise entre 5 et 20 mV. Il est constitué de trois ondes :

- **L'onde Q** : première déflexion négative
- **L'onde R** : première déflexion positive
- **L'onde S** : déflexion négative qui suit l'onde R

Sa forme est variable selon les dérivations utilisées (emplacement des électrodes) ou une arythmie donnée.

**L'onde T** : Elle correspond à la repolarisation ventriculaire. Elle est normalement de faible amplitude et ne témoigne d'aucun événement électrique. Cette onde succède au complexe QRS après retour à la ligne isoélectrique. En général, un tracé d'un électrocardiogramme normal se présente comme illustré dans la figure.2.4. La caractérisation d'un ECG concerne les durées, les amplitudes et la morphologie des ondes P, QRS et T, ainsi que d'autres paramètres temporels qui sont les segments PR et ST, et les intervalles PR, QT et ST [24].

**L'onde U** : Dans certaines occasions, une onde, dite onde U, peut être observée après l'onde T. C'est une onde de faible amplitude et elle est visible dans certaines dérivations notamment chez les athlètes. L'onde U est souvent associée aux processus de repolarisation ventriculaire tardive, mais le mécanisme de sa genèse est encore discuté [20].

L'ECG est aussi caractérisé par plusieurs intervalles comme on peut le voir sur la Figure (2.4).

**L'intervalle RR**: Il est délimité par les sommets de deux ondes R consécutives et d'où est évaluée la fréquence cardiaque instantanée. Cet intervalle est utilisé pour la détection des arythmies ainsi que pour l'étude de la variabilité de la fréquence cardiaque.

**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) [9].

**Segment ST** : Il représente l'intervalle durant lequel les ventricules restent dans un état de dépolarisation actif. Il est aussi défini comme la durée entre la fin de l'onde S et le début de l'onde T [18].

**L'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 [21].

**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 [18].

### 2.5.2 Système de dérivations électrocardiographiques

La dérivation en électrocardiographie se définit par deux points d'observation de l'activité électrique du cœur à partir desquels on mesure une différence de potentiel électrique. Généralement les appareils électrocardiographiques peuvent enregistrer plusieurs différences de potentiels en même temps selon l'emplacement et le nombre d'électrodes réparties sur le corps. Chaque mesure de ces potentiels correspond alors à une dérivation de l'ECG. L'emplacement de ces électrodes est choisi de manière à explorer la quasi-totalité du champ électrique cardiaque résultant de la contraction du myocarde [23].

#### 2.5.2. a Les dérivations périphériques

Les dérivations périphériques (ou dérivations des membres) permettent d'étudier l'activité électrique du cœur sur le plan frontal. Elles sont obtenues au moyen de 4 électrodes appliquées au bras droit, au bras gauche, à la jambe gauche, et l'électrode de la jambe droite étant une électrode neutre destinée à éliminer les parasites électriques. Elles ont été déterminées par Einthoven en 1912 (Les dérivations périphériques bipolaires) et complétées par Goldberger en 1942 (Les dérivations périphériques unipolaires) [24].

##### 2.5.2. a.1 Les dérivations périphériques bipolaires

Les dérivations bipolaires (DI, DII, DIII) ont été déterminées par Einthoven [Ein'1912] au début du vingtième siècle et restent encore utilisées aujourd'hui. Ces dérivations utilisent trois électrodes placées sur le sujet. Les électrodes sont placées sur les bras droit et gauche et sur la jambe gauche pour former un triangle (triangle d'Einthoven). Ces dérivations sont dites bipolaires parce qu'elles mesurent une différence de potentiel entre deux électrodes. Chaque côté du triangle formé par les trois électrodes représente une dérivation en utilisant une paire

d'électrodes différente pour chacune des dérivations (voir figure 2.5) [24]. Les trois dérivations sont :

- DI (dérivation I) avec  $DI = VL - VR$
- DII (dérivation II) avec  $DII = VF - VR$
- DIII (dérivation III) avec  $DIII = VF - VL$

Avec :

VL : le potentiel sur le bras gauche

VR : le potentiel sur le bras droit

VF : le potentiel sur la jambe gauche

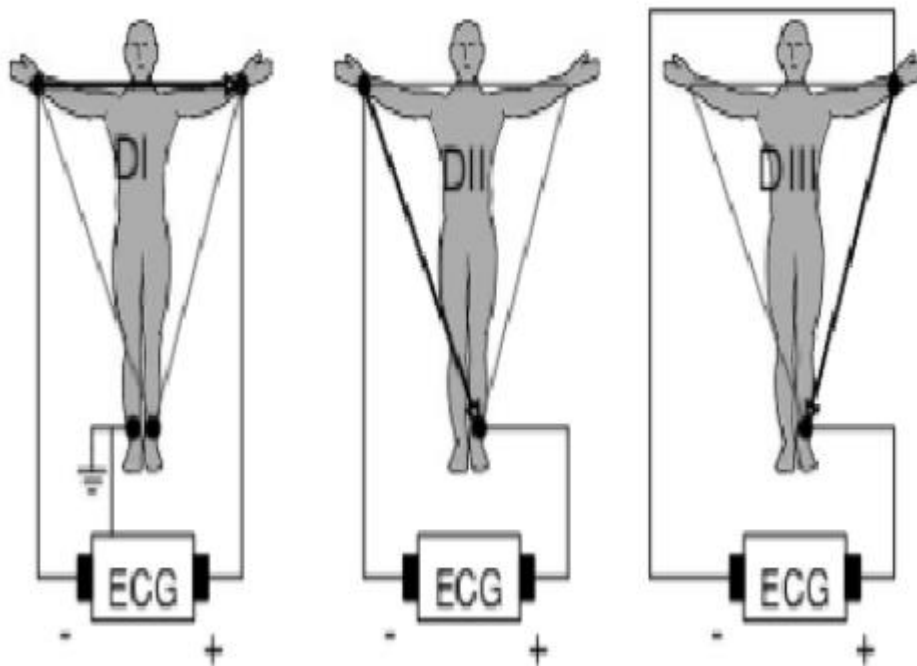


Fig. 2.5: Dérivations bipolaires

### 2.5.2. a.2 Les dérivations périphériques unipolaires

Les dérivations unipolaires ont été introduites par Wilson (Fig. 2.6). Dans son système, les dérivations sont obtenues entre une électrode exploratrice placée au sommet du triangle d'Einthoven et une borne centrale (électrode neutre ou indifférente, dont le potentiel est la moyenne des potentiels des trois sommets du triangle d'Einthoven). Cela a donné les dérivations unipolaires VL, VR et VF. Plus tard, Goldberg [Gol'42] a modifié le système des dérivations de Wilson pour obtenir trois dérivations unipolaires augmentées, appelées aVL, aVR et aVF (illustré dans la figure 2.6) [24]. La lettre a (en Anglais : augmented) désigne le

fait que les nouvelles dérivations amplifient les variations de potentiel des dérivations de Wilson par un facteur de 1,5.

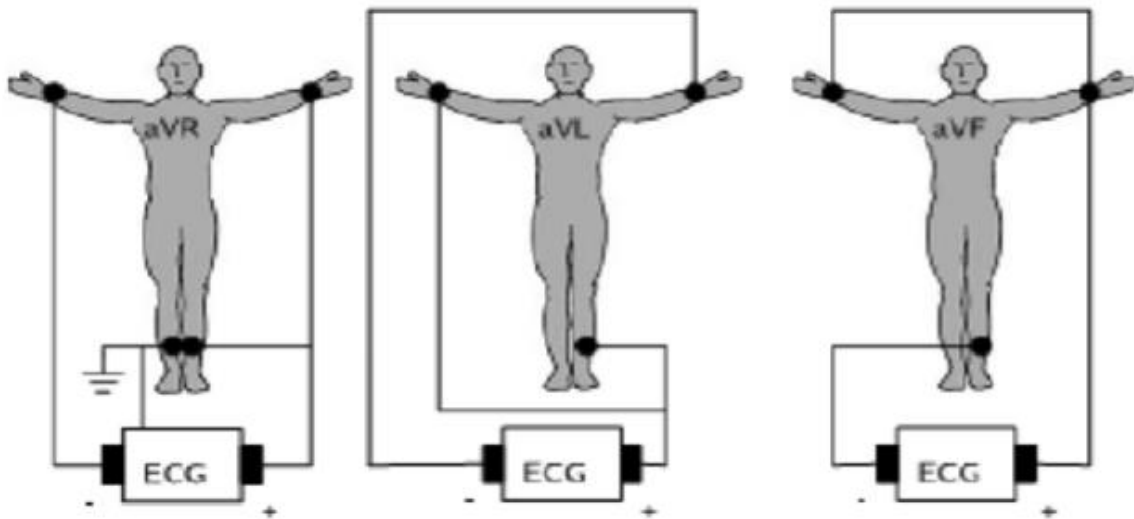


Fig. 2.6 : Dérivations unipolaires

### 2.5.2. b Les dérivations précordiales

Ce sont des dérivations unipolaires mises au point par Wilson (Wilson et al, 1944) [21]. Ces six dérivations sont localisées dans le côté gauche du thorax comme illustré dans la figure 2.7. Les potentiels sont enregistrés à partir d'une électrode exploratrice (pôle positif) placée sur le thorax et l'électrode de référence (pôle négatif) connectée à la borne centrale de Wilson. Ce sont des dérivations rapprochées car l'électrode exploratrice est placée à faible distance des parois du ventricule droit et gauche [24].

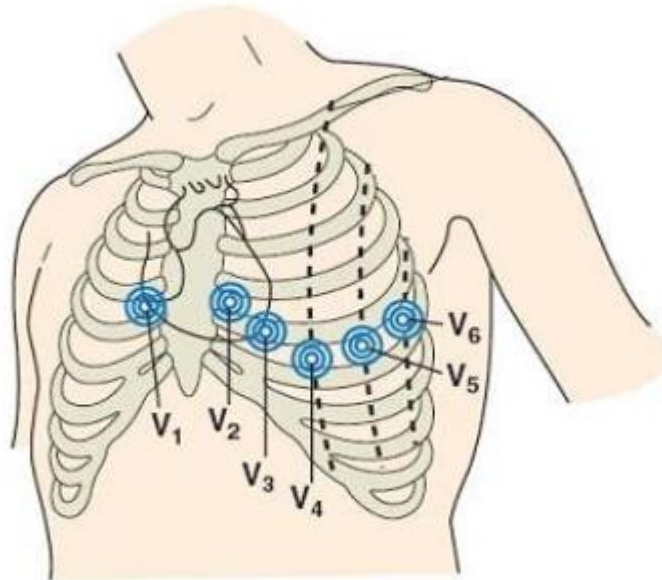


Fig. 2.7: La position des électrodes précordiales.

Ces dérivations sont positionnées comme suit :

- ✓ V<sub>1</sub> : 4<sup>e</sup> espace intercostal droit, bord droit du sternum (parasternal).
- ✓ V<sub>2</sub> : 4<sup>e</sup> espace intercostal gauche, bord gauche du sternum (parasternal).
- ✓ V<sub>3</sub> : à mi-chemin entre V<sub>2</sub> et V<sub>4</sub>.
- ✓ V<sub>4</sub> : 5<sup>e</sup> espace intercostal gauche, sur la ligne médio claviculaire.
- ✓ V<sub>5</sub> : même horizontale que V<sub>4</sub>, ligne axillaire antérieure.
- ✓ V<sub>6</sub> : même horizontale que V<sub>4</sub>, ligne axillaire moyenne [25].

## 2.6 Les signaux cardiaques et le diagnostic médical

Nous présentons la lecture cardiologique des signaux cardiaques et les principales informations médicales que les médecins extraient des enregistrements de l'ECG :

### 2.6.1 Enregistrement de l'ECG

En premier, le médecin doit vérifier qu'il y a autant d'ondes P que de complexes QRS. Ensuite, il mesure la fréquence cardiaque en utilisant deux cycles à la fois (3 pics R consécutifs). Si les intervalles RR ne sont pas réguliers (entre 60 et 100 battements par mn) ou si l'amplitude des complexes QRS varie, alors on s'oriente vers une pathologie cardiaque dont les plus courantes sont citées ci-après et qui nécessitent un examen plus poussé [26].

#### Les arythmies cardiaques



Les arythmies cardiaques (AC) sont des troubles du rythme cardiaque dus à des dysfonctionnements de la conductivité électrique du myocarde. La répétition des arythmies dans l'électrocardiogramme induit les tachycardies et les fibrillations [26].

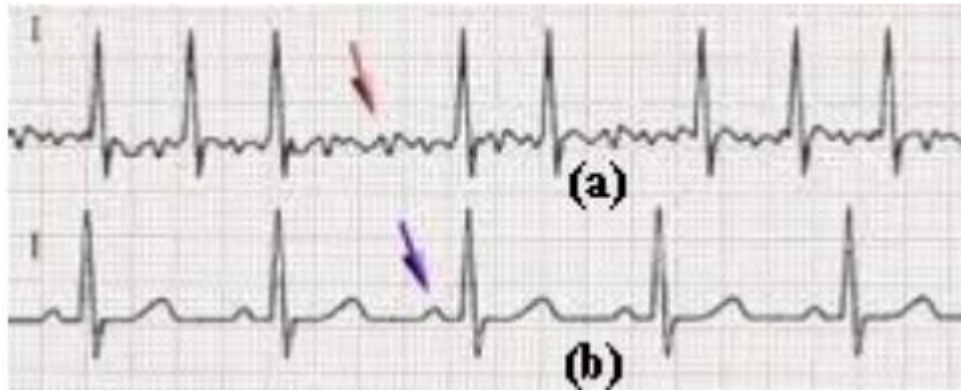


Fig. 2.8 Comparaison avec un ECG normal (b) où les intervalles RR sont réguliers et ses composantes sont identifiables et un enregistrement de l'ECG (a) qui présente une arythmie cardiaque qui se traduit par une irrégularité des cycles RR et une déformation des ondes P et T.

### Fibrillation ventriculaire

La fibrillation ventriculaire (FV) est l'arythmie cardiaque la plus grave (le cerveau, le cœur et les autres organes ne sont plus irrigués). Elle est caractérisée par un ECG d'amplitude inégale, anarchique, avec une grande fréquence cardiaque et des aspects méconnaissables de la systole ou de la diastole. Cette irrégularité produit des dégâts neurologiques irréversibles provoquant, parfois, l'arrêt cardiaque et le décès de la victime [26].

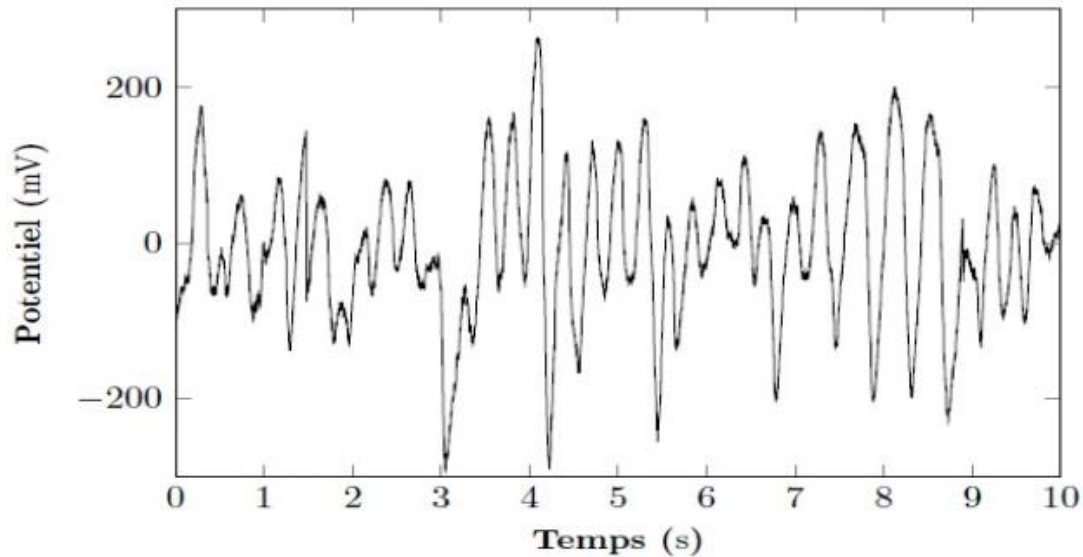


Fig. 2.9 Exemple de fibrillation ventriculaire où les caractéristiques de l'ECG ne sont plus identifiables, avec une grande fréquence cardiaque et des aspects méconnaissables des phases cardiaques : la systole ou la diastole.

### Fibrillation auriculaire

La fibrillation auriculaire (FA) est l'arythmie cardiaque la plus fréquente. Dans certains cas, le sang peut s'accumuler dans l'oreillette avec le risque de formation d'un caillot sanguin. Si le caillot monte au cerveau, cela causera un accident vasculaire cérébral (AVC) [26].

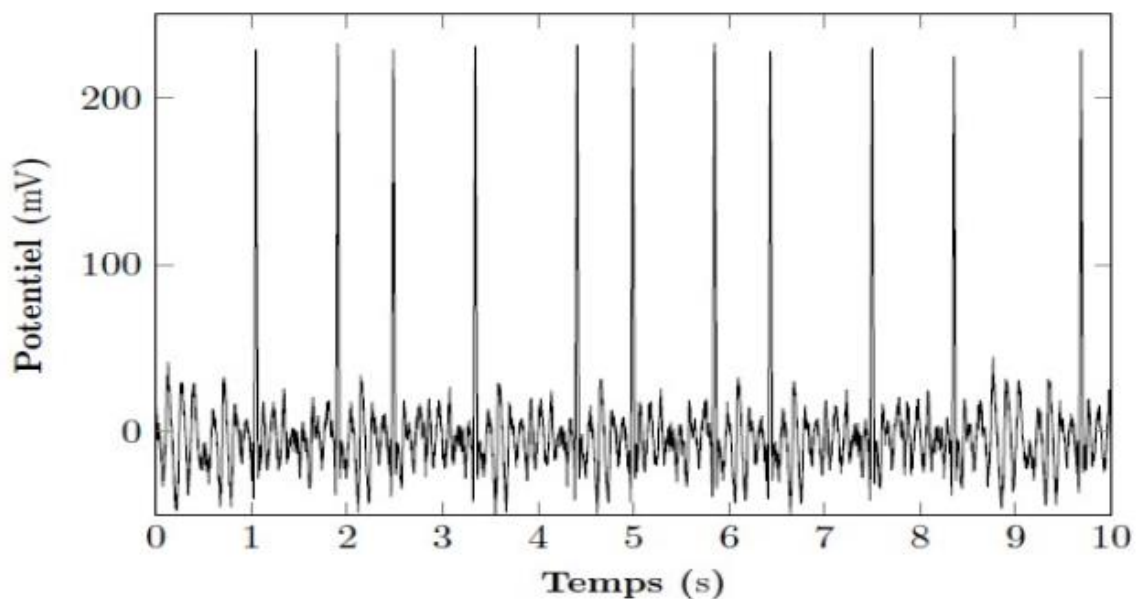


Fig. 2.10 Détection d'une fibrillation auriculaire qui se traduit par une difficulté à distinguer les ondes P, T, Q et une irrégularité des cycles RR.

**2.7 Conclusion**

Ce chapitre introduit l'analyse du signal ECG afin de déceler un grand nombre de pathologies cardiaques et par conséquent dresser un diagnostic précis, fiable et efficace pour une application de la télésurveillance. Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, nous proposons de développer un service de télémédecine permettant un transfert d'un signal électrocardiogramme à distance sur le terminal mobile au près de médecin traitant

# *CHAPITRE 3*

*RÉALISATION*

*D'UN SYSTÈME*

*DE TÉLÉSURVEILLANCE*

### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous visons l'objectif fondamental de notre projet de transmettre le signal cardiaque et le nombre de battements cardiaques à distance à une station mobile satisfaisante pour le patient, considéré comme un état de télésurveillance et présent dans de nombreux domaines tels que la télémédecine.

### 3.2 Cahier de charge

Le cahier de charge de ce projet consiste à:

- Créer un programme qui calcule le nombre de fréquence cardiaque en cas d'urgence et l'envoyer au téléphone du médecin par SMS.
- Créer un programme qui calcule le nombre de fréquence cardiaque dans un cas normal et l'envoyer au téléphone du médecin par SMS.
- Créer un programme simple pour donner le signal ECG et l'envoyer ensuite au téléphone du médecin par SMS.

### 3.3 Structure générale du système

Le schéma de la figure 3.1 englobe les phases les plus importantes du système, de l'acquisition jusqu'au diagnostic médical à dresser.

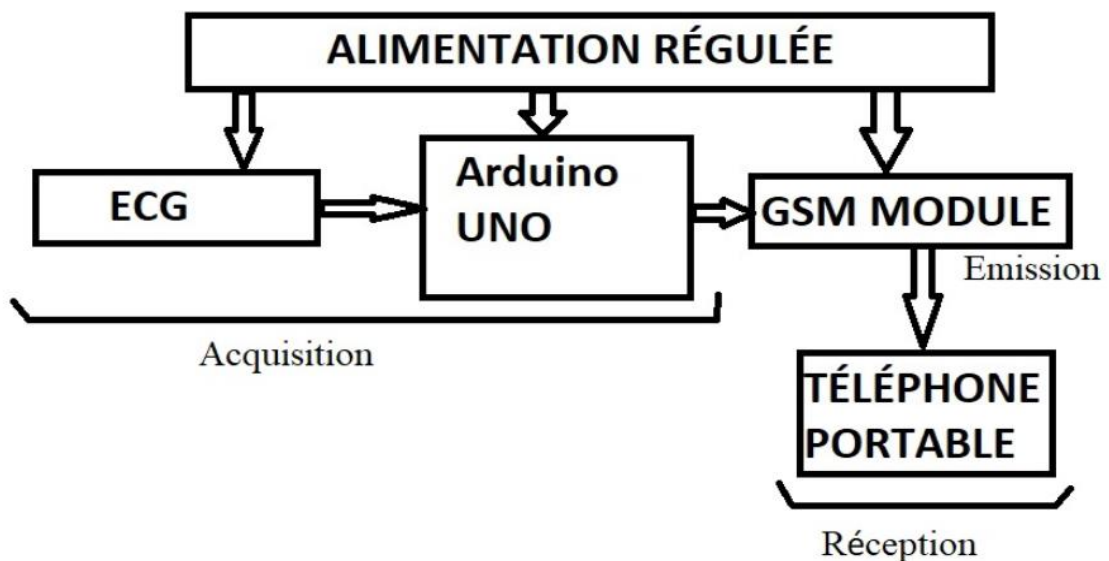


Fig.3.1 : Schéma synoptique de la chaîne de transmission.

### 3.3.1 Acquisition du signal ECG

Le système d'acquisition est constitué de différents étages ayant pour but de convertir les signaux en données numérique pouvant être transmises par voie aérienne.

Son caractère portatif impose une alimentation autonome (pile) et la limitation de l'encombrement du système. Les différentes étapes que subi le signal afin de le numériser sont les suivantes :

- Capteur : Consiste à convertir un signal quelconque (physique) en un signal électrique, dans notre cas la différence de potentiel entre deux points du corps est traduite en un signal électrique.
- Pré-amplification : Le signal issu des électrodes étant de faible amplitude, un amplificateur est nécessaire afin de le rendre exploitable.
- Pré-filtrage : Permet d'éliminer les bruits de haute et de basse fréquence et garder le signal utile.

### 3.3.2 Les électrodes

Les capteurs utilisés pour l'acquisition de signal ECG sont des électrodes de mesure qui sont placées directement sur la peau (Figure 3.2).

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.



Fig.3.2 : Représentation des électrodes.

Ces électrodes sont caractérisées par :

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

### 3.3.3 Moniteur de fréquence cardiaque AD8232

L'AD8232 est une petite puce soignée utilisée pour mesurer l'activité électrique du cœur. Cette activité électrique peut être représentée sous la forme d'un ECG ou d'un électrocardiogramme.

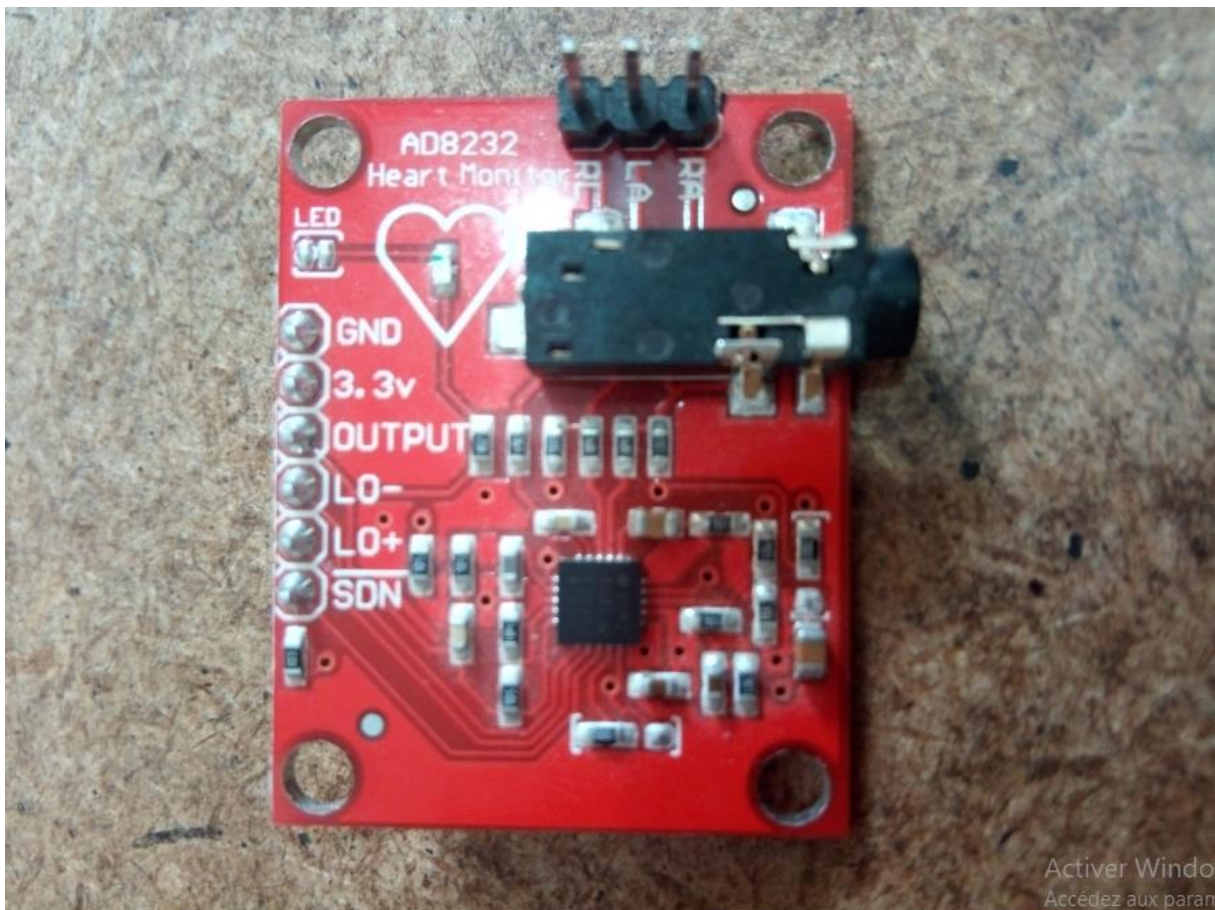


Fig.3.3 : Cardiofréquencemètre AD8232.

Nous connecterons cinq des neuf broches du tableau (3.1) avec notre Arduino. Les cinq broches dont nous avons besoin sont appelées GND, 3.3v, OUTPUT, LO - et LO +.

### 3.3.4 La carte ArduinoUno

L'Arduino Uno est une carte à base d'un microcontrôleur- l'ATmega328. Il possède 14 broches d'entrée / sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un résonateur céramique 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un connecteur ICSP et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour supporter le microcontrôleur; nous le connectons simplement à un ordinateur avec un câble USB ou alimentez-le avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer. C'est une plateforme informatique physique open-source basée sur un simple microcontrôleur , et un environnement de développement pour l'écriture du code source.

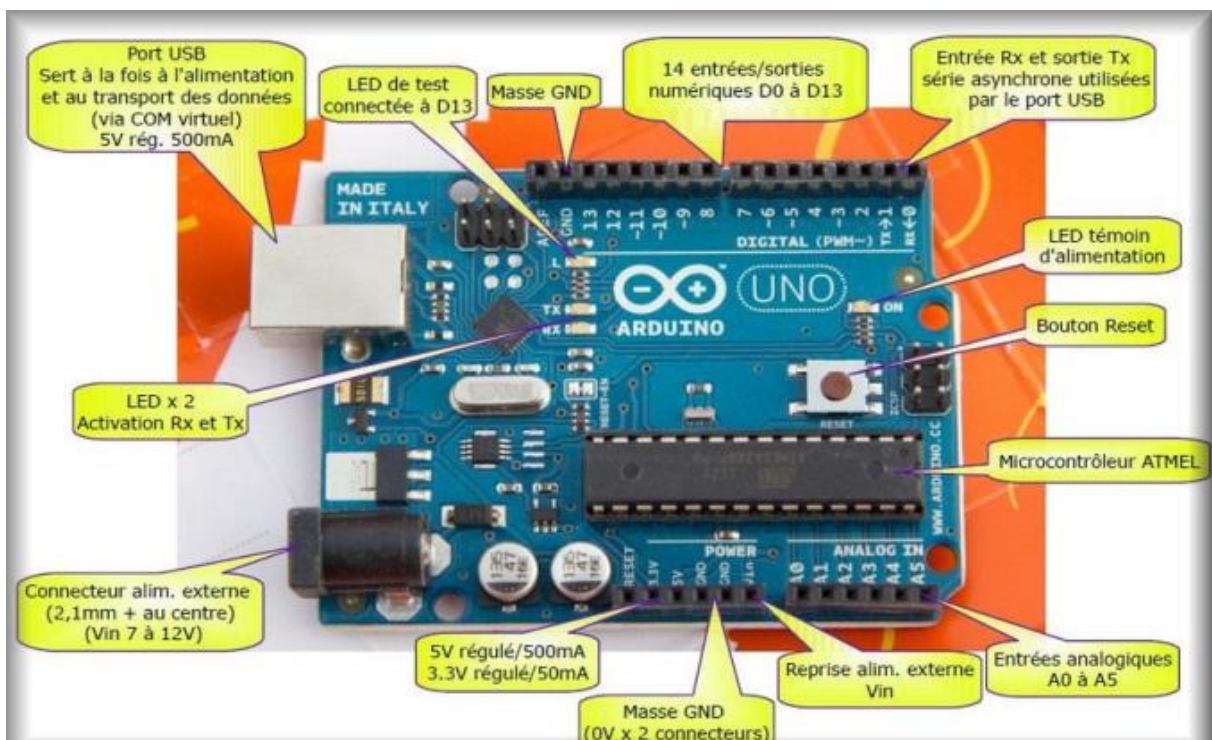


Fig.3.4 : Le schéma block de la carte Arduino UNO.

#### 3.3.4.a Numérisation du signal ECG

Les opérations de numérisation et de stockage s'effectuent dans le microcontrôleur. L'unité de traitement de l'information est l'ATMEGA 328 dans Arduino Le choix de l'Arduino dans ce travail dépend de ses performances et de ses caractéristiques, de sa mémoire de stockage, d'un convertisseur numérique analogique et d'entrées analogiques et numériques adaptatives au signal ECG.



**3.3.4.b Description du microcontrôleur ATmega328 /P**

L'ATmega328 / P offre les fonctionnalités suivantes: 32 Ko de mémoire Flash programmable intégrée avec des capacités de lecture en écriture, 1 Mo d'EEPROM, 2 Mo de mémoire SRAM, 23 lignes d'E / S à usage général, 32 registres de travail polyvalents, un compteur temps réel (RTC), trois temporisateurs / compteurs flexibles avec modes de comparaison et PWM, 1 USART programmable en série, 1 interface série 2 fils orientée octet (I2C), un CAN 10 bits à 6 canaux , un temporisateur de chien de garde programmable avec oscillateur interne, un port série SPI et six modes d'économie d'énergie sélectionnables par logiciel.

**3.3.4.c Logiciel Arduino**

La carte Arduino est programmé via le programme Arduino Integrated Development Environment et est gratuit pour Arduino. Nous ne pouvons pas utiliser Arduino sans l'environnement de développement intégré, bien qu'il existe d'autres programmes qui traitent avec Arduino mais doivent être configurés en utilisant l'environnement de développement intégré Arduino.

**❖ Présentation de l'IDE Arduino**

L'environnement de développement intégré est l'outil utilisé pour écrire le code dans Arduino C et ensuite le convertir en un format exécutable qui peut être placé sur le microcontrôleur de la carte Arduino. (Fig .3.5)

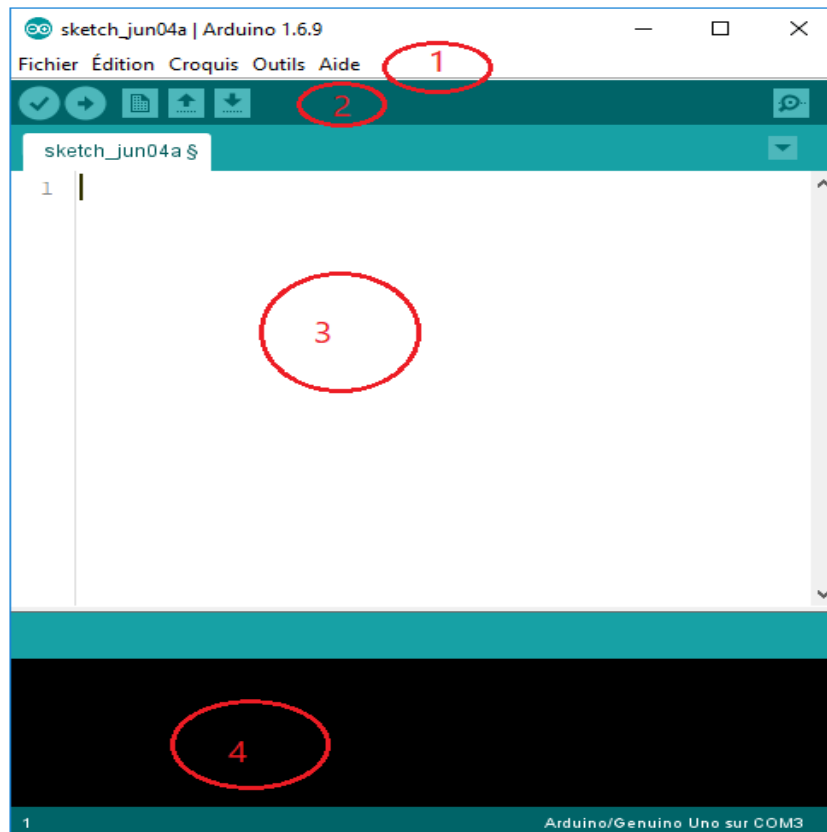


Fig.3.5 : Interface d'environnement de développement intégré lors de l'exécution.

- (1) : La barre de menu.
- (2) : barre de commande rapide.
- (3) : zone de codage du code.
- (4) : la partie des erreurs logicielles.

### 3.3.5 Le module GSM/GPRS (GA6)

#### 3.3.5.a Définition

Parmi les différents modèles de modules GSM notre choix s'est porté sur le GA6. De faible dimension (22.8mm x 16.8mm x 2.2 mm), il ne dépasse pas 18 grammes, de faible consommation, capable de supporter modes de communications, d'interface de la carte SIM. Ce module utilisé pour l'émission ainsi que pour la réception, peut être conduit par l'intermédiaire de l'interface série en utilisant les commandes AT.



Fig.3.6 : Le module GSM/GPRS

Nous avons utilisé le port série de GSM (TxD et RxD). Ces deux derniers sont connectés aux RxD et TxD d'arduino. La connexion est directe. Le module GSM est commandé par l'arduino en utilisant les commandes AT.

Nous donnons, dans le tableau suivant, quelques caractéristiques techniques du module GSM.

### 3.3.5.b Caractéristiques techniques du module GSM :

- Dimensions de GA6 22.8mm x 16.8mm x 2.2 mm;
- Plage de température normal de fonctionnement:  $-30^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ ,
- Plage de température limite de fonctionnement:  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $-30^{\circ}\text{C}$  and  $+80^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}^*$
- Tension de travail voltage 3.5V-4.2V;
- Tension d'amorçage  $> 3.5\text{V}$ ;
- Le débit en mode veille est 0.9mA;
- Quad-band: GSM850, EGSM 900 and DCS 1800, PCS1900 can automatically search for four bands. L GSM phase 2 / 2+1 GPRS Class 10;
- Sensibilité  $< -107$ ;
- Support des appels vocal (Voice calls);
- Support des messageries SMS SMS;

- Support mobile et Unicom 2G, ainsi le réseau global GSM
- UGPRS data characteristics, the maximum data rate, download 85.6Kbps, upload 42.8Kbps;
- Les fonctions des supports serial port multiplexing function in accordance with GSM 07.10 protocol
- Support 2 serial ports, a download serial port, an AT command port;
- The AT command supports standard AT and TCP / IP command interfaces;
- support digital audio and analog audio, support HR, FR, EFR, AMR voice coding;
- support FCC, CE certification;
- USMT 42PIN package.

### **3.3.5.c Les commandes AT**

Le module de transmission sans fil GSM est contrôlé à travers le port série en utilisant les commandes AT. Donc ces dernières permettent l'accès aux fonctions d'un téléphone portable ou d'un module sans fil (GSM) par l'intermédiaire d'un terminal.

Chaque instruction débute par les caractères ASCII « AT » tirés de l'abréviation « Attention » et se termine par un retour chariot.

Certaines des commandes AT courantes sont:

- Commande AT-Attention. Alertes module GSM pour la communication.
- Commande ATZ-Reset. Réinitialise le module GSM.
- AT + CMGF: définit le mode d'entrée SMS comme mode texte.
- AT + CNMI: définit le format de l'indicateur SMS.
- AT + CMGS: envoie un SMS.
- AT + CMGR - Reçoit un message texte.

## **3.4 Le système de télésurveillance**

Notre système est composé de plusieurs modules pouvant permettre ce qui suit :

- Faire l'acquisition du signal ECG et les paramètres physiologiques des patients, même en hors d'un centre hospitalier spécialisé ; chez eux ou ceux suivant leurs activités quotidiennes ;
- Traiter en temps réel les données au niveau du patient en vue d'un diagnostic automatique;
- Télétransmettre les données biomédicales des patients en temps réel ou en cas d'urgence ;

3.4.1. Schéma électrique du système

Le schéma électrique de ce système est composé d'un module Arduino UNO, d'un module de communication GSM/GPRS et d'un capteur de fréquence cardiaque (Heart beat sensor ou Moniteur de fréquence cardiaque AD8232) telle que représentée par la figure 3.7.

Le signal analogique ou les données biomédicales ( température, fréquence cardiaque..etc ) issu des électrodes et après son amplification, il doit être numérisé à l'aide du convertisseur analogique numérique du microcontrôleur ATmega328P, Ensuite les données numériques sont transférées directement vers le module USART (TX/RX) d'ATmega328P, dans le but de les envoyer vers le module de transmission GSM A6 ou GSM900

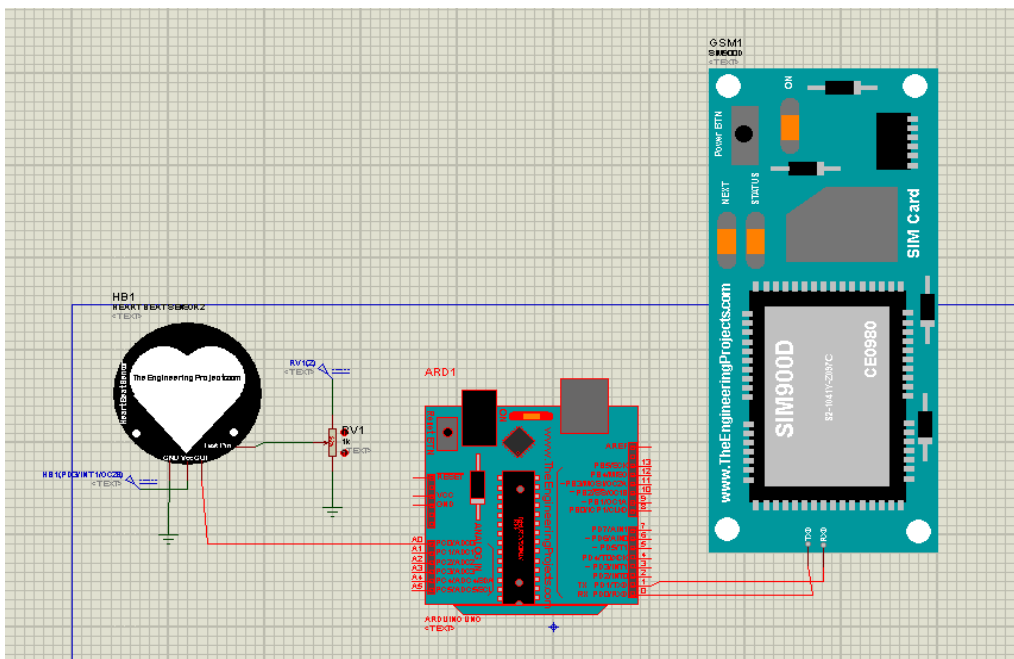


Fig 3.7 : Schéma électrique du système

3.4.2 Acquisition du signal ECG par AD8232

Pour l'acquisition du signal ECG, on suit les étapes et les configurations suivantes :

- 1- On connect le moniteur de fréquence cardiaque AD8232 à la carte Arduino en respectant les connexions des pins suivantes:

AD8232	Arduino Uno
3.3V	3.3V
Gnd	Gnd
Output	A0

Tableau 3.1 : Connexion des pins Arduino-AD8232

- 2- On Connecte les câbles des électrodes de l' ECG avec les connections comme indiqué sur le tableau suivant :

Cable Color	Signal
<b>Black</b>	RA (Right Arm)
<b>Blue</b>	LA (Left Arm)
<b>Red</b>	RL (Right Leg)

Tableau 3.2 : Règle de connexion des cables des électrodes.

- 3- On écrit le code suivant en utilisant le logiciel open-source Arduino IDE puis on le téléverse à la carte d'arduino UNO :

- Programme

```
void setup() {
// initialize serial communication at 9600 bits per second:
Serial.begin(9600);
}
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
// read the input on analog pin 0:
int sensorValue = analogRead(A0);
// print out the value you read:
Serial.flush();
Serial.println(sensorValue);
delay(10); // delay in between reads for stability
}
```

### 3.4.2.a L'ECG résultant

L' activité électrique mesuré par AD8232 peut être tracée sous forme d'un ECG ou électrocardiogramme pour une lecture analogique en utilisant le traceur série d'Arduino pendant le travail d'application.

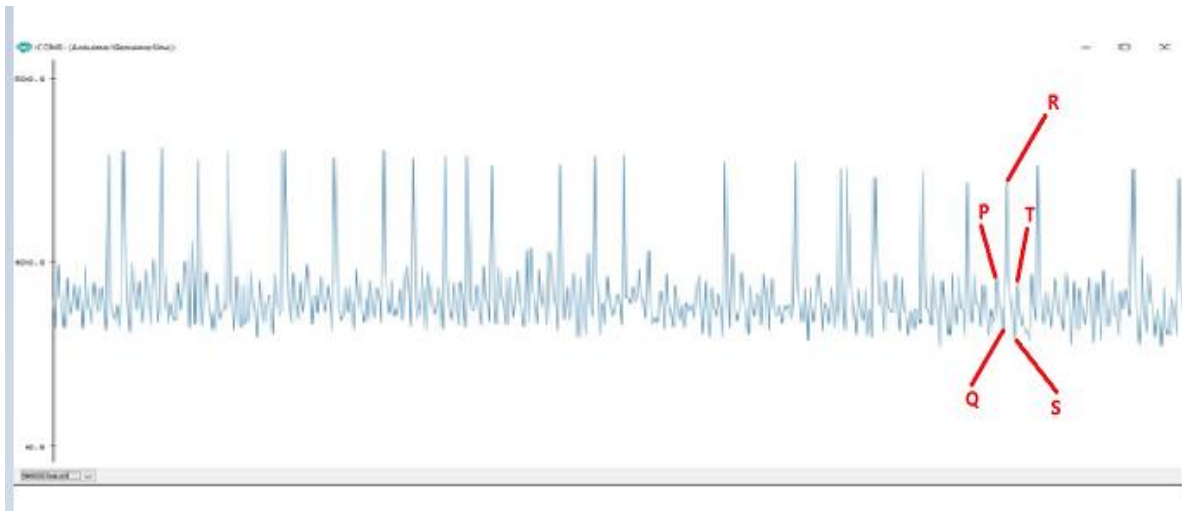


Fig.3.8 : L'ECG original avec identification des ondes caractéristiques.

### 3.4.3 Description du système proposé

Le système proposé de télémédecine mobile (surveillance) est représenté sur la figure 3.9

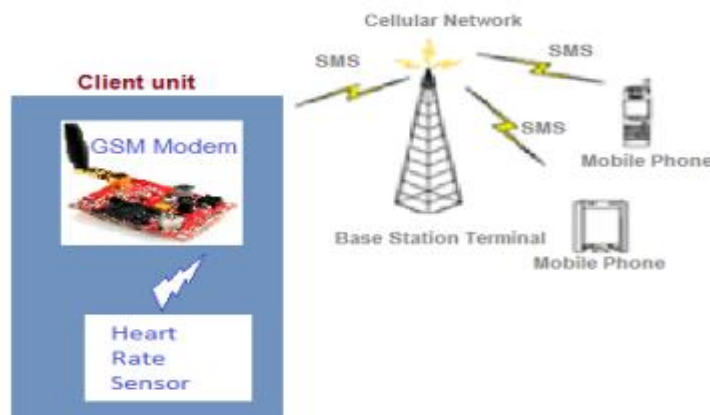


Fig 3. 9 : Système de surveillance mobile.

Notre système de télésurveillance est illustré dans la Figure 3.10, il est composé de :

- Un capteur de pouls (Pulse Sencor) : pour la détection de fréquence cardiaque (Fig 3.11)
- Une carte arduino UNO : pour la numérisation et le transfert des donnée (Fig 3.4)
- Un module de communication ; GSM GA6 (Fig 3.6)
- Mobile médecine (Serveur) sont les téléphones mobiles des médecins qui doivent recevoir les SMS d'alerte lorsqu'un patient se trouve en danger ;

- Réseau GSM/GPRS : c'est par ce réseau de mobiles que les données sont télétransmises à l'hôpital de référence ou le médecin consultant.
- Un terminal patient (client): devrait servir communiquer avec tous les composant du système, effecteur les traitements préliminaires sur les données biomédicales, être chargé d'envoyer des SMS d'alerte à travers le modem GSM/GPRS

Le patient (client) et le professionnel de la santé ou médecin (serveur) peuvent être localisés n'importe où dans le monde où il y a une couverture de réseau GSM (cellulaire).

La fréquence cardiaque, peut être acquis par le patient lui-même ou le patient peut être assisté par un membre de la famille ou un professionnel de santé dans les cas les plus graves selon le cas particulier du patient . Le processus d'acquisition est effectué en plaçant les électrodes de la fréquence cardiaque au corps du patient à des endroits désignés.

L'unité-client communique avec le téléphone portable via une connexion modem GSM, qui peut être établie par un module USART du microcontrôleur ATmega328P qui gère uniquement deux broches TxD et RxD dans le but d'envoyer les données vers le module de communication GA6.

Le téléphone mobile fournit une série de messages SMS d'alerte contenant les données acquises au réseau cellulaire en communiquant avec la station de base cellulaire GSM/GPRS. Lorsque les messages SMS d'alerte parviennent à leur téléphone mobile de destination (médecin), ils sont soit téléchargés via une connexion RS232 via un logiciel spécial exécuté sur un ordinateur portable, soit importés par une application mobile fonctionnant sur le téléphone portable du médecin.



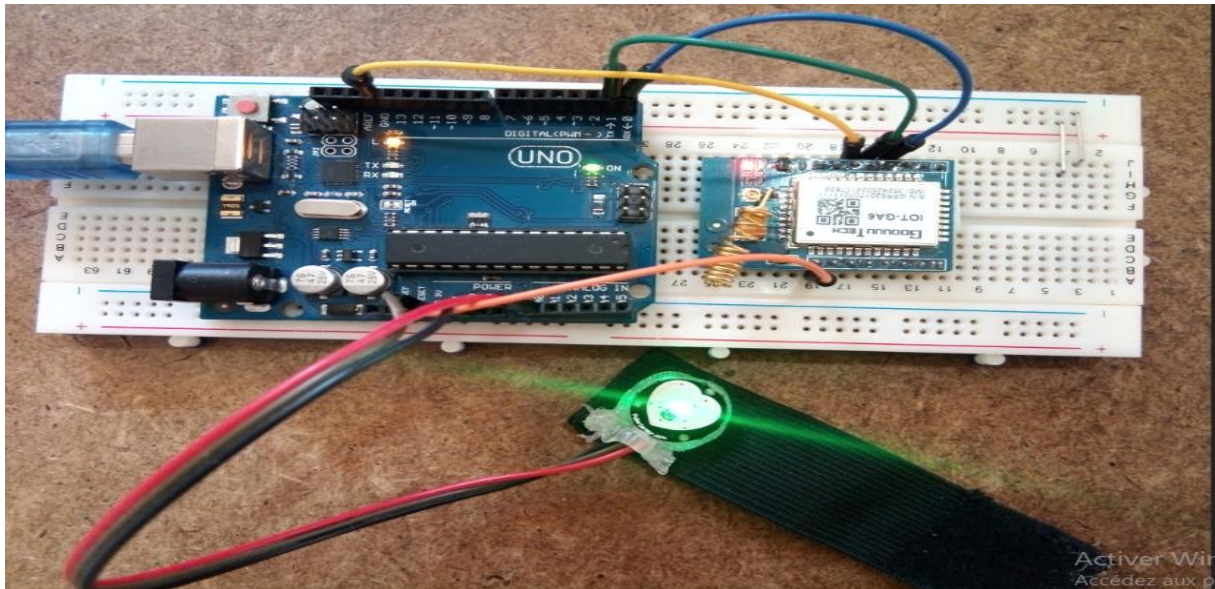


Fig.3.10 : Le système de télésurveillance pour mesurer le nombre de pulsations et l'envoyer par SMS.

### 3.4.3.a L'unité de capteur de pouls

Un capteur Heartbeat est un dispositif de surveillance qui permet de mesurer sa fréquence cardiaque en temps réel ou d'enregistrer la fréquence cardiaque pour une étude ultérieure. Il fournit un moyen simple d'étudier la fonction cardiaque. Ce capteur surveille l'écoulement du sang à travers le doigt et est conçu pour donner une sortie numérique du rythme cardiaque lorsqu'un doigt est placé dessus. Lorsque le capteur fonctionne, la LED Beat clignote à l'unisson avec chaque battement de cœur. Cette sortie numérique peut être directement connectée au microcontrôleur pour mesurer le taux de battements par minute (BPM). Il fonctionne sur le principe de la modulation de la lumière par le flux sanguin à travers le doigt à chaque impulsion. Le capteur de pouls est un capteur de rythme cardiaque plug and-play bien conçu pour Arduino. Il comprend également une application de surveillance open-source qui représente votre pouls en temps réel.

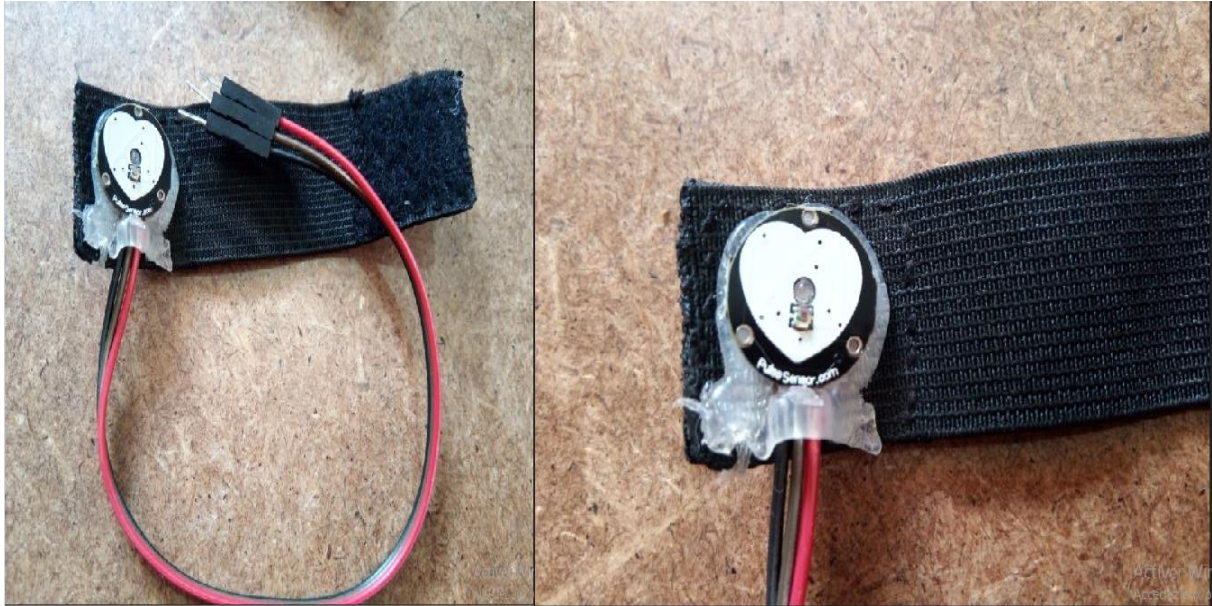


Fig.3.11 : Le capteur de pouls

On estime que chez l'adulte, au repos, une fréquence cardiaque normale est comprise entre 60 et 100 battements par minute (bpm) (voir Annexe).

La figure 3.12 montre un prototype de mesure du signal de la fréquence cardiaque d'un patient en cas d'urgence, visualisé à l'aide du traceur série d'Arduino.

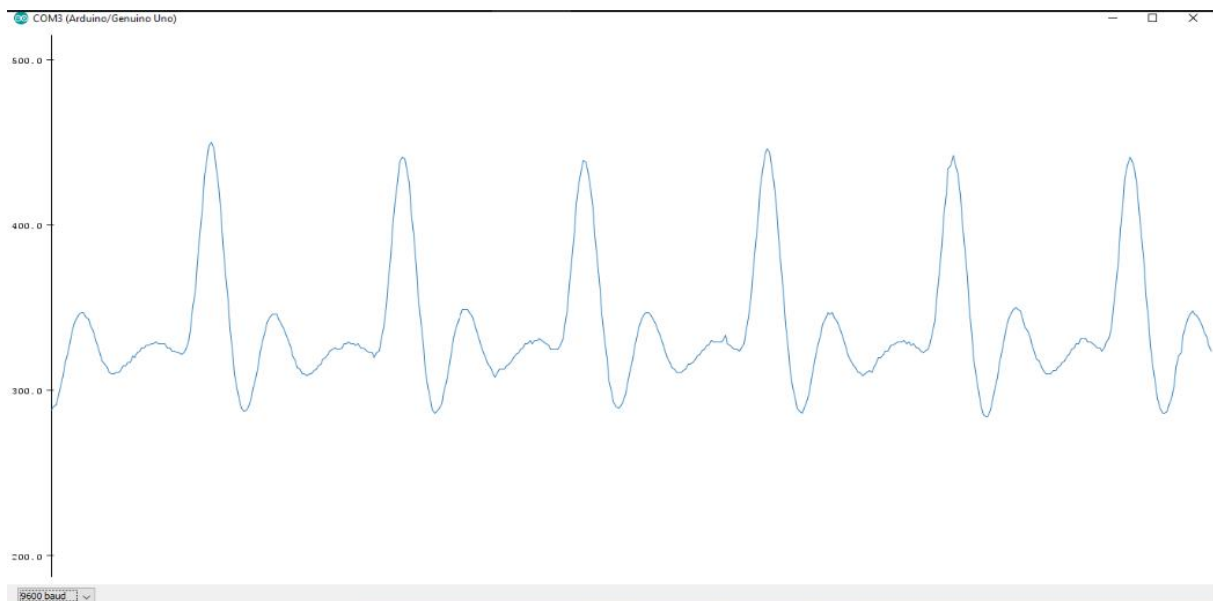


Fig.3.12 : Fréquence cardiaque mesurée

### **3.4.5 Implémentation et application**

#### **3.4.5.a Principe de fonctionnement du système**

Comme tout système embarqué, l'application proposée a un aspect matériel et un aspect logiciel. La partie du logiciel est développée sur la base de l'organigramme de la figure (3.13).

Dans notre application, l'objectif est de transmettre l'alerte d'arythmie sous un format de données. Comme indiqué dans les documents médicaux, une fréquence cardiaque normale est comprise entre 60 et 100 battements par minute (bpm).

Par conséquent, le système lit à partir des données transmises par le capteur heartbeat, selon les valeurs données de la fréquence cardiaque [ (c'est-à-dire moins de 50 bpm fréquence cardiaque faible): est un cas de bradycardie, et plus de 100 bpm (fréquence cardiaque élevée): est un cas nommé de tachycardie]. Par cet algorithme, un programme est écrit, compilé et transféré vers Arduino. Selon la valeur de la fréquence cardiaque captée, le mobile du médecin (serveur) est déclenché si une anomalie est détectée en recevant un SMS d'alerte du mobile du client (patient).

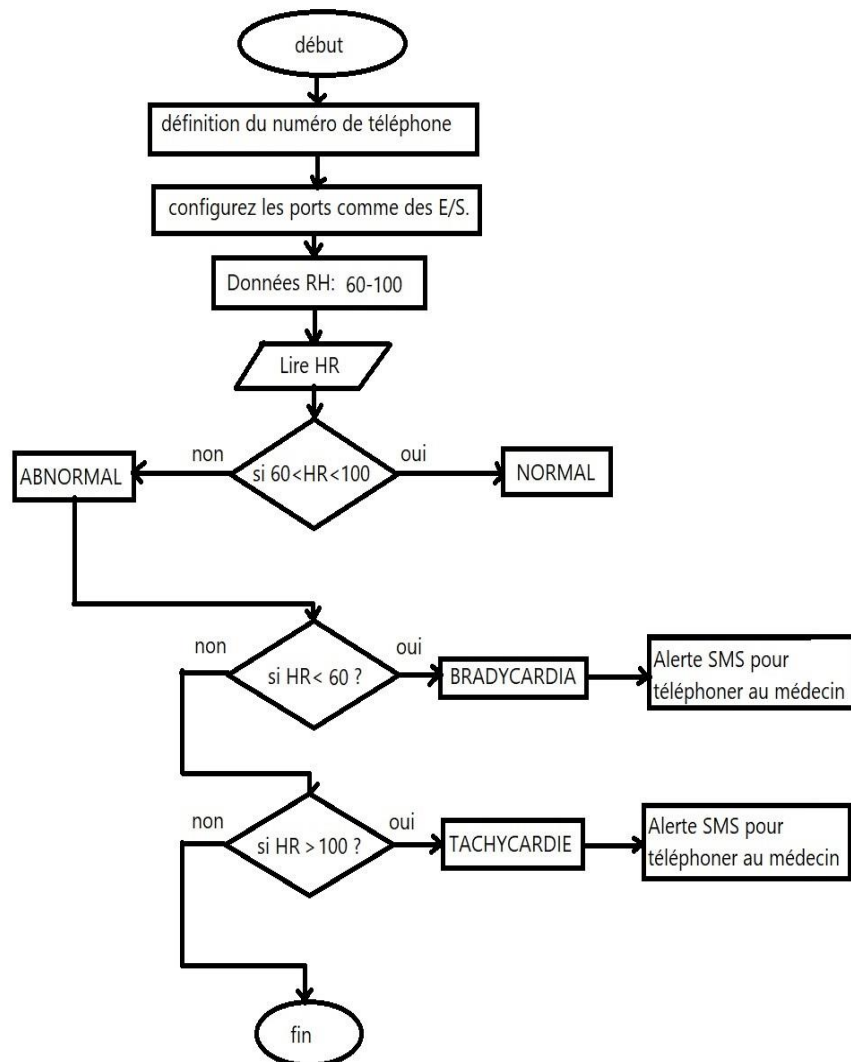


Fig.3.13 : Organigramme du système de télésurveillance.

### 3.4.5.b L'unité de consultation/serveur et test de l'application

Un prototype de système de télésurveillance basé sur le présent modèle a été implémenté. Il s'agissait d'un système de télésurveillance des patients ayant un problème cardiaque. Pour son fonctionnement Il a été réalisé :

- ❖ Un module d'acquisition des données biomédicales (fréquence cardiaque)
- ❖ Un modèle de communication GSM/GPRS connecté à la carte Arduino UNO
- ❖ Une application pour les traitements au niveau des patients qui recevait les signaux cardiaques envoyés par le module d'acquisition, les traitait et renseignait le rythme cardiaque, l'état du patient et sa position.

- ❖ Une application côté médecin permettait la visualisation en temps réel des données des patients.

Pour exécuter notre application, il est nécessaire de disposer d'une application de télémonitoring qui doit permettre aux médecins de visualiser les données des patients à distance

Le Smartphone que nous avons utilisé était le téléphone mobile SAMSUNG, il permet la capture des données par message SMS, les décode, et extrait l'heure, la date et des informations de l'utilisateur (le nom du patient, sa date de naissance et son numéro de mobile). L'application transmet aussi le signal de la fréquence cardiaque.

La figure 3.14 montre un prototype d'exécution de l'application, l'interface d'écran et affichant une liste de messages SMS reçus.

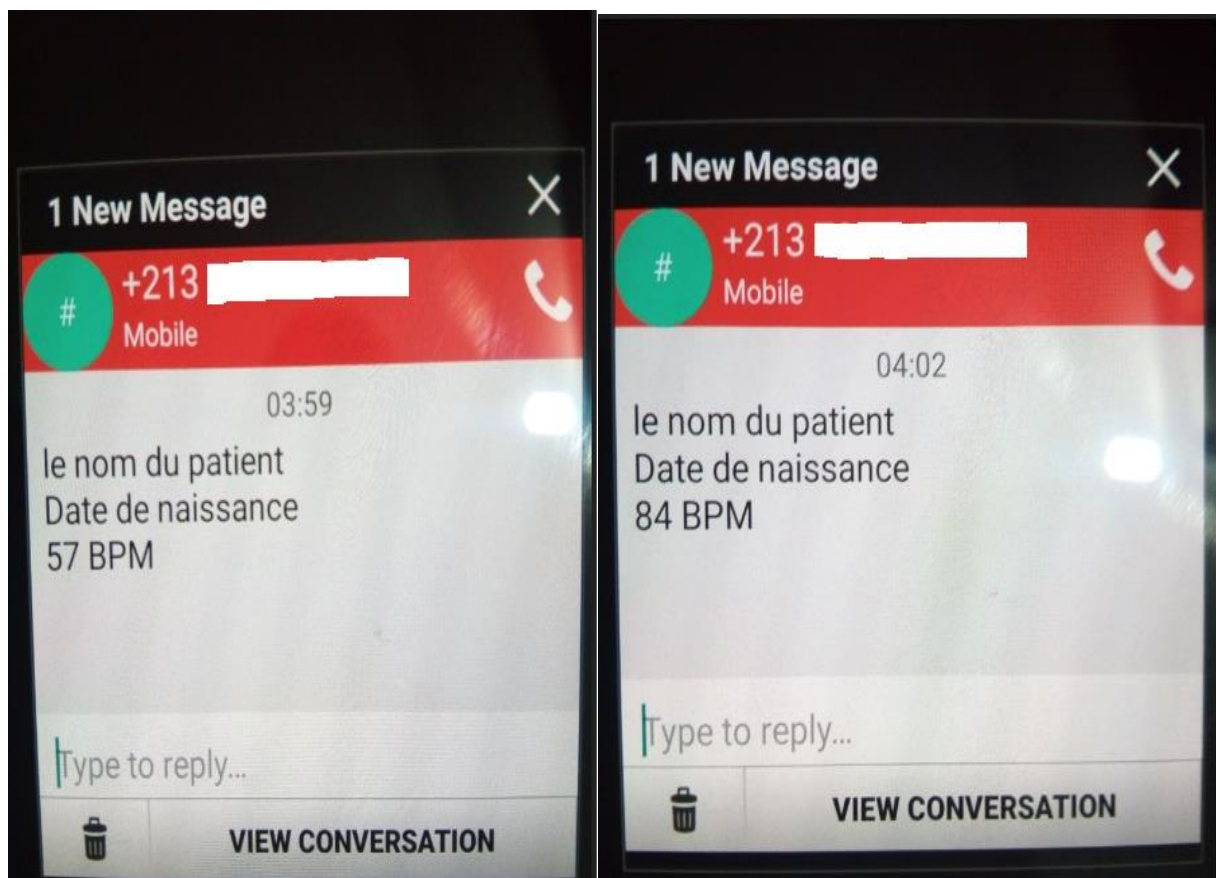


Fig.3.14 : Le smartphone SAMSUNG affiche la fréquence cardiaque, l'heure et la date, le nom du patient, le numéro de téléphone mobile et la date de naissance en cas d'urgence.

3.5 Simulation et vérification

La conception et la simulation du système de surveillance de l'électrocardiogramme par La plate-forme GSM/GPRS a été simulée en utilisant le logiciel ISIS-Proteus qui est un logiciel de conception, de simulation ainsi de vérification de la précision et de l'efficacité des circuits électriques

Notre système a passé par différentes étapes de conception et a été simulé. La figure 3.15 montre la simulation de circuit entre le module d'acquisition de la fréquence cardiaque (Heart beat sensor ) et le microcontrôleur ATmega328P de la carte ARDUINO et également le circuit de communication GSM relié à la carte de contrôle .

Afin de vérifier le bon fonctionnement du système, une simulation a été effectuée. Le principe était le suivant : le patient était en bon état mais le rythme cardiaque détecté était biaisé exprès. En effet, après la détermination automatique du rythme cardiaque, dans les codes sources écrits pour les applications, nous augmentions automatiquement cette valeur de 70 battements par minute. Ainsi, le rythme cardiaque final obtenu était forcément ramené à un cas de tachycardie. Environ 90 secondes après avoir lancé l'application du côté du patient, dans un intervalle de 10 secondes, le mobiles du médecin traitant reçoit un SMS d'alerte précisant l'identité du patient, son état de santé, son rythme cardiaque.

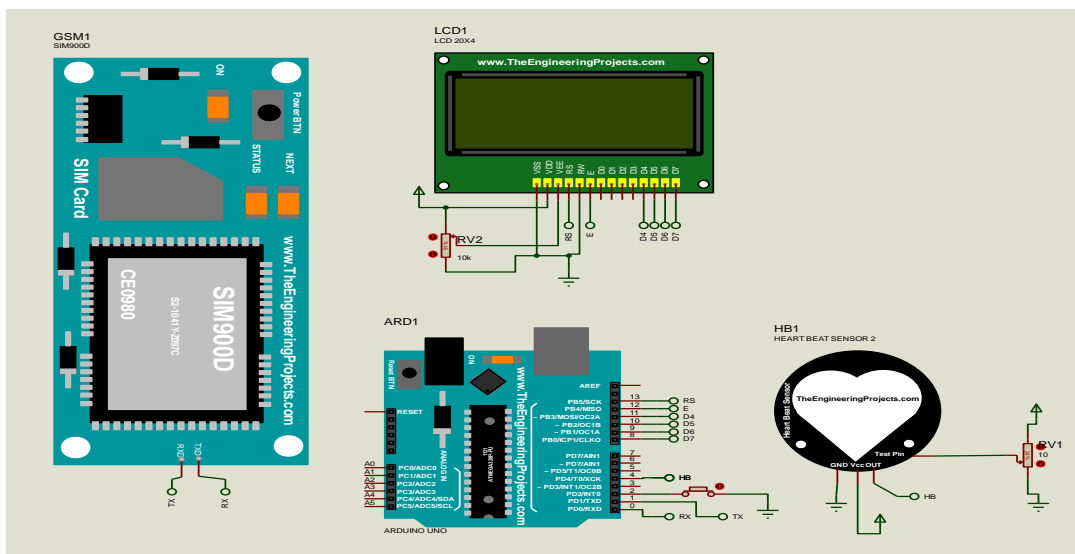


Fig 3.15 Simulation du système de télésurveillance

**3.6 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous nous sommes concentrés sur le développement de services de télémédecine qui répondent aux objectifs et aux besoins de la surveillance mobile à distance des maladies cardiaques. Ce projet ne nécessitait pas de moyens significatifs pour l'accomplir. Aujourd'hui, un simple téléphone mobile peut contribuer efficacement à la protection des vies humaines, ce qui permet à un médecin de traiter une personne à risque à tout moment en étudiant la situation en temps réel du patient sur l'ECG.

Nous avons étudié les différents modules nécessaires au développement d'un système de télésurveillance médicale utilisées pour l'acquisition d'un ECG et le nombre d'impulsions cardiaques afin de les transférer sous forme d'un SMS d'alerte envoyé au médecin en utilisant réseau GSM/GPRS.

Le suivi automatisé proposé consiste à suivre à distance l'état du patient en utilisant la méthodologie développée dans ce projet. Ainsi, un médecin peut traiter une personne à risque, à tout moment en examinant l'état de son patient en temps réel sur son ECG.

# Conclusion générale

Le signal électrocardiogramme ECG est un Examen très employé dans le domaine de la cardiologie. Ce signal représente l'activité électrique du cœur et possède une grande valeur clinique pour diagnostiquer un certain nombre d'arythmies cardiaques. Ces pathologies sont en général reflétées par des troubles de l'activité électrique du cœur.

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

Dans ce cadre, le travail réalisé, constitue un premier pas dans ce domaine. Il s'agit de développer un service de transfert de signal ECG sur un Smartphone pour le suivi des patients à distance destiné aux experts de la santé. Ce service réalise des traitements complexes et échangent des données entre les acteurs médicaux via des classes implémentées sur le terminal mobile.

Ce type d'environnement présente une hétérogénéité importante, une grande variabilité et de nombreuses possibilités d'évolution. Il est donc nécessaire d'implémenter l'adaptabilité à ces services déployés pour une exploitation adéquate vis-à-vis des contraintes des terminaux mobiles.

Cette solution, non couteuse 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.

A partir de ces travaux, quelques perspectives peuvent être envisagées.

- La première perspective consiste à développer une méthode de traitement permettant d'extraire plus d'informations du signal ECG en détectant, en plus du complexe QRS, l'onde P, l'onde T et l'intervalle ST.



## Conclusion générale

---

- La deuxième extension possible à ce travail consiste à acquérir et à transmettre à distance, en plus du signal ECG, d'autres grandeurs physiologiques telles que la tension artérielle et la température
- La troisième perspective consiste à transmettre les données biomédicales du patient en temps réel et en combinant l'utilisation des réseaux GSM/GPRS/UMTS , GPS et WPAN.

# **bibliographie**

[1] B. Magnus, « Wireless communication in telemedicine using Bluetooth and IEEE 802.11 b. » Department of Information Technology Uppsala University, 2001.

[2] A. MALTI, H. LANTRI. « Transfert du signal ecg sur mobile pour la télésurveillance médicale ». Thèse de master, université Abou Bakr belkid de Tlemcen, juin 2013.

[3] C. Abhishek, E. Uttam, « Emergency Patient Monitoring System for Cardiac Disorders. » Vol.1 Issue 3, May 2014.

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

[6] S. Pierre, A. Dominique, « La place de la télémédecine dans l'organisation des soins », rapport de la Direction Générale de l'Hospitalisation et de l'Organisation des Soins pour le Ministère de la santé et des Sports, 2008.

[7] M. CLAYERFOUET, « Les technologies numériques au service de la santé », 2016

[8] S.Krim, Y.Benmansour, « TELEIMAGERIE MEDICALE MOBILE », Thèse de master, Université de Abou bekr Belkaid, 2012.

[9] M. Asma, L. Halima, « TRANSFERT DU SIGNAL ECG SUR MOBILE POUR LA TELESURVEILLANCE MEDICALE », Thèse de master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, juin 2013.

[10] F.KOHLER, « Télémédecine, télésanté, eSanté », Nancy, France, sante, 2010.

[11] <https://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiel-medical/article-la-telemedecine---definition-et-avantages-4828.htm> /16 mars 2011

---

[12] <http://www.medicaline-sante.fr/avantages-et-inconvenients-de-la-telemedecine/>, 9 août 2013

[13] H. Serhal. «Détection de l'activité cardio-pulmonaire à distance et via l'internet», Mémoire d'ingénieur cnam, Université Libanaise Institut des Sciences Appliquées et Economiques, 2010.

[14] D, Florence. «Fusion de données multicapteurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile», thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier-Grenoble I, 2004.

[15] K. Bensafia. «Télésurveillance: Transmission sans fil, par voie GSM, et traitement du signal électrocardiographie (ECG) », Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri, 2012.

[16] H. BOUDRA, « Un prototype de système de télésurveillance médicale basé sur les capteurs et les réseaux de capteur sans fil », Thèse de master, Université du Québec à Montréal, 2014

[17] C. Fanny, « Mention Médecine Générale », thèse de doctorat, université de Strasbourg, 2014.

[18] M.L. TALBI, «Analyse et traitement de signal électrocardiographique(ECG) », Thèse de Doctorat, Université Mentouri de Constantine, 2011.

[19] M. Arbatni Khaled, «Réseaux de neurones appliqués à l'analyse et à la modélisation non linéaire du signal ECG », Thèse de magister, UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE, 2007.

[20] R.BENALI, «Analyse du signal ECG par réseau adaptif d'ondelettes en vue de la reconnaissance de pathologies cardiaques», Thèse de Doctorat, Université Abou BEKR BELKAID, 2013.

[21]A. Belgacem, « Classification des signaux EGC avec un système-multi-agent neuronale », Thèse de magister, UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEN, 2012.

[22] M.Benmalek, «Contribution à l'analyse de l'électrocardiogramme (ecg) en utilisant les concepts des opérateurs d'ordre fractionnaire», thèse de doctorat, université mentouri de Constantine, 2011.

[23] H .Amara, N. I.Hamzaoui, « Débruitage de Signal Electrocardiogramme (ECG) par la Transformée de Walsh-Hadamard et la Transformée des Ondelettes : Applications dans le

Domaine de la Diagnostic des Maladies Cardiaques », Thèse de master, Université Dr. Tahar Moulay Saida, 2016.

[24] Hamadou El Mehdi, Bendehnoun.A, « Développement et réalisation pratique d'un électrocardiogramme ECG », Thèse de master, Centre Universitaire d'Ain Témouchent,

[25] <https://fr.wikipedia.org/wiki/lectrocardiographie> /4 février 2018.

[26] B.Ouadi, « Analyse et reconnaissance de signaux vibratoires : contribution au traitement et à l'analyse de signaux cardiaques pour la télémédecine », thèse de doctorat, UNIVERSITE DE BOURGOGNE, mai 2014.



# *ANNEXE*

## ANNEXE A

---

### Microcontrôleur ATmega328

Le microcontrôleur utilisé sur la carte Arduino UNO est un microcontrôleur ATmega328.

C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits.

Un microcontrôleur ATmega328 est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit. Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants; tels que les transistors; les résistances

et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C.

La figure (1) montre deux types de microcontrôleur ATmega328, qu'on trouve sur les cartes Arduino .

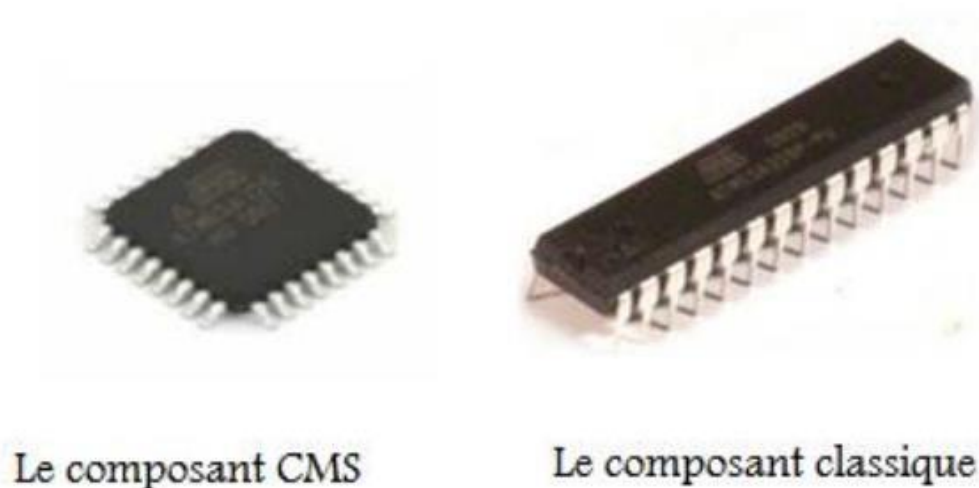


Figure .1 : Microcontrôleur ATmega328.

Le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement de :

**Mémoire Flash :** C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire effaçable et réinscriptible est une mémoire programmée de 32Ko (dont boot loader de 0.5 ko).

✓ **RAM :** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle



## ANNEXE A

---

**Port C (PC7.. PC0)** le Port C est un port d'entrée-sortie à 8 bits bidirectionnel avec des résistances internes de tirage (choisi pour chaque bit). Il sert aussi comme oscillateur pour le Timer/Compteur2 et d'interface **I2C**.

**Port D (PD7.. PD0)** le Port D est un port d'entrée-sortie à 8 bits bidirectionnel avec des résistances internes de tirage (choisi pour chaque bit). Il sert aussi d'**USART** et d'entrées pour les interruptions externes.

**RESET** déclenché par un front descendant maintenue plus de 50 ns il produira le Reset du microcontrôleur, même si l'horloge ne court pas.

**XTAL1** Entrée de l'oscillateur externe ou libre pour l'horloge interne.

**XTAL2** Production de l'amplificateur d'oscillateur.

**AVCC** est une broche de tension d'alimentation pour le Convertisseur **A/D** qui doit être connectée à **VCC** via un filtre passe-bas pour éviter les parasites.

**AREF** est l'entrée de référence analogue pour le Convertisseur **A/D** avec une tension dans la gamme de **2 V** à **AVCC** avec filtre passe bas.

**AGND** masse Analogique. Si la masse analogique est séparée de la masse générale, brancher cette broche sur la masse analogique, sinon, connecter cette broche à la masse générale **GND**.

**VCC** broches d'alimentation du microcontrôleur (+3 à +5V).

**GND** masse de l'alimentation [ 29].

### Ports de communications

La carte Arduino UNO a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur.

L'Atmega328 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX).

On utilise (RX) pour recevoir et (TX) transmettre (les données séries de niveau TTL). Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328 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.

Comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur l'ordinateur, La connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un PC, mais son inconvénient est le câble USB.



# Fréquence cardiaque : définition

Lorsqu'on « prend son pouls », on cherche à évaluer sa fréquence cardiaque, c'est-à-dire le rythme auquel notre cœur bat. Si ce rythme peut varier dans la vie quotidienne en fonction de nos activités ou des émotions ressenties, une fréquence cardiaque trop faible ou trop élevée peut également être un signal d'alarme.

Par abus de langage, on confond souvent la fréquence cardiaque avec le **rythme cardiaque** ou le pouls. Le rythme cardiaque est une notion qualitative qui désigne la manière avec laquelle s'effectue une révolution cardiaque, la manière dont les cycles se succèdent. Le rythme cardiaque est le mécanisme à l'origine de la contraction des ventricules. Le pouls désigne quant à lui la perception au toucher de l'artère battante, permettant, certes d'évaluer les battements cardiaques, mais d'apporter également d'autres renseignements.

La **fréquence cardiaque** est le nombre de battements cardiaques (ou pulsations) par unité de temps (généralement la minute). C'est une notion quantitative qui peut aussi se définir en nombre de cycles par seconde, par l'inverse de la période.

La fréquence cardiaque correspond au **nombre de battements du cœur pendant un laps de temps donné**, une minute généralement. Elle varie sous l'impact de nombreux paramètres :

- le sexe ;
- l'âge ;
- la forme physique ;
- la corpulence ;
- la présence d'une pathologie ;
- les émotions ;
- la prise de médicaments, etc.

On estime que chez l'adulte, au repos, **une fréquence cardiaque normale est comprise entre 60 et 100 battements par minute (bpm)**.

- Elle est légèrement plus élevée chez les femmes que chez les hommes.
- Le cœur des enfants bat plus rapidement : chez le nouveau-né, entre 120 et 160 fois par minute !
- Au contraire, chez les sportifs, la fréquence cardiaque peut s'abaisser à des niveaux très faibles, jusqu'à 40 bpm.

Lorsqu'on pratique un exercice physique, la fréquence cardiaque augmente, et ce d'autant que l'effort est soutenu. Les muscles sont ainsi mieux approvisionnés en oxygène et éléments nutritifs. La fréquence cardiaque atteint toutefois un seuil qu'elle ne peut dépasser, qui correspond à la **fréquence cardiaque maximale**. De façon théorique, elle peut être estimée par le calcul suivant :

- pour une femme :  $226 - \text{âge}$ , soit 196 pour une femme de 30 ans ;
- pour un homme :  $220 - \text{âge}$ , soit 190 pour un homme de 30 ans.

La fréquence cardiaque au repos varie selon l'âge :

- Nouveau-né :  $140 \pm 50$

- 1–2 ans :  $110 \pm 40$
- 3–5 ans :  $105 \pm 35$
- 6–12 ans :  $95 \pm 30$
- adolescent ou adulte :  $70 \pm 10$
- personne âgée :  $65 \pm 5$
- Chez l'adulte en bonne santé, au repos, la fréquence cardiaque se situe entre 50 (sportif pratiquant l'endurance) et 80 pulsations par minute. Pendant un effort, la fréquence cardiaque maximale théorique est de 220 moins l'âge (exemple : 180 à 40 ans).
- La fréquence cardiaque de repos n'est pas constante sur 24 heures à cause des différents cycles biologiques. Elle est au maximum vers midi. La digestion, la chaleur et le froid entraînent une augmentation de la fréquence cardiaque.
- Les facteurs de stress influent sur la fréquence cardiaque grâce à trois mécanismes : les mécanismes nerveux, chimique et physique. Nous disposons d'un système nerveux autonome qui se distingue par un système nerveux sympathique et parasympathique. Le premier système a pour fonction d'augmenter la fréquence cardiaque ; le deuxième la diminue.

### **Bradycardie : fréquence cardiaque faible**

Lorsqu'une fréquence cardiaque est **inférieure à 60 bpm**, on parle de bradycardie. Si elle est normale chez les sportifs ou chez les personnes âgées, elle peut également être liée à :

- la prise de certains médicaments comme les bêtabloquants, les inhibiteurs calciques utilisés pour traiter des troubles cardiaques, etc. ;
- une pathologie cardiaque ;
- une pathologie non cardiaque, comme l'hypothyroïdie ;
- de l'hypertension intracrânienne ;
- un déficit en potassium, etc.

### **Tachycardie : fréquence cardiaque élevée**

La tachycardie correspond au contraire à une **augmentation de la fréquence cardiaque**. En dehors de l'effort, elle peut être liée à :

- de la fièvre ou un état inflammatoire ;
- une hyperthyroïdie ;
- une anémie ;
- une hypovolémie, c'est-à-dire une réduction du volume sanguin (en cas d'hémorragie par exemple) ;
- la prise de drogues ou de boissons excitantes comme le café ou l'alcool ;
- une embolie pulmonaire ;
- une pathologie cardiaque, etc.

### **Mesure de la fréquence cardiaque**

Il est possible de mesurer sa fréquence cardiaque de façon très simple :

## ANNEXE B

---

- Placez **deux doigts (l'index et le majeur) sur une artère**, au niveau du poignet par exemple, ou du cou.
- Comptez le nombre de battements ainsi ressentis pendant une minute précisément.
- Pour gagner en précision, renouvelez l'opération trois fois de suite puis faites une moyenne des résultats obtenus.

Un appareil, le **cardiofréquencemètre**, peut également être utilisé à cette fin ; il est notamment utile pour les sportifs d'endurance, afin de doser au mieux leur effort.

Un cardiologue sera en mesure de calculer la fréquence cardiaque à partir d'un **électrocardiogramme (ECG)**, tracé qui retranscrit l'activité électrique du cœur.