

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes
De MASTER PROFESSIONNEL
Domaine : **Sciences et Technologies**
Filière : **Génie Electrique**
Spécialité : **Electronique industrielle**

Présenté par
Thanina SEHAKI
Lyliya RAAB

Thème
**Conception et réalisation d'un système
connecté de surveillance médicale**

Mémoire soutenu publiquement le 29/06/ 2024. Devant le jury composé de :

Mr Mourad LAZRI
Professeur, U.M.M.T.O. Président.

Mr Fethi OUALLOUCHE
Maitres de conférences classe A, U.M.M.T.O, Encadreur.

Mr Djamel ALOUACHE
Maitres de conférences classe A, U.M.M.T.O, Examineur.

Résumé :

Ces dernières années, de nouvelles technologies ont fait leur apparition dans les réseaux informatiques et les réseaux de capteurs. Ceci a donné naissance à la technologie de l'Internet des objets (IoT). Cette nouvelle technologie, trouve diverses applications dans le domaine médical. L'objectif est principalement l'aide aux patients et l'amélioration de son confort médical.

Dans ce projet, nous présenterons une des applications de l'IoT dans le domaine médical. En effet, nous avons conçu et réalisé un système permettant de mesurer et de suivre les paramètres médicaux d'un patient. Ces paramètres sont la température, le rythme cardiaque, la saturation en oxygène et le tracé ECG. Ces paramètres sont visualisables à l'aide d'un afficheur Oled et consultable en ligne via la plateforme ThingSpeak. Une application que nous avons développé sous MIT App Inventor permettra au patient ou au médecin de suivre ces paramètres afin d'aider au diagnostic.

Mots clés : Internet des objets, ECG, capteurs, ESP32, saturation d'oxygène, rythme cardiaque.

Abstract :

In recent years, new technologies have emerged in computer networks and sensor networks, giving rise to the Internet of Things (IoT) technology. This new technology finds various applications in the medical field, primarily aimed at assisting patients and improving their medical comfort.

In this project, we will present one of the applications of IoT in the medical field. Indeed, we have designed and implemented a system that allows for the measurement and monitoring of a patient's medical parameters. These parameters include temperature, heart rate, oxygen saturation, and ECG trace. These parameters can be viewed using an OLED display and accessed online via the ThingSpeak platform. An application we developed using MIT App Inventor will allow the patient or doctor to monitor these parameters to aid in diagnosis.

Keywords : Internet of Things, ECG, sensors, ESP32, oxygen saturation, heart rate.

REMERCIEMENTS

Nous remercions, avant tout, Allah le tout puissant pour nous avoir donnée la volonté et la patience pour accomplir ce travail.

*Nous exprimons également nos sincères remerciements à notre encadreur de mémoire, Monsieur **OUALLOUCHE. F**, pour ses précieux conseils et orientations tout au long de ce projet. Sa disponibilité et ses encouragements ont été essentiels à la réalisation de ce travail.*

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Nos pensées vont à tous les enseignants qui ont participé à notre formation. Nous tenons à remercier profondément tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicace

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,

Pour leurs encouragements permanents, et leur

Soutien moral.

A mon cher frère, source de joie et de bonheur.

A toute ma famille, source d'espoir et de motivation.

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui
je souhaite plus de succès.*

A Thanina, chère amie avant d'être binôme

A tous ceux que j'aime.

RAAB Lylia

Je dédié ce modeste travail à :

mes chers parents,

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur
Tendresse, leur soutien et leurs prières
Tout au long de mes études,*

À mon cher frère et soeurs,

*Pour leurs encouragements permanents, et leur
Soutien moral,
A mon fiancé et sa famille
A tous mes amis et mes collègues
A tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce projet*

A ma binôme Lylia.

SEHAKI THANINA

Liste des figures

Figure 1.1. Anatomie du cœur..... 3

Figure 1.2. Activité électrique du cœur 4

Figure 1.3. Nomenclature standard de l’ECG 5

Figure 1.4. Courbe ECG..... 6

Figure 1.5. Oxymètre de pouls 8

Figure 2.1. Internet of Things..... 9

Figure 2.2. Schéma de fonctionnement des IoT 10

Figure 2.3. Les domaines d'application de l'Internet des objets 11

Figure 2.4. Représentation d’un système de santé électronique..... 12

Figure 2.5. Modèle ESP32 NodeMCU-32S 15

Figure 2.6. Configuration d’Arduino IDE pour ESP32. (Etape1)..... 16

Figure 2.7. Configuration d’Arduino IDE pour ESP32. (Etape2)..... 17

Figure 2.8. Configuration d’Arduino IDE pour ESP32. (Etape3)..... 17

Figure 3.1. Schéma synoptique du système de surveillance médicale 20

Figure 3.2. Le capteur de fréquence cardiaque MAX30102 21

Figure 3.3. Schéma de câblage MAX30102..... 21

Figure 3.4. Schéma de câblage du capteur DS18B20 22

Figure 3.5. Sonde étanche DS18B20..... 23

Figure 3.6. Schéma de câblage DHT22..... 24

Figure 3.7. Le capteur AD8232 et ses électrodes..... 24

Figure 3.8. Schéma de câblage AD8232 25

Figure 3.9. Positionnement des électrodes de l’ECG 26

Figure 3.9. Le lecteur de cartes SD 26

Figure 3.10. L’afficheur OLED..... 27

Figure 3.11. Le schéma de câblage global 28

Figure 3.12. Tracé du circuit imprimé sur le logiciel ARES.....	29
Figure 3.13. Le circuit imprimé de la carte électronique	29
Figure 3.14. La carte électronique réalisée.....	30
Figure 3.15. Plateforme ThingSpeak.....	31
Figure 3.16. Visualisation des données sur ThingSpeak.....	32
Figure 3.17. Création de blocs sur le MIT App.....	33
Figure 3.18. Ecran principal de l'application nommée santé médicale.....	33
Figure 3.19. Communication avec l'API de ThingSpeak.....	34
Figure 3.20. Lecture et affichage de données sur l'application.....	34
Figure 3.21. Données du capteur de fréquence cardiaque et d'oxymétrie de pouls.....	35
Figure 3.22. Affichage du signal ECG sur le traceur série.....	36
Figure 3.23. Affichage du signal ECG sur l'écran OLED	36
Figure 3.24. Visualisation des données sur ThingSpeak.....	37
Figure 3.25. Suivi du patient via l'application Android.....	38
Figure 3.26. Résultat trouvé avec un oxymètre commercialisé	39
Figure 3.27. Signal ECG obtenus dans un hôpital	40

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Introduction 1

Chapitre 1 : Généralités sur le système cardiovasculaire

1. Préambule	3
2. Le cœur et son activité électrique	3
3. Le rythme cardiaque	4
3.1. L'électrocardiogramme (ECG)	4
3.2. Rôle de l'électrocardiogramme	5
4. La saturation en oxygène	6
4.1. Méthode de mesure de la saturation en oxygène	7
5. Discussion.....	8

Chapitre 2 : Généralités sur les IOT

1. Préambule	9
2. Internet des objets (IOT).....	9
2.1 Définition.....	9
2.2 Principe de fonctionnement	10
2.3 Les domaines d'application	11
2.3.1. Les villes intelligentes	11
2.3.2. Le transport	11
2.3.3. Le système de santé électrique.....	12
2.3.4. Le bien-être et le confort	12
2.4. Les composants de l'IOT.....	13
2.4.1. Plateformes	13
2.4.2. Le réseau (connectivité).....	13
3. La carte ESP32 module Wifi	14
3.1 Description	14
3.2 Définition.....	14
3.3 Les caractéristiques techniques de l'ESP32	15
4. La Programmation	16
4.1. Arduino IDE.....	16
4.2. L'ESP32 et l'Arduino IDE.....	16
5. Discussion.....	18

Chapitre 3 : Conception et réalisation

1. Préambule	19
2. Partie réalisation matérielle	19
2.1. Schéma synoptique	19
2.2. Les Composants utilisés	20
2.2.1 Le capteur de fréquence cardiaque	20
2.2.2 Capteur de température	21
2.2.3 Le capteur de température ambiante.....	23
2.2.4 Le capteur ECG	24
2.2.5 Le lecteur de cartes mémoires SD	26
2.2.6 L'afficheur OLED	27
2.3. Le schéma électrique	27
2.4. Conception du circuit imprimé de la carte électronique.....	28
3. Partie logicielle	30
3.1 Organigramme global du fonctionnement du système réalisé.....	30
3.2 Présentation de la plateforme ThnigSpeak	31
3.3. Visualisation des données sur ThingSpeak	32
3.4. Création d'une Application avec MIT App Inventor 2	32
3.4.1. Compatibilité avec ThnigSpeak	34
5. Tests et résultats obtenus.....	35
5.1 Affichage des données des capteurs	35
5.2. Visualisation des données sur la plateforme ThinSpeak	37
5.3. Suivi des résultats via l'application mobile développée.....	38
5.4. Comparaison des résultats avec des dispositifs commercialisés	39
6. Discussion	40
Conclusion.....	41

Références bibliographiques

Introduction

D'après les dernières données statistiques émises par l'ONU, on s'attend à ce que l'âge moyen de la population augmente considérablement dans les pays développés au cours de la prochaine décennie. [1] Cette tendance est susceptible d'entraîner une hausse significative des coûts liés aux soins de santé. Néanmoins, l'avènement des innovations technologiques offre des opportunités pour développer des méthodes de soins plus efficaces et économiques. La santé est un pilier fondamental de l'existence humaine, nécessitant un contrôle régulier des indicateurs vitaux et des soins appropriés basés sur les données médicales personnelles et l'état de santé général. Cette nécessité s'accroît avec l'âge, car les personnes âgées peuvent avoir des difficultés à gérer leur santé sans l'aide de professionnels ou d'équipements avancés. À mesure que l'on vieillit, le spectre des maladies à surveiller s'élargit, et la probabilité d'urgences médicales imprévues augmente. En cas d'urgence, il est crucial de transporter rapidement le patient à l'hôpital pour observation et traitement, surtout si des anomalies sont détectées. Un retard, même bref, dans le transport peut entraîner des risques graves, y compris le décès.

À l'heure actuelle, une variété de dispositifs et systèmes pour le suivi des patients a été développée et déployée [2]. Ces solutions offrent une gamme étendue de fonctionnalités qui peuvent assister le personnel hospitalier dans la prise en charge des personnes âgées ou à mobilité réduite. Cependant, il est courant que le suivi des indicateurs de santé essentiels soit effectué par le personnel soignant à des moments spécifiques, ce qui peut entraîner des lacunes dans les données recueillies, notamment durant les périodes nocturnes. De ce fait, il est impératif de se concentrer sur des méthodes de surveillance en continu pour éviter la perte d'informations vitales. Ce type de surveillance doit être capable de fournir une information fiable et de façon continue sur le patient, et permettre d'enregistrer les situations d'urgence et réagir de manière appropriée à tout changement important dans les conditions de santé de la personne en temps réel.

Basé sur les éléments précédents, nous pouvons formuler l'objectif principal de notre travail, de réalisation d'un système de surveillance médicale connecté à internet. Après une analyse théorique des différents concepts liés au domaine de l'IoT.

L'ambition de ce projet de fin d'études est de pousser les frontières de la télémédecine en concevant un système électronique, centré autour de l'ESP32. Ce système ne se contentera pas de mesurer des paramètres vitaux essentiels tels que la fréquence cardiaque, la température corporelle et le taux d'oxygène sanguin ; il sera également conçu pour communiquer de manière continue avec l'équipe médicale permettant ainsi une analyse et un

Introduction

suivi en temps réel des données de santé. Cette communication est assurée par une application développée sous Android et un accès via la plateforme ThingSpeak.

Au cœur du système se trouve l'ESP32, un microcontrôleur puissant et polyvalent, choisi pour sa capacité à se connecter facilement à Internet et à gérer plusieurs tâches simultanément.

Le présent mémoire est structuré en 3 chapitres :

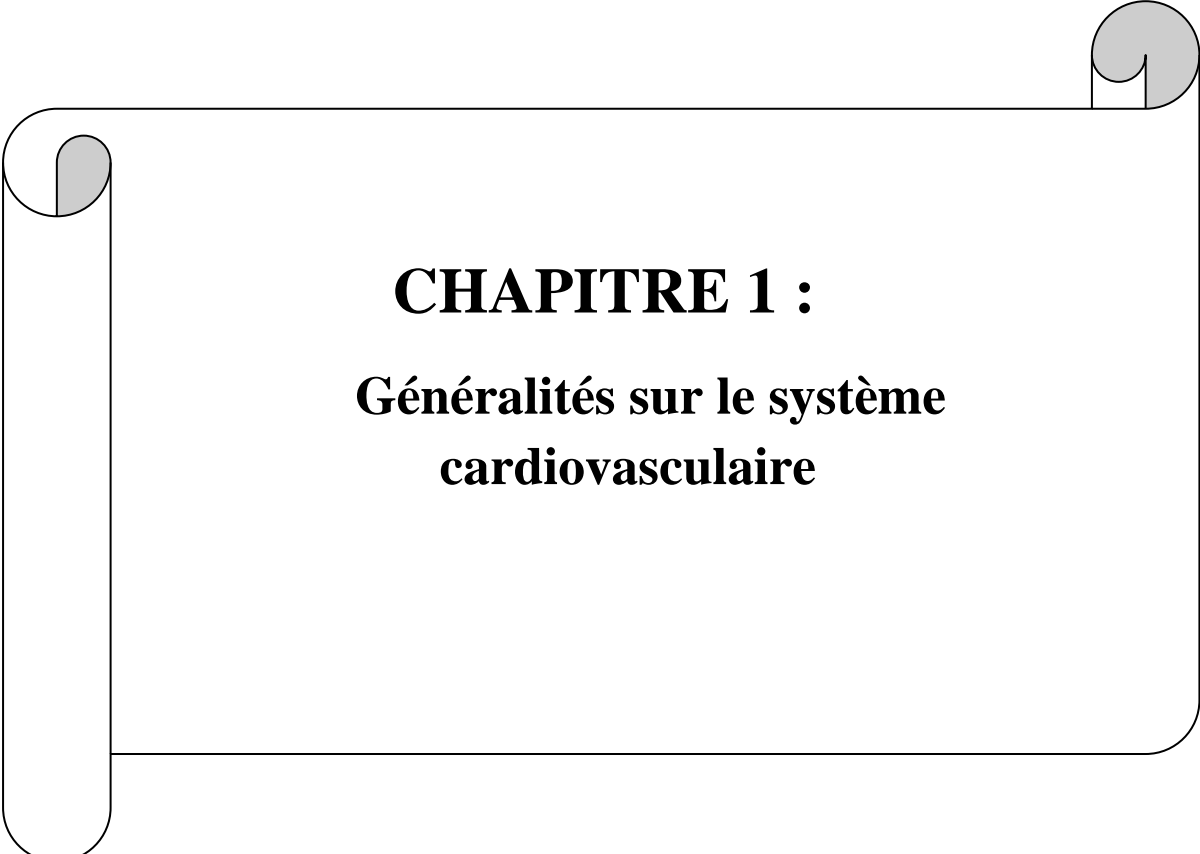
Dans le premier chapitre, nous présenterons les notions médicales nécessaires à la conception du système à réaliser.

Le deuxième chapitre sera consacré à exposer des généralités sur l'IoT.

La partie conception et réalisation fera l'objet du troisième chapitre. En effet, nous commencerons à présenter le schéma synoptique qui représente l'idée générale de notre application. Puis, nous donnerons les différentes étapes de réalisation de notre système.

Enfin, nous exposerons l'application Android développée et les résultats de mesures obtenus par notre système.

Nous terminons notre mémoire par une conclusion et une bibliographie.



CHAPITRE 1 :
Généralités sur le système
cardiovasculaire

1. Préambule

Le système cardiovasculaire est composé du cœur, des vaisseaux sanguins et du sang lui-même, travaillant ensemble pour fournir de l'oxygène et des nutriments à toutes les parties du corps. Le cœur agit comme une pompe pour faire circuler le sang, tandis que les vaisseaux sanguins transportent le sang à travers le corps. Comprendre le fonctionnement du système cardiovasculaire est essentiel pour évaluer l'état global du patient et diagnostiquer d'éventuels problèmes de santé.

2. Le cœur et son activité électrique :

Le cœur est l'élément central du système cardiovasculaire, composé de quatre cavités (deux oreillettes et deux ventricules). Il agit comme une pompe, il propulse le sang grâce aux contractions de la myocarde. A chaque battement, cette dernière suit la même séquence du mouvement, le sang pauvre en oxygène arrive au cœur, il y entre par l'oreillette droite qui le déplace dans le ventricule droit. La contraction des ventricules propulse à son tour le sang du ventricule droit vers les poumons où il va se charger d'oxygène. [3]

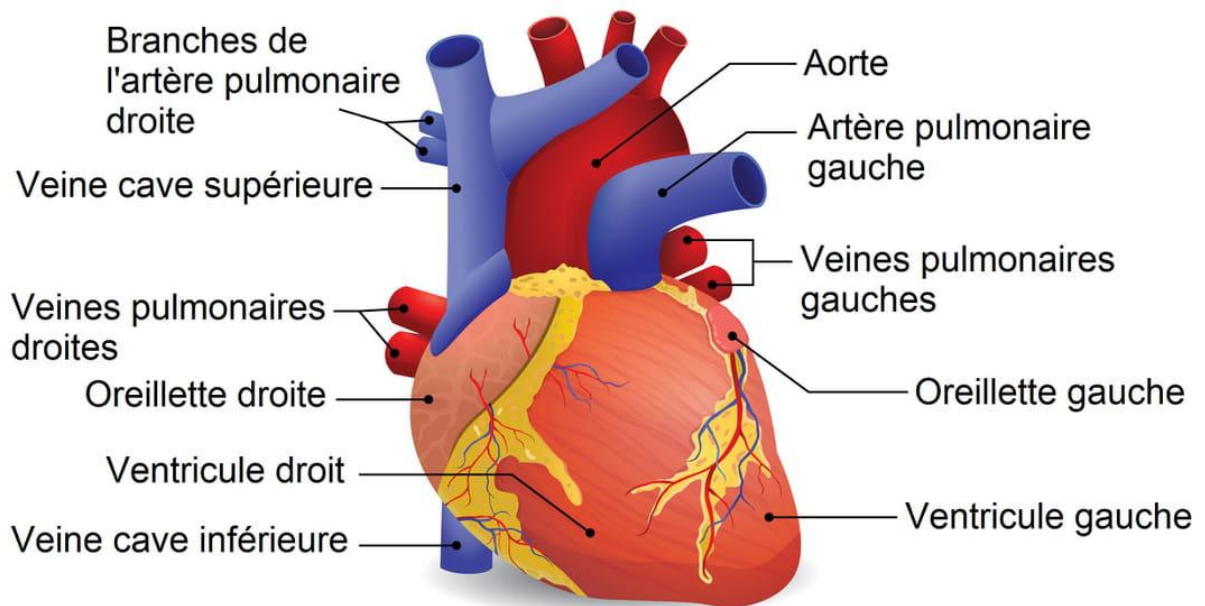


Figure 1.1. Anatomie du cœur.

À chaque battement cardiaque, une impulsion électrique (ou onde) traverse le cœur, provoquant la contraction du muscle cardiaque. Ces flux électriques, issus des fibres nerveuses et de l'activité musculaire cardiaque, génèrent de faibles champs électriques. Ces signaux sont captés par l'électrocardiographe, un appareil utilisé pour réaliser des électrocardiogrammes. Des électrodes, reliées à des câbles électriques, sont placées sur le corps pour enregistrer ces signaux. [4]

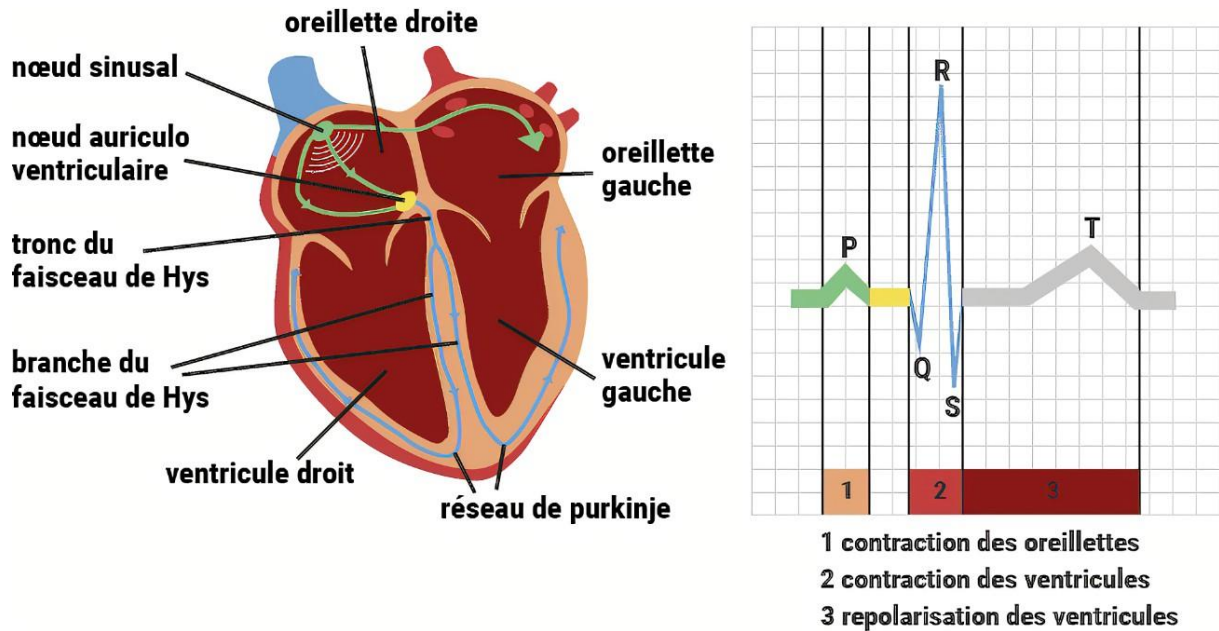


Figure 1.2. *Activité électrique du cœur.*

3. Le rythme cardiaque :

Le rythme ou la fréquence cardiaque représente le nombre de battements par minute de notre cœur, un indicateur clé de notre santé cardiovasculaire. En comprenant comment mesurer et interpréter notre fréquence cardiaque, nous pouvons en apprendre davantage sur notre condition physique et notre bien-être général. C'est le premier pas vers une conscience accrue de notre système cardiaque et de son importance pour notre santé globale.

3.1. L'électrocardiogramme (ECG) :

L'électrocardiogramme fait partie des examens de suivis des troubles du rythme cardiaque, c'est un tracé obtenu par l'enregistrement et la transcription des courants électriques qui parcourent le cœur au cours de chaque contraction cardiaque. Il enregistre l'activité électrique du cœur en captant le champ électrique créé entre deux électrodes. La position relative de ces électrodes par rapport au cœur détermine l'aspect du tracé. Les signaux détectés sont de l'ordre

du millivolt (mV), et les électrocardiographes sont calibrés pour que 1 mV se traduise par un écart d'1 cm sur le tracé (par rapport à la ligne de base). Le tracé se déroule à une vitesse constante de 25 mm par seconde (1 mm = 40 millisecondes), ce qui permet de comparer tous les ECG entre eux. [5]

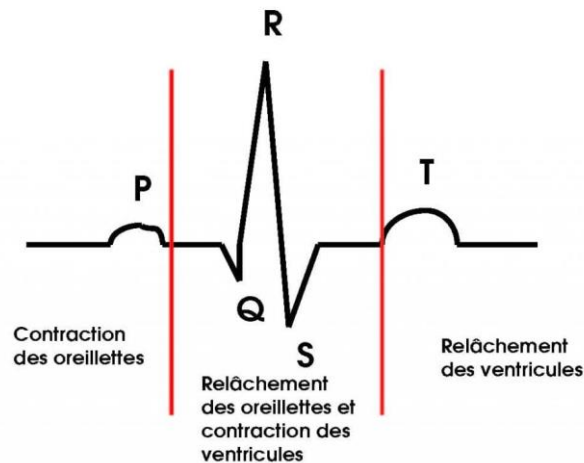


Figure 1.3. Nomenclature standard de l'ECG.

-L'onde P représente la contraction des oreillettes ; l'espace entre P et Q mesure le temps que met l'influx nerveux pour aller des oreillettes aux ventricules. Au repos, sa durée normale est de 0,12 à 0,20 seconde, elle diminue lorsque la fréquence cardiaque augmente.

-Le « complexe QRS » correspond à la contraction des ventricules. Sa durée est habituellement inférieure à 0,11 s.

-Le segment ST traduit la fin de la contraction des ventricules.

-L'onde T est due à la relaxation des ventricules en fin de contraction et le retour du cœur à un état propice à une nouvelle contraction (le signal correspondant à la relaxation des oreillettes est caché par le complexe QRS). [5]

3.2. Rôle de l'électrocardiogramme :

L'électrocardiogramme (ECG) est un outil précieux pour comprendre le fonctionnement du cœur. Il permet d'obtenir des informations essentielles sur plusieurs aspects cardiaques. Tout d'abord, il permet de déterminer le rythme cardiaque en mesurant la fréquence et la régularité des battements du cœur. De plus, l'ECG peut révéler des anomalies dans la conduction électrique du cœur, telles que des blocs auriculo-ventriculaires ou des troubles du rythme. Il

est également utile pour détecter des signes d'ischémie, qui indiquent un manque d'oxygène au niveau du muscle cardiaque, souvent causé par une obstruction des artères coronaires. Enfin, l'ECG permet de repérer une hypertrophie ventriculaire gauche ou droite, c'est-à-dire une augmentation de la taille des cavités cardiaques. [5]

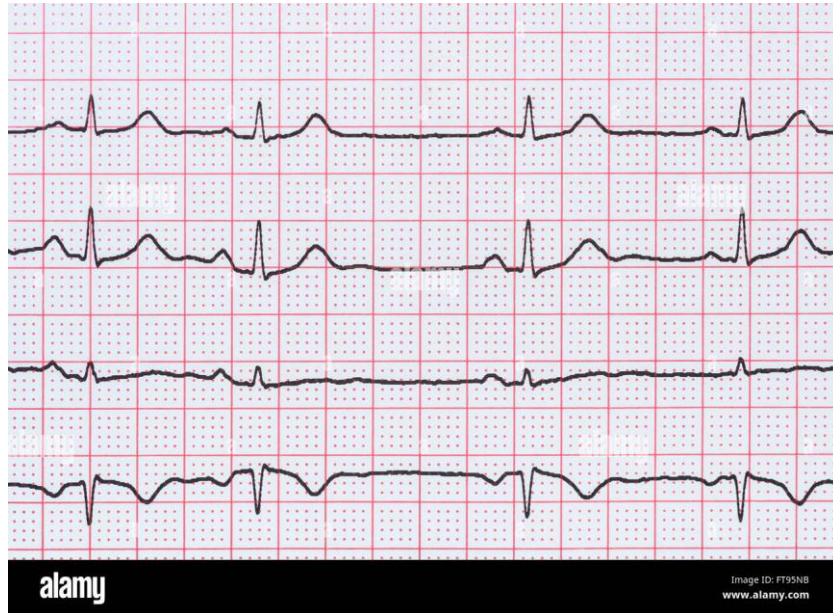


Figure 1.4. Courbe ECG.

4. La saturation en oxygène :

La saturation en oxygène, souvent abrégée en SpO₂, est un indicateur vital de l'efficacité de la fonction respiratoire du corps. Elle correspond au taux d'oxygène contenu dans les globules rouges après leurs passages dans les poumons.

L'oxygène est transporté par l'hémoglobine dans le sang vers les tissus et organes, où il est utilisé pour produire de l'énergie. Sans oxygène, les cellules ne pourraient pas fonctionner correctement, ce qui peut entraîner divers problèmes de santé. De plus, l'oxygène aide à éliminer les déchets du métabolisme cellulaire en se combinant avec eux pour former de l'eau et du dioxyde de carbone, qui sont ensuite évacués du corps. [6]

L'oxygène est un élément indispensable à la vie et au bon fonctionnement de l'organisme, les organes sont en danger si le sang manque d'oxygène. De ce fait, connaître l'état d'oxygénation du corps est très important.

Oxygen Saturation Levels	
Severity	% Saturation
None/Minimal	> 96%
Mild	90% - 95%
Moderate	80% - 89%
Severe	< 80%

Tableau 1.1. Normes de saturation en oxygène.

4.1. Méthode de mesure de la saturation en oxygène :

Il existe de méthodes de mesure de saturation en oxygène, invasive et non invasive.

- Méthode invasive nommée la saturation artérielle en oxygène qui nécessite une prise de sang dans une artère.
- Méthode non-invasive, c'est l'oxymétrie de pouls qui se fait avec un petit appareil fixé au bout du doigt.

➤ L'oxymétrie de pouls :

L'oxymètre de pouls également appelé saturomètre, est une méthode non invasive qui permet de mesurer la saturation en oxygène du sang. Elle repose sur l'utilisation d'un capteur placé sur un doigt, un orteil ou parfois le lobe de l'oreille, qui utilise la différence de couleur entre le sang oxygéné et non oxygéné pour calculer le taux de saturation. C'est une mesure rapide et pratique, largement utilisée dans les milieux médicaux pour surveiller les patients atteints de troubles respiratoires. [7]

Bien que l'oxymétrie de pouls soit généralement fiable, il convient de noter qu'elle peut être affectée par certains facteurs tels que les mouvements excessifs ou les vernis à ongles...etc.



Figure 1.5. *Oxymètre de pouls.*

5. Discussion :

Ce chapitre a exploré les fondements du système cardiovasculaire, et l'importance de mesure de signaux vitaux, nous avons abordé l'électrocardiogramme, l'oxymétrie de pouls et leurs caractéristiques.



CHAPITRE 2 :
Généralités sur les IoT

1. Préambule :

Internet des objets (IoT) L'Internet des objets est la prochaine révolution numérique. D'ici 2025, des milliards d'objets du quotidien seront connectés à Internet. Ces objets connectés ont le potentiel de simplifier la vie quotidienne et d'améliorer le bien-être des individus dans tous les domaines [8]. Les objets connectés, également appelés objets intelligents, sont omniprésents dans notre société. Ils prennent diverses formes, ils peuvent être des personnes avec des implants cardiaques qui transmettent des données, des animaux avec des puces intelligentes, des voitures avec des capteurs qui indiquent la pression des pneus, ou toute distribution d'autres objets qui ont une adresse IP et peut transmettre des informations..etc. De plus, l'IoT a la possibilité de s'intégrer au réseau Internet, ce qui permettra à tout le monde, n'importe quand, n'importe où, idéalement depuis n'importe quelle plateforme de se connecter [9].

2. Internet des objets (IOT) :

2.1. Définition :

L'internet des objets, ou IoT (Internet of Things), se réfère à un réseau de dispositifs physiques, dotés de capteurs, de logiciels et de connectivité réseau, qui échangent des données et interagissent entre eux sans nécessiter d'intervention humaine directe. Ces dispositifs peuvent être aussi simples que des capteurs de température, des caméras de surveillance, des compteurs intelligents, ou aussi complexes que des véhicules autonomes ou des équipements industriels [10].

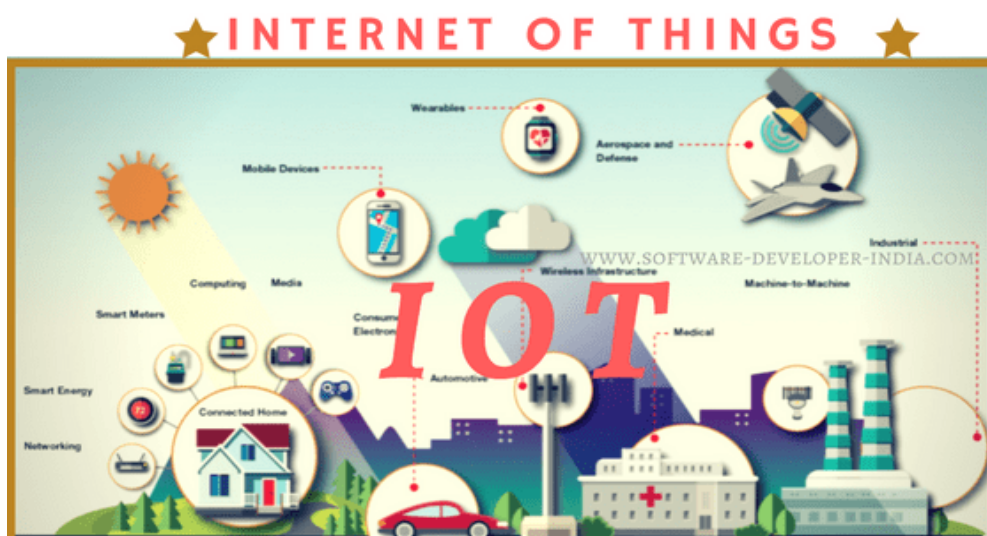


Figure 2.1. Internet of Things.

2.2. Principe de fonctionnement :

L'Internet des objets (IoT) peut être considéré comme un ensemble de technologies interconnectées qui se divisent en trois domaines clés :



Figure 2.2. Schéma de fonctionnement des IoT.

Things : les « Things » sont des éléments physiques disposant de capteurs intégrés et qui sont connectés à Internet. Ces objets envoient des données de télémétrie (comme, par exemple, lors du passage d'une voiture sur une autoroute à l'aide des capteurs de mouvement ou de pression) [11].

Insights : il s'agit des résultats du traitement et de l'analyse des données brutes envoyées par les Things. Par exemple : en calculant le nombre de voitures qui passent par minute, on peut déduire l'état du trafic sur une autoroute [11]

Actions : il s'agit de la réponse automatisée ou manuelle aux informations remontées par l'Insight. Par exemple : si l'Insight montre qu'il y a des embouteillages, des alertes peuvent être envoyées à divers systèmes tels que les tableaux d'affichage des autoroutes ou les différentes applications de navigation utilisées par les automobilistes.

2.3. Les domaines d'application :

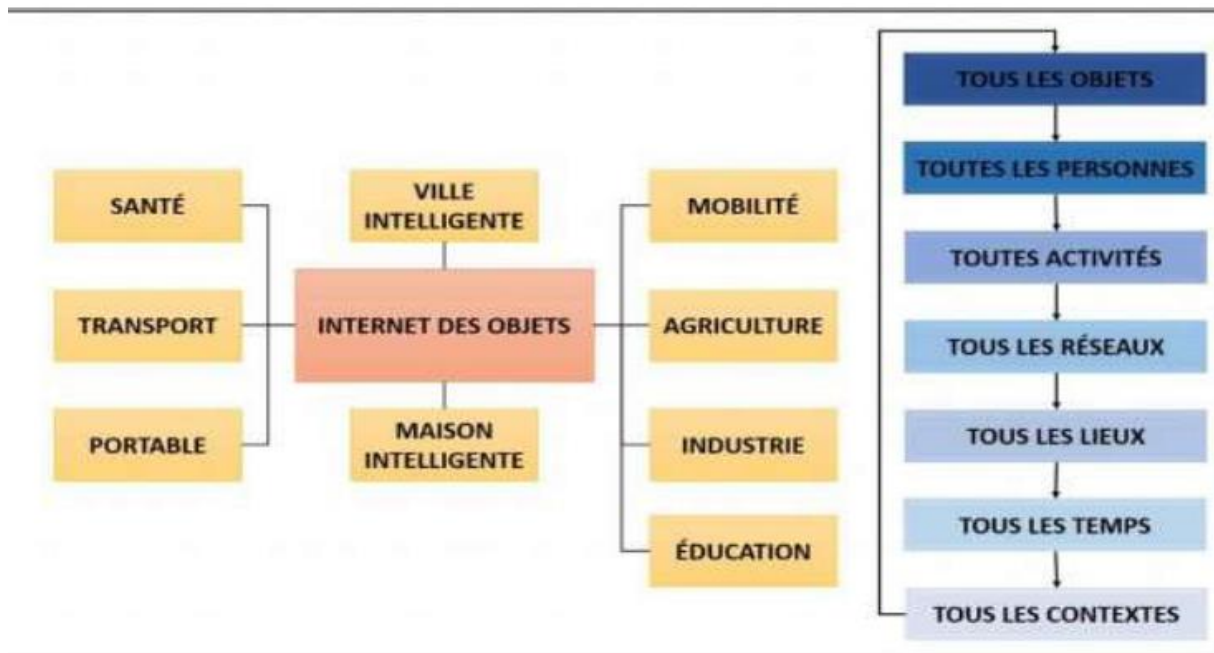


Figure 2.3 .Les domaines d'application de l'Internet des objets

L'internet des objets a de nombreuses applications dans divers domaines :

2.3.1. Les villes intelligentes :

De nombreuses grandes villes, telles que Séoul, New York, Tokyo, Shanghai, Singapour, Amsterdam et Dubaï, sont soutenues par des projets intelligents. Les villes intelligentes (voir Figure 1) sont souvent perçues comme les villes du futur, offrant une vie plus intelligente. Avec la rapidité de l'innovation dans les villes intelligentes actuelles, l'intégration de la technologie de l'Internet des objets (IoT) dans le développement urbain devient de plus en plus réalisable. Chaque étape de cette intégration doit être soigneusement planifiée, avec le consentement des gouvernements et des citoyens, pour que la technologie IoT soit mise en œuvre dans tous ses aspects. Grâce à l'Internet des objets, les villes peuvent être améliorées à plusieurs niveaux, notamment en termes d'infrastructures et de transports [12].

2.3.2. Le transport :

L'internet of Things s'applique aussi dans le secteur des transports. Les véhicules intelligents ont connu une croissance sans précédent depuis l'apparition de cette technologie. En effet, la majorité des voitures vendues depuis l'adoption de l'IoT disposent de capteurs ainsi que des moyens de communication. [13]

2.3.3. Le système de santé électronique :

L'Internet des objets (IoT) transforme actuellement les soins de santé tels que nous les connaissons. Les appareils et capteurs deviennent de plus en plus "intelligents" et génèrent une quantité croissante de données. Ces données sont essentielles pour les équipements médicaux et les professionnels de la santé, car elles permettent d'améliorer les résultats des patients, de réduire les coûts et d'accroître la satisfaction. Grâce à ces informations collectées, les soins peuvent être ajustés, améliorés, prédits et restructurés pour répondre aux besoins des patients.[14]

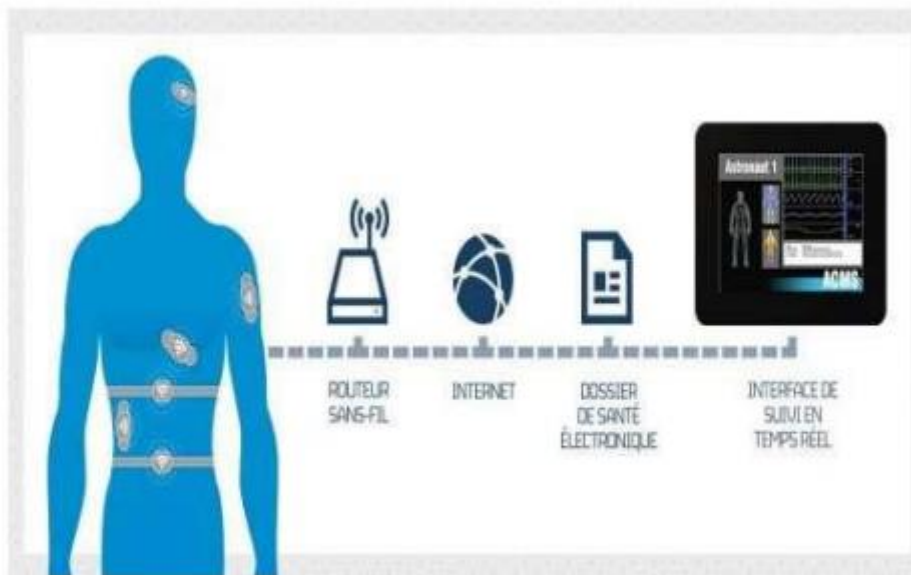


Figure 2.4. Représentation d'un système de santé électronique.

2.3.4. Le bien-être et le confort:

La domotique regroupe l'ensemble des technologies permettant l'automatisation des équipements d'un habitat. Elle vise à apporter des fonctions de confort : commandes à distance, gestion d'énergie (optimisation de l'éclairage et du chauffage...etc.), sécurité (comme les alarmes) et de communication (contacts et discussion avec des personnes extérieures). [15]

Les services offerts par la domotique couvrent 3 domaines principaux :

- Assurer la protection des personnes et des biens en domotique par la prévention des risques d'accident (incendie, fuite de gaz, etc.).
- Confort de la vie quotidienne surtout pour les personnes âgées ou handicapées

- Faciliter les économies d'énergie grâce à la réactivité maîtrisée d'une maison intelligente.

2.4. Les composants de l'IoT:

L'Internet des Objets (IoT) est un vaste réseau interconnectant des objets physiques et des individus. Grâce à cette technologie, ces objets et personnes peuvent collecter, analyser et partager des données concernant leur utilisation, leur performance et leur environnement.

2.4.1. Plateformes:

L'intégration des composants de l'Internet des objets (IoT) à l'environnement nécessite l'utilisation d'un Middleware [16]. Ce middleware offre diverses fonctionnalités, notamment :

- La vérification de l'installation et du comportement des appareils (Il permet d'accéder aux appareils connectés pour s'assurer qu'ils sont correctement installés et qu'ils fonctionnent conformément aux attentes).
- L'évaluation de la communication de données (Il facilite l'échange de données entre les appareils IoT et d'autres systèmes, tels que le réseau local (LAN) ou le Cloud).

2.4.2. Le réseau (connectivité) :

Les réseaux de l'Internet des objets (IoT) permettent de connecter les informations provenant de divers capteurs et couvrent des domaines d'utilisation variés tels que les maisons intelligentes, les campus universitaires, les villes intelligentes et même les zones rurales. Pour assurer un fonctionnement efficace, les systèmes IoT reposent sur des protocoles de communication spécifiques. Ces protocoles varient en fonction de la consommation d'énergie, de la sécurité et de la portée.

Les objets connectés doivent fonctionner de manière continue et sans interruption. Ils sont généralement alimentés par des batteries ou des panneaux photovoltaïques. Par conséquent, les protocoles de communication utilisés pour connecter ces capteurs doivent minimiser leur consommation d'énergie tout en maintenant une connexion permanente à une source d'énergie.[17]

3. La carte ESP32 module Wifi :

La carte ESP32 pourra jouer le rôle de l'élément central d'un système IoT en raison de ses caractéristiques avancées et sa connectivité Wifi, permettant la communication avec d'autres appareils et l'accès à Internet.

3.1. Description :

Il s'agit d'une petite carte de développement compatible et programmable Arduino IDE. Le plus gros avantage de cette carte est qu'elle offre à la fois une connectivité Bluetooth et une connectivité Wifi embarquée. Ainsi, qu'il s'agisse de créer un serveur pour héberger un site web, de communiquer avec une application Smartphone via Bluetooth, ou de communiquer avec un autre microcontrôleur via Wifi, il est idéal pour développer des objets connectés

3.2. Définition :

L'ESP32 est une carte à base de microcontrôleur avec des modules Wifi et Bluetooth intégrés. Très simple d'utilisation, possède une capacité mémoire et de calculs supérieurs à celle d'Arduino. C'est, en fait, une carte idéale pour l'apprentissage de la programmation, le développement d'objets connectés ou de serveur. Elle intègre un émetteur-récepteur Wifi, ce qui lui permet de se connecter à des réseaux existants ou bien de mettre en place son propre réseau. Grâce à cela, il est possible de créer un serveur qui héberge une interface Web permettant de piloter le microcontrôleur ESP32 à distance. L'ESP32 dispose d'un microprocesseur double cœur fonctionnant en 32 bits. Le microcontrôleur ESP32 possède 48 GPIO dont 25 sont disponibles sur les broches, dont :

- 15 broches peuvent être utilisées pour des entrées analogiques
- 25 broches peuvent être utilisées comme sorties PWM
- 9 broches pour les capteurs capacitifs.
- Certaines sont réservées pour les protocoles de communication série (SPI, I2C, Serial).



Figure 2.5. Modèle ESP32 NodeMCU-32S.

3.3. Les Caractéristiques techniques de l'esp 32 :

Caractéristique	ESP32
CPU	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 avec 600 DMIPS
Vitesse du WiFi	802.11n jusqu'à 150 Mbps
Protocole WiFi	802.11 b/g/n (2.4 Ghz)
GPIO	36
Bluetooth	OUI
CAD	Deux canaux DAC 8 bits
ADC	RAS 12 bits
Canaux ADC	8 canaux
Référence ADC V	1100mV
SPI/I2C/I2S/UART	4/2/2/3
Modes WiFi	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
Capteur tactile	OUI (8-Channel)
Capteur de température	OUI
Capteur à effet Hall	OUI
SRAM	520 kB (8 kB de SRAM dans RTC)
FLASH (externe)	4Mbytes (également disponible plus haut)
ROM	448 kB ROM pour le démarrage et les fonctions de base
Protocoles de réseau	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
Interface périphérique	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Télécommande GPIO/ADC/DAC/Touch/PWM/LED
Plage de température de fonctionnement	-40°C ~ +85°C
Tension de fonctionnement	2,5V ~ 3,6V
Courant de fonctionnement	Moyenne : 80 mA

Tableau 2.1. Caractéristiques du module ESP32.

4. La programmation :

4.1. Arduino IDE :

L'environnement de développement Arduino IDE est un outil permettant d'écrire du code dans le langage Arduino C, puis de le convertir en une forme exécutable pouvant être placée sur un microcontrôleur. L'environnement de développement est simple et facile à utiliser, l'apparence générale est presque simple, il ne contient que ce dont le programmeur a besoin pour démarrer le développement et le code est chargé directement dans le microcontrôleur.

4.2. L'ESP32 et l'Arduino IDE :

Dans notre projet, on a programmé l'ESP32 avec Arduino IDE en suivant les étapes ci-dessous :

- En ouvrant le programme Arduino IDE et dans la barre des menus on choisit "Tools" après "Board", puis "Board Manager".

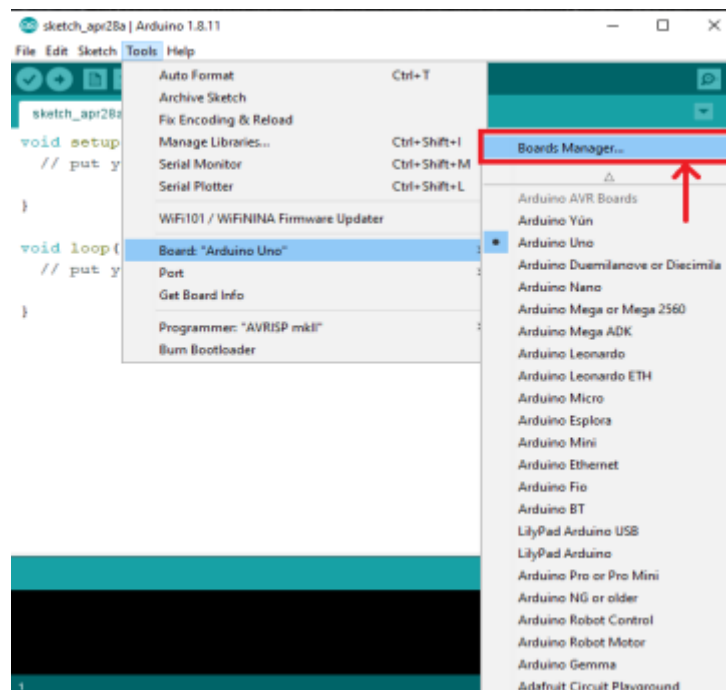


Figure 2.6. Configuration d'Arduino IDE pour ESP32. (Etape1).

- Dans la fenêtre de "Boards Manager" on recherche le mot "ESP32", un résultat est affiché de "EspressifSystems" qui contient le software des cartes ESP32 ; on clique "Install" et on attend quelques minutes.

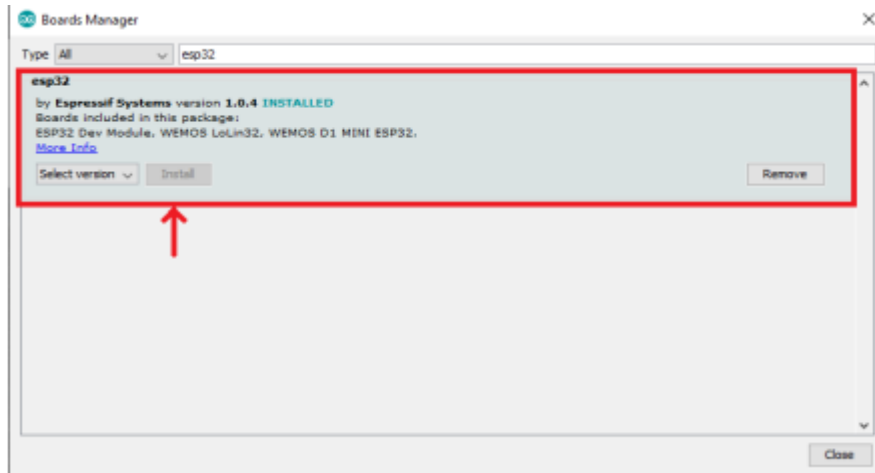


Figure 2.7. Configuration d'Arduino IDE pour ESP32. (Etape2)

- À la fin d'installation on revient à la liste de "Tools", puis "Board" et enfin sélectionner le type de carte ESP32 qu'on veut programmer.

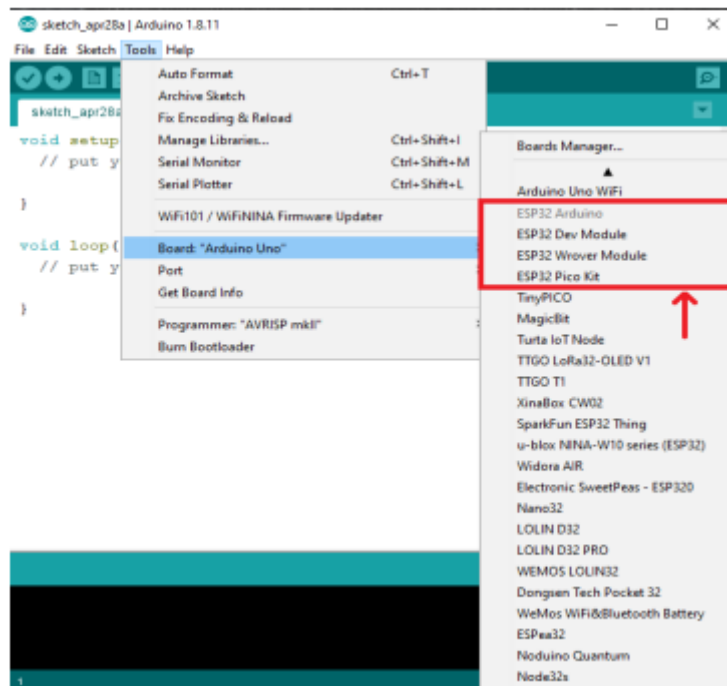


Figure 2.8. Configuration d'Arduino IDE pour ESP32. (Etape3)

5. Discussion:

Dans ce chapitre, on a étudié l'Internet des objets, les domaines d'application ainsi que les principaux éléments de l'IoT. L'internet des objets facilitera la mise en place de réseaux personnels dans tous les domaines et surtout dans les grands secteurs de la santé afin de contrôler et de surveiller les symptômes cliniques des patients.

Les objets connectés pourront surveiller, le rythme cardiaque, la qualité respiratoire ou encore la température corporelle. Cela permettra ainsi de simplifier le suivi à distance des patients à la maison et offrira des solutions pour favoriser l'autonomie des personnes à mobilité réduite.



CHAPITRE 3 :
Conception et réalisation

1. Préambule :

La surveillance médicale est une technique émergente qui permet de suivre les conditions de santé d'un patient à distance, sans qu'il ait à se rendre dans un établissement de santé.

Dans ce chapitre, nous détaillerons la mise en œuvre pratique de notre système de surveillance ainsi que son application de gestion à distance.

Ce chapitre est divisé en deux parties, dans la première partie « réalisation matérielle » nous présenterons les différents composants utilisés, puis nous aborderons le schéma de connexion et du montage en fournissant des schémas de câblage et les différentes étapes de réalisation de la maquette. Cette section permettra de comprendre comment les différents éléments sont interconnectés pour former un système cohérent.

La deuxième partie sera dédiée à la présentation de l'application développée sous Android, qui permet de surveiller les données en temps réel. Nous décrirons les principales fonctionnalités de l'application, illustrée par des captures d'écran.

Nous poursuivrons cette deuxième partie avec l'intégration de notre système avec la plateforme ThingSpeak, en expliquant comment les données sont envoyées de l'ESP32 pour être analysées et visualisées. Enfin, nous présenterons les tests effectués pour vérifier le bon fonctionnement du système, ainsi que les résultats obtenus.

2. Partie Réalisation matérielle

2.1. Schéma synoptique :

Nous présentons ci-dessous le schéma synoptique de notre système, qui illustre les connexions entre les différents capteurs, le microcontrôleur, l'écran d'affichage, les dispositifs de stockage, ainsi que les interfaces de communication avec l'application mobile et la plateforme ThingSpeak.

Le prototype à réaliser sera composé d'un ensemble de capteurs organisés autour d'un microcontrôleur comme le montre la figure 3.1.

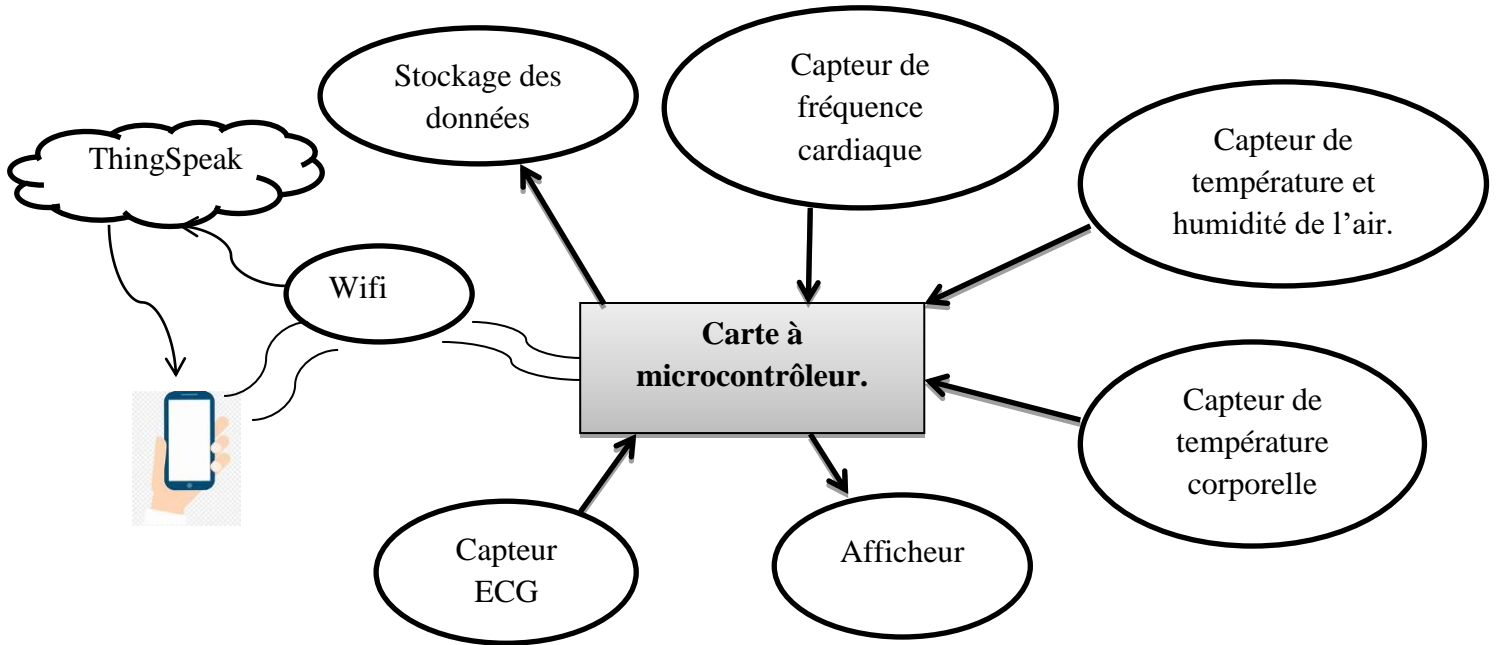


Figure 3.1. Schéma synoptique du système de surveillance médicale.

2.2. Les Composants utilisés :

2.2.1. Le capteur de fréquence cardiaque :

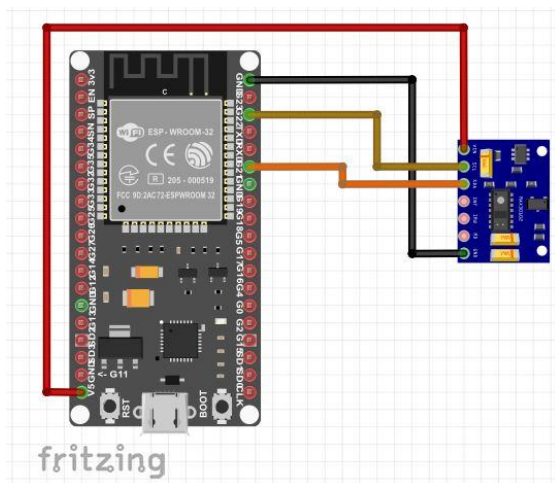
Afin de mesurer la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène, nous avons utilisé le capteur MAX30102. Ce capteur intègre des LED rouges et infrarouges, un photodétecteur, un dispositif optique, et un circuit électronique à faible bruit avec suppression de la lumière ambiante. Le MAX30102 fonctionne avec une alimentation de 1,8 V et une alimentation séparée de 3,3 V pour les LED internes permettant de mesurer la fréquence cardiaque et le taux d'oxygène dans le sang. Ce capteur est très utilisé dans des appareils portables, qu'on porte aux doigts, au lobe de l'oreille ou au poignet. Il communique via une interface I2C standard pour transférer les valeurs collectées vers des microcontrôleurs comme Arduino.



Figure 3.2. Le capteur de fréquence cardiaque MAX30102.

Le principe de fonctionnement de MAX30102 est basé sur les propriétés d'absorption de l'hémoglobine dans le sang. En effet, l'hémoglobine oxygénée absorbe plus de lumière infrarouge que la lumière rouge, tandis que la désoxyhémoglobine absorbe plus de lumière rouge que la lumière infrarouge.

Le brochage de MAX30102 est donné ci-dessous :



MAX30102	ESP32
Vcc	5V
SCL	GPIO22
SDA	GPIO21
GND	GND

Figure 3.3. Schéma de câblage MAX30102.

2.2.2. Capteur de température :

Le DS18B20 est l'un des capteurs de température numérique le plus disponibles sur le marché. Il offre une précision assez élevée ($\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) sur une large plage de température ($-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$). Étant donné, sa tension de fonctionnement qui est de 3,0 à 5,5 V, nous pouvons l'utiliser avec les cartes l'ESP32. Ces caractéristiques ont été synthétisées par le tableau 3.1.

L'un des principaux avantages de ce capteur est qu'il ne nécessite qu'une seule broche numérique de l'Arduino pour la communication. Ces capteurs sont compacts, faciles à utiliser et présentent une faible consommation d'énergie, ce qui en fait un choix idéal pour de nombreuses applications.

Source de courant	3V à 5,5V
Consommation de courant	1 Ma
Plage de température	-55 à 125° C
Précision	± 0,5° C
Résolution	9 à 12 bits (sélectionnable)
Temps de réponse	< 750 ms

Tableau 3.1. *Spécifications du capteur de température numérique DS18B20.*

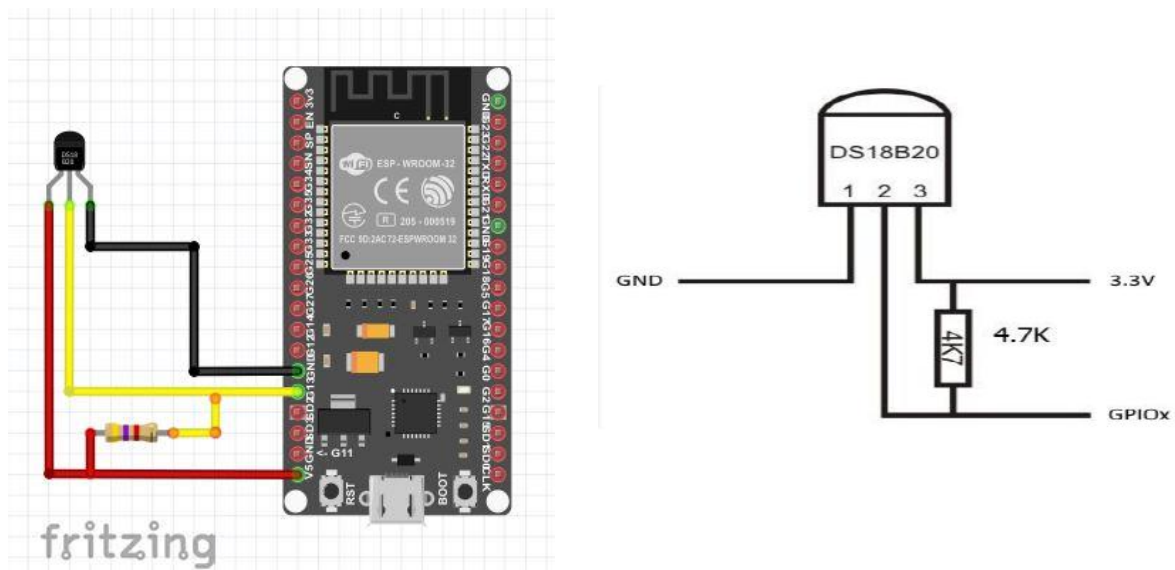


Figure 3.4. *Schéma de câblage du capteur DS18B20.*

Le DS18B20 possède une sonde permettant d'obtenir la température d'une personne comme le montre la figure 3.5.



Figure 3.5. Sonde étanche DS18B20.

2.2.3. Le capteur de température ambiante :

Le Capteur DHT22 est un capteur de température ambiante et d'humidité fiable et précis. Il est largement utilisé dans les projets d'IoT et de domotique. Il est facile à intégrer dans des systèmes électroniques grâce à son format compact. Ce capteur numérique utilise un protocole de communication unique pour transmettre les données de température et d'humidité, ce qui le rend idéal pour surveiller les conditions environnementales à long terme. Lorsque le capteur reçoit une demande de lecture, il envoie un signal au microcontrôleur qui génère un signal électronique proportionnel à la température et à l'humidité. Ce signal est ensuite converti en données numériques et transmis à l'appareil connecté. Le capteur fonctionne en mesurant la variation de la résistance électrique causée par le changement de température et en utilisant un élément capacitif pour détecter l'humidité relative. Grâce à cette méthode, le capteur DHT22 offre des mesures précises et fiables de la température et de l'humidité environnantes (température : $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ et humidité : $\pm 2\% \text{ RH}$).

Les broches de DHT22 ainsi que son brochage dans l'ESP32 sont données par la figure ci-dessous :

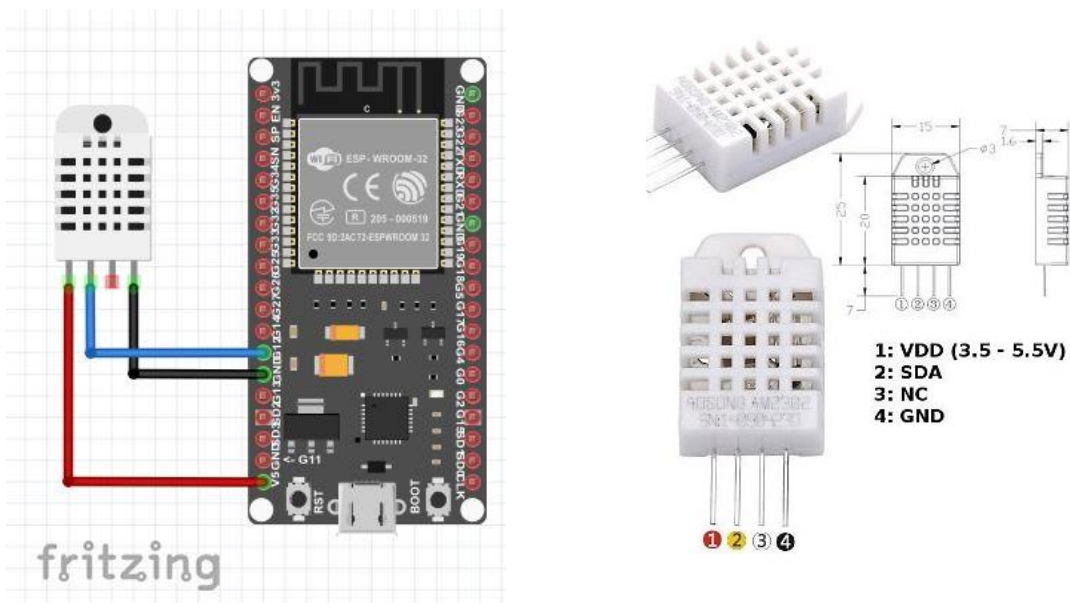


Figure 3.6. Schéma de câblage DHT22.

2.2.4. Le capteur ECG :

Le capteur ECG utilisé est le module AD8232. Il est conçu pour mesurer l'activité électrique du cœur en utilisant des électrodes placées sur le corps. Ces électrodes captent les signaux électriques émis par le cœur, qui sont ensuite traités et amplifiés pour fournir une mesure précise du rythme cardiaque.

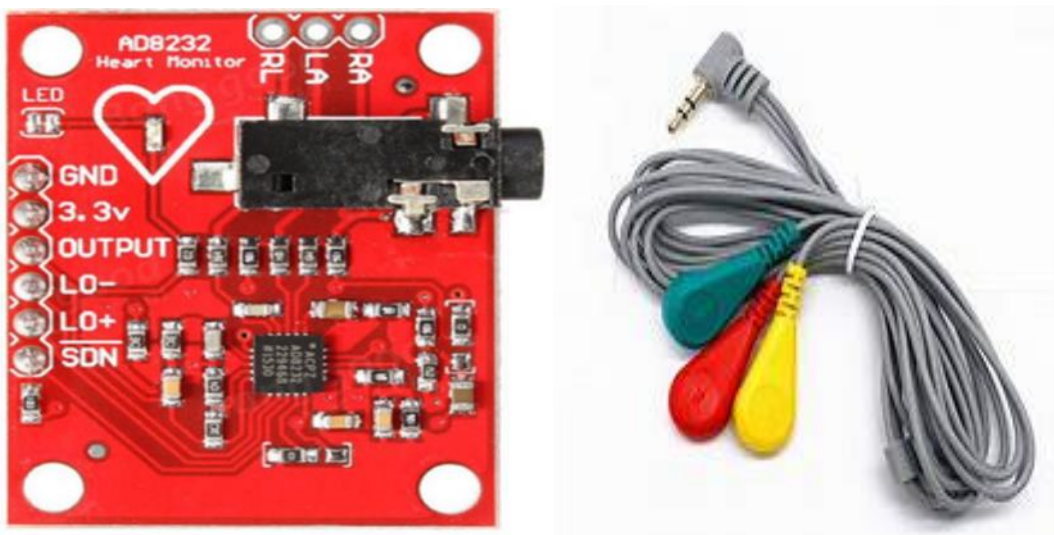
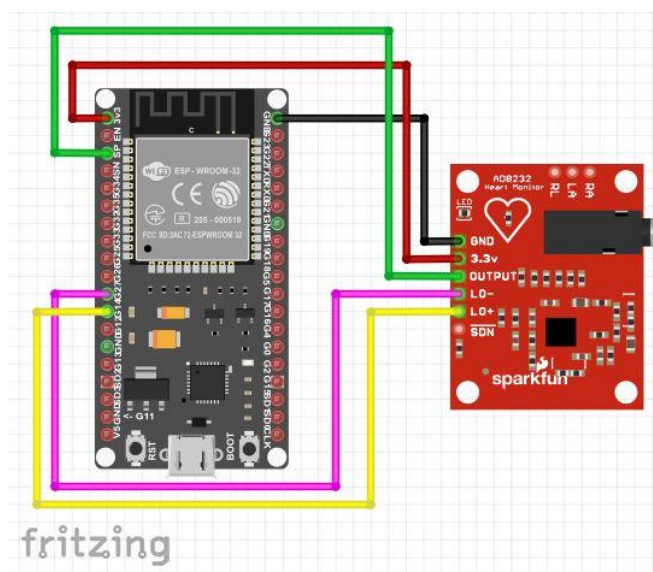


Figure 3.7. Le capteur AD8232 et ses électrodes.

Le principe de fonctionnement de l'AD8232 repose sur l'amplification et le filtrage des signaux. En effet, ce capteur amplifie les signaux faibles captés par les électrodes et utilise des filtres passe-bas et passe-haut pour éliminer le bruit ambiant et isoler les signaux pertinents de l'ECG.

Après amplification et filtrage, le signal devient suffisamment clair pour être interprété comme un ECG. Le capteur fournit une sortie analogique qui peut être lue par un microcontrôleur tel que l'ESP32.



MODULE AD8232	ESP32
GND	GND
3V3	3V3
OUTPUT	SP
L0-	GPI027
L0+	GPI014

Figure 3.8. Schéma de câblage AD8232.

Le positionnement des électrodes du capteur ECG est représenté par la figure 3.9.

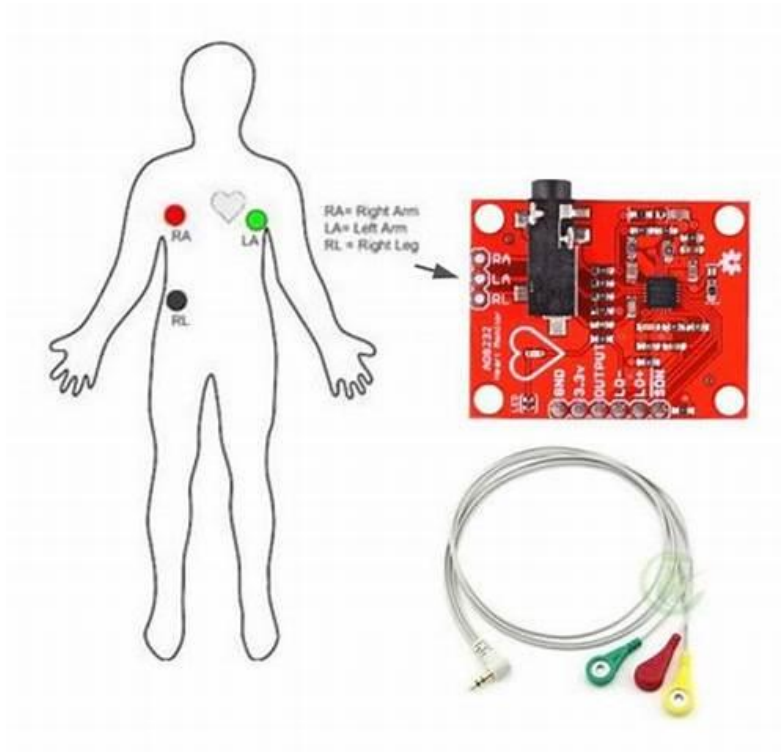


Figure 3.9. *Positionnement des électrodes de l'ECG.*

2.2.5. Le lecteur de cartes mémoires SD :

Un lecteur de carte SD est un périphérique qui permet de lire et d'écrire des données sur des cartes mémoire SD. Dans notre réalisation, le lecteur de carte SD est un accessoire indispensable pour transférer des données entre une carte mémoire SD et un ordinateur ou un autre appareil électronique compatible.



Figure 3.10. *Le lecteur de cartes SD*

2.2.6. L'afficheur OLED :

L'OLED est une technologie d'affichage particulièrement adaptée aux signaux ECG grâce à ses performances en termes de contraste, de consommation et de flexibilité.

En utilisant la bibliothèque `Adafruit_SSD1306` pour contrôler cet écran, nous pourrons afficher les données traitées.

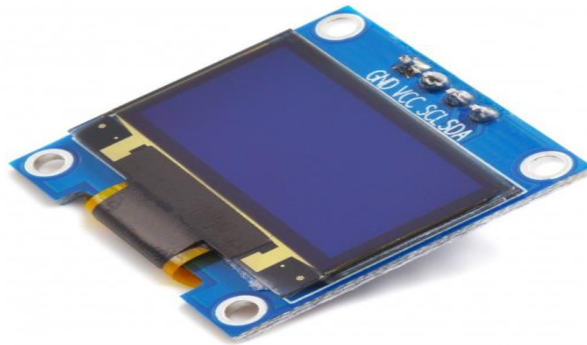


Figure 3.11. *L'afficheur OLED.*

2.3. Le schéma électrique :

Les capteurs utilisés collectent les données vitales ; l'ESP32 traite ces données brutes et les convertit en informations utilisables. Ces informations sont ensuite affichées en temps réel sur le moniteur série ainsi que le signal ECG qui sera affiché sur un écran OLED pour une visualisation immédiate.

Parallèlement, les données sont enregistrées sur une carte SD pour un stockage local et une analyse ultérieure.

Enfin, grâce à la connectivité Wifi de l'ESP32, les données sont transmises à une application Android pour une surveillance mobile et à la plateforme ThingSpeak pour un stockage et une analyse à distance, permettant ainsi une gestion complète des paramètres de santé.

Le schéma de brochage des différents composants est représenté par la figure 3.12.

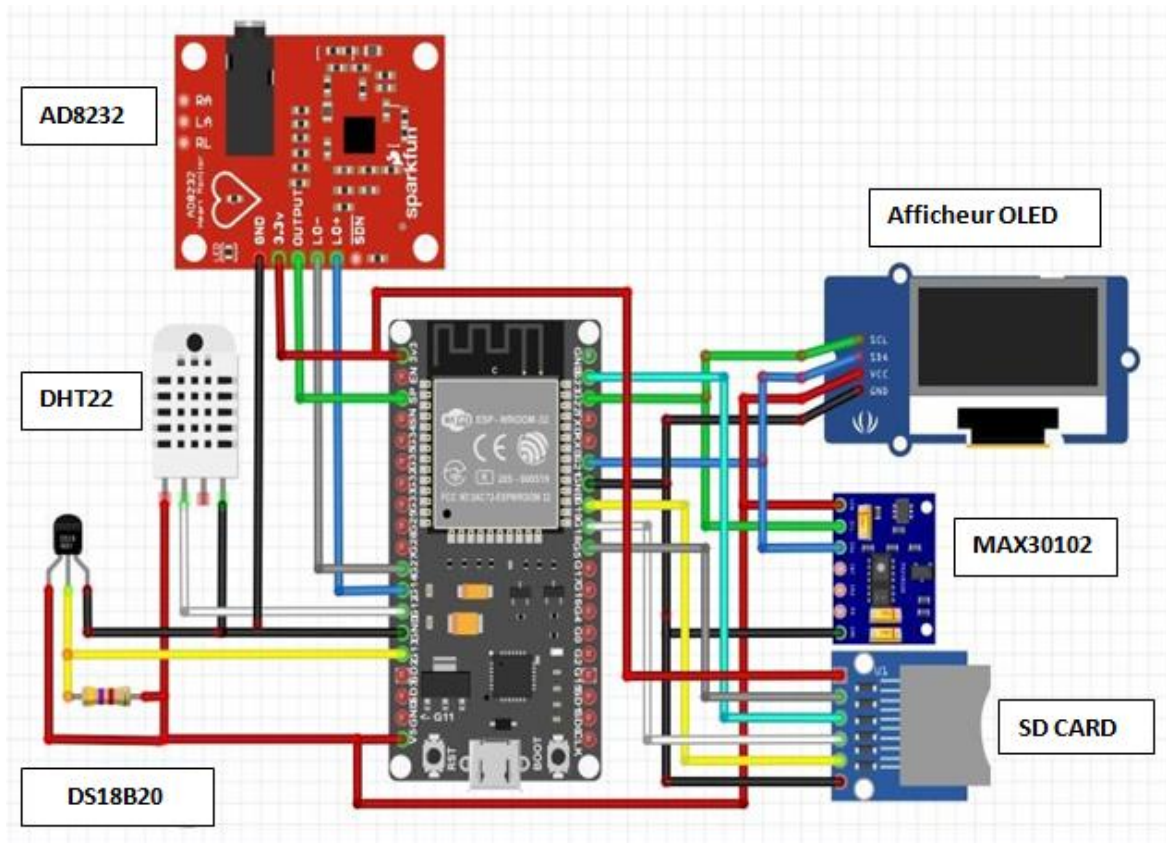


Figure 3.12. Le schéma de câblage global.

2.4. Conception du circuit imprimé de la carte électronique :

Le montage électronique est réalisé sur un circuit imprimé, un support isolant sur lequel des pistes de cuivre réalisent la quasi-totalité des connexions entre les composants qu'il supporte. Nous avons commencé par faire le typon de notre carte à l'aide du logiciel ARES qui est destiné à la conception de circuit imprimé. Ce logiciel est particulièrement bien adapté aux prototypes séries.

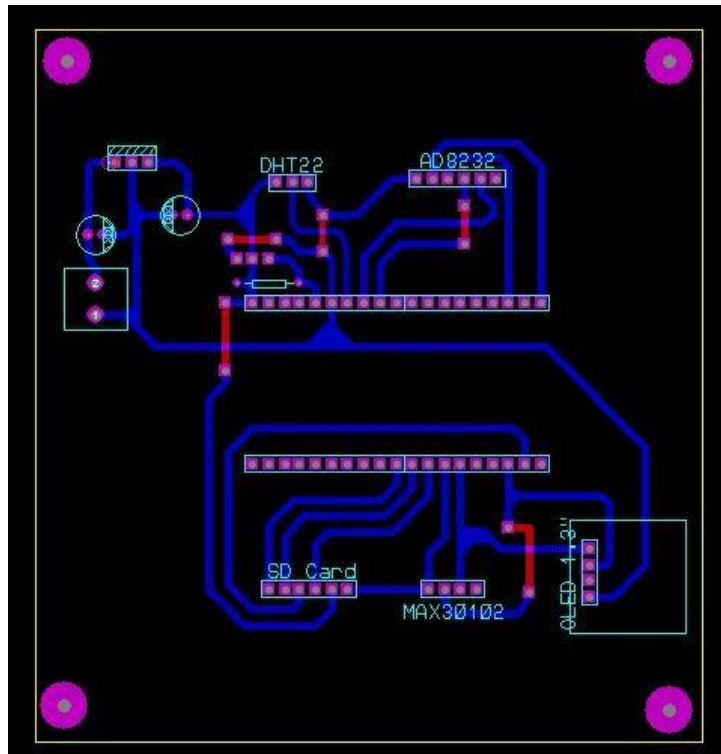


Figure 3.13. *Tracé du circuit imprimé sur le logiciel ARES.*

Le circuit imprimé de notre carte électronique avec ses différents composants sont montré ci-dessous :

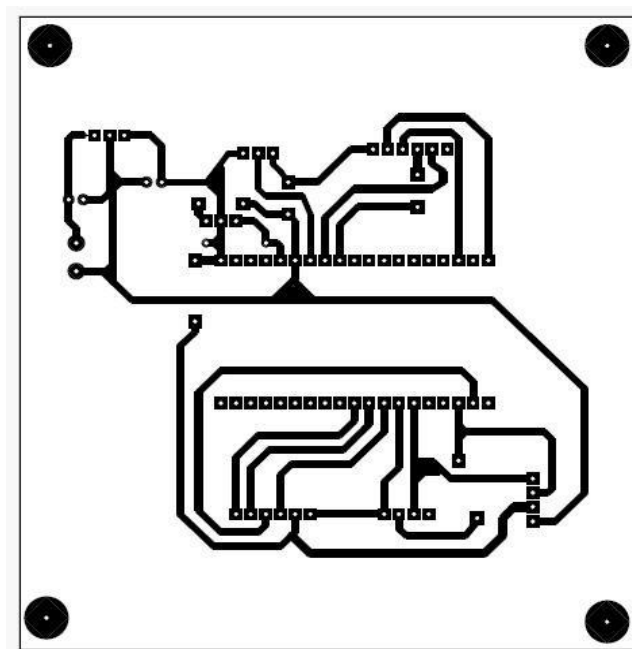


Figure 3.14. *Le circuit imprimé de la carte électronique.*

Après le brochage des composants, nous avons obtenus la carte électronique de la figure 3.15.

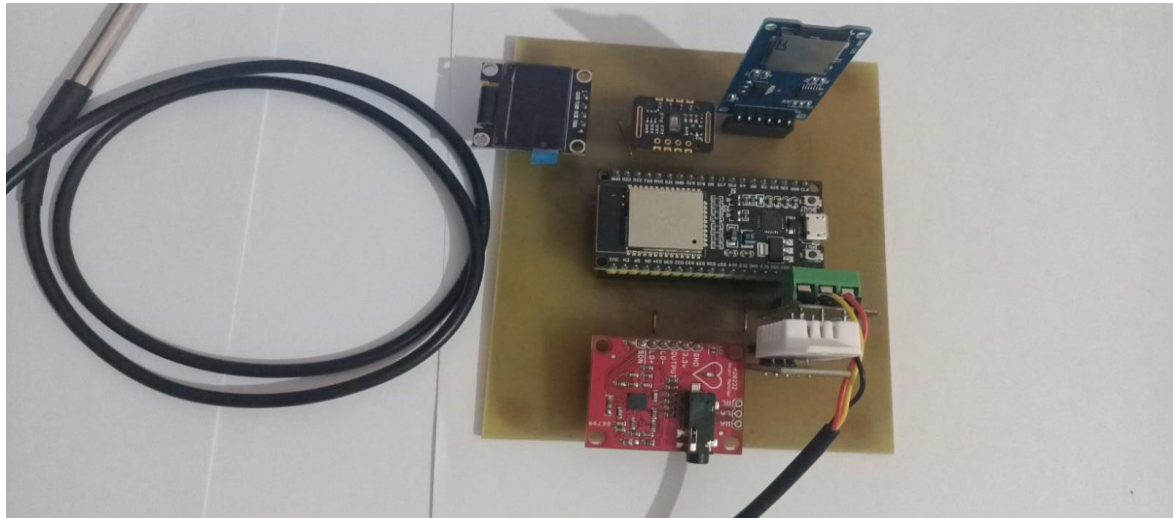
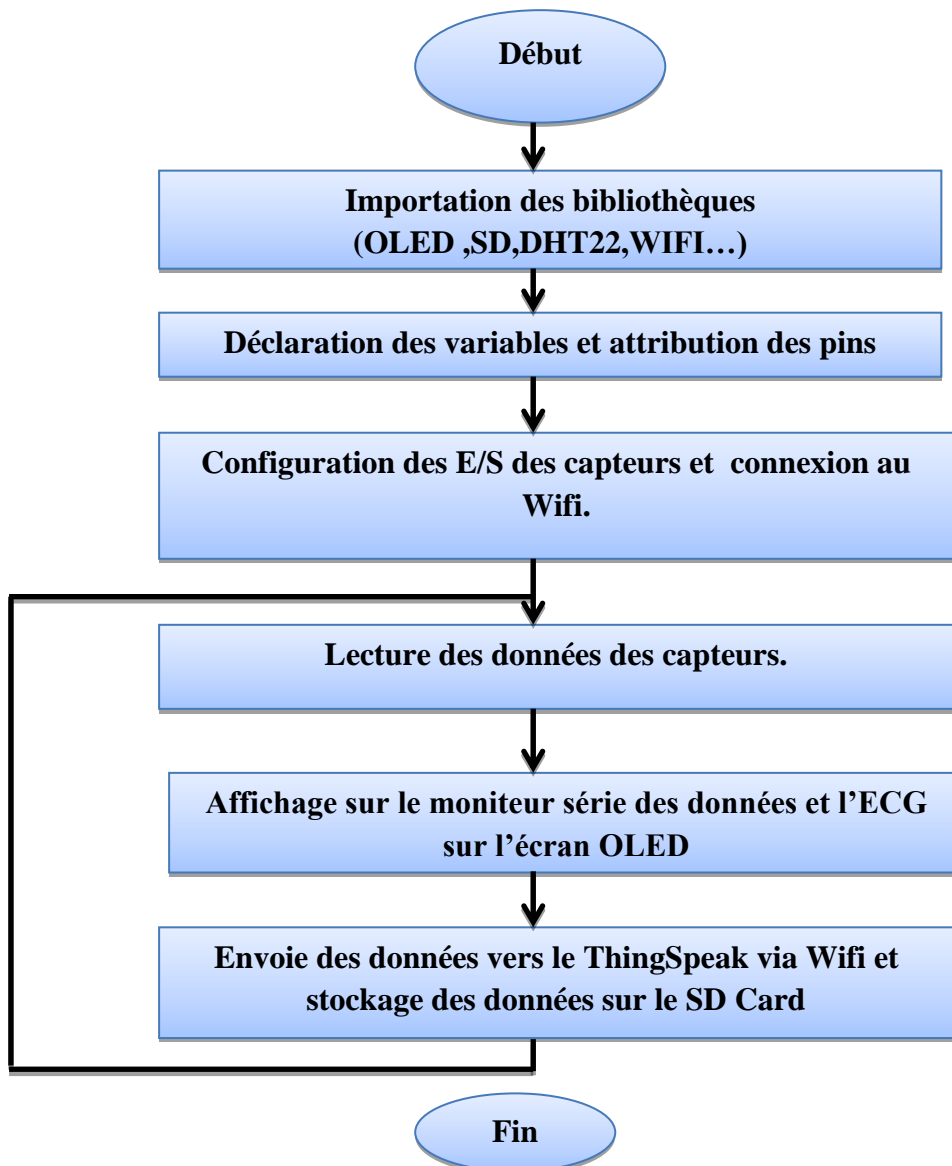


Figure 3.15. La carte électronique réalisée.

3. Partie logicielle :

3.1. Organigramme global du fonctionnement du système réalisé :



3.2. Présentation de la plateforme ThingSpeak :

« ThingSpeak » est un service de plate-forme d'analyse de l'IOT qui nous permet d'agréger, de visualiser et d'analyser des flux de données en direct dans le Cloud. ThingSpeak fournit des visualisations instantanées des données postées par vos appareils. Avec la possibilité d'exécuter des codes MATLAB dans ThingSpeak, on peut effectuer une analyse et un traitement en ligne des données au fur et à mesure de leur arrivée. ThingSpeak est souvent utilisé pour le prototypage et la preuve de concept des systèmes d'IOT qui nécessitent des opérations d'analyse.

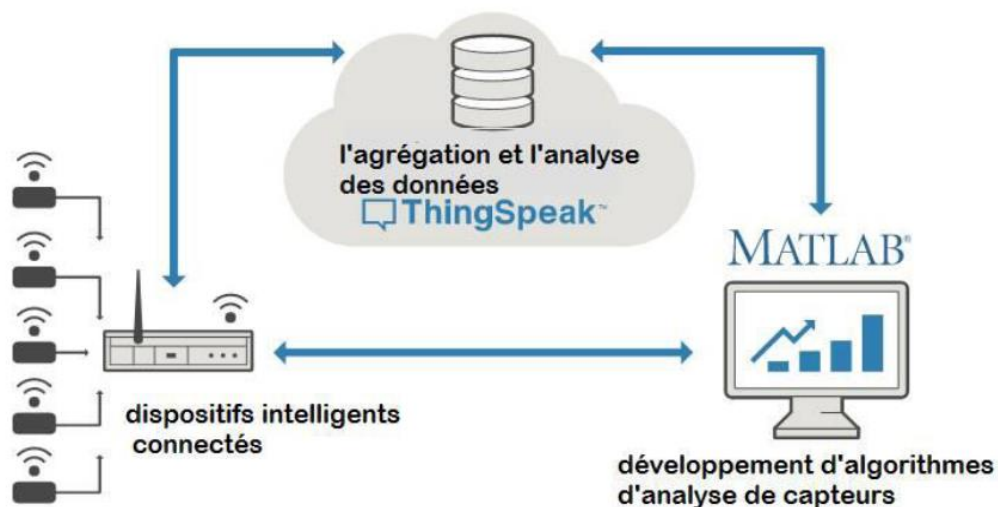


Figure 3.16. Plateforme ThingSpeak.

ThingSpeak offre des instruments qui facilitent la communication entre les dispositifs pour toutes ces opérations et bien d'autres encore. Il est possible de réagir aux données.

- qu'il s'agisse de données brutes ou de nouvelles données que nous avons calculées lorsqu'elles arrivent sur un canal.

La partie suivante montre comment créer un nouveau canal pour collecter les données analysées.

1. Tout d'abord, il faut s'enregistrer au ThingSpeak à l'aide d'un compte MathWorks qui existe déjà.
2. On clique sur « Channel » puis « Mychannel » (voir la figure suivante).
3. Sur la page « Chaînes » on clique sur « New Channel »
4. On doit cocher les cases à côté des champs 1 à 5, puis saisir les valeurs de réglage du canal suivantes :
 - Name : Santé médical

- Field 1 : DHT22_Temperature
- Field 2 : DHT22_HUMIDITY
- Field 3 : DS18B20_Temperature
- Field4 : MAX30102_Spo2
- Field5 : MAX30102_BPM

Certaines fonctionnalités clés de ThingSpeak incluent la capacité de faire :

- Configurer facilement les périphériques pour envoyer des données à ThingSpeak
- Visualiser les données des capteurs en temps réel.
- Utiliser la puissance de MATLAB pour donner un sens à vos données IoT.
- Exécuter vos analyses d'IoT automatiquement en fonction de programmes ou d'événements.

3.3. Visualisation des données sur ThingSpeak :

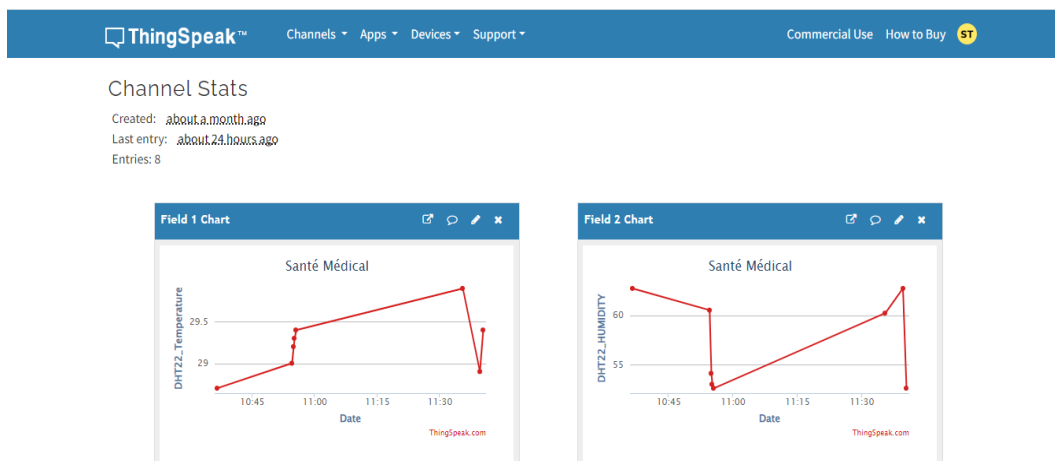


Figure 3.17. Visualisation des données sur ThingSpeak.

3.4. Création d'une Application avec MIT App Inventor 2 :

MIT App Inventor2 est un outil de développement visuel qui offre la possibilité de concevoir des applications Android sans avoir besoin de connaissances approfondies en programmation.

Ci-dessous une description de son utilisation et son intégration avec ThnigSpeak.

- Créer une application en utilisant MIT App Inventor2.

- Mise en place d'un nouveau projet en cliquant sur débiter un nouveau projet puis attribuer un nom.
- Intégration des éléments (boutons, étiquettes...) en utilisant l'interface de glisser et déposer.
- Prédéfinir la logique de l'application en passant à l'onglet « Blok » et de connecter des blocs de code visuel.

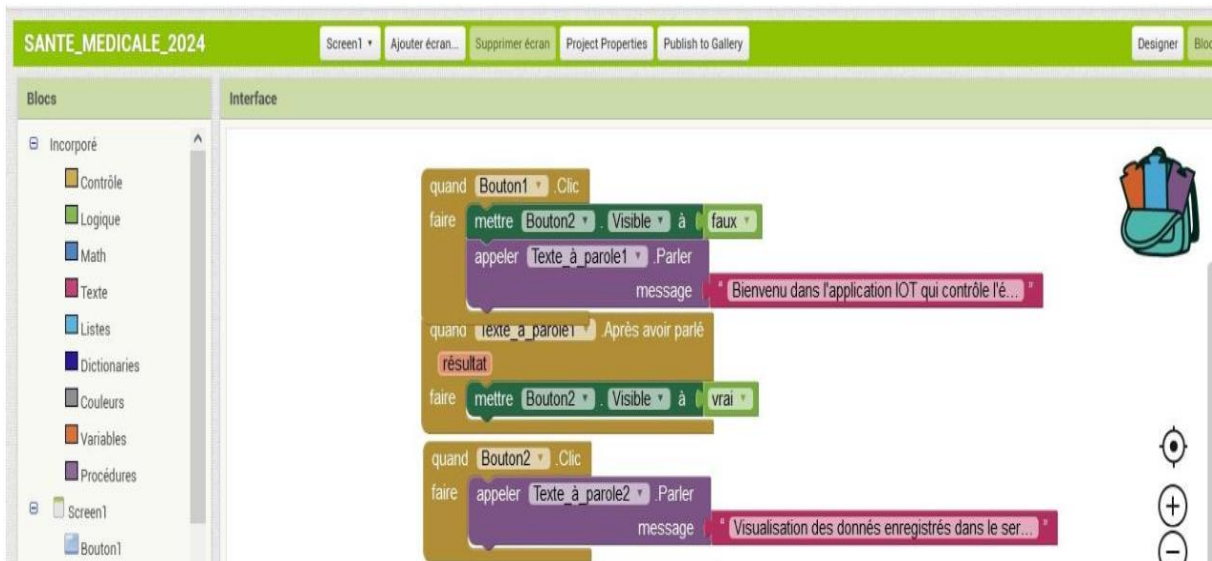


Figure 3.18. Création de blocs sur le MIT App.

Après avoir créé l'application et connecté les blocs de code visuel on aura l'écran montré dans la figure ci-dessous :



Figure 3.19. Ecran principal de l'application nommée santé médicale.

3.4.1. Compatibilité avec ThnigSpeak :

Après avoir créé le canal sur ThnigSpeak et recevoir les informations provenant des capteurs ; on ajoute un composant web à notre application dans MIT App, ce qui nous permettra de communiquer avec l'API de ThnigSpeak.

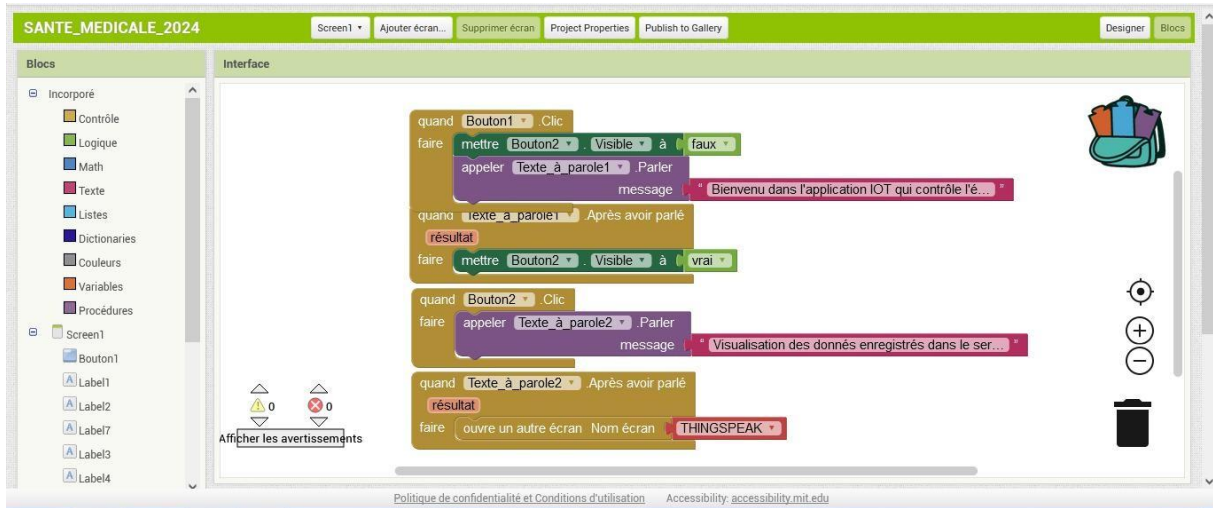


Figure 3.20. Communication avec l'API de ThingSpeak.

Enfin, on installe des blocs pour lire ces informations et les afficher dans notre application comme le montre la figure 3.21.



Figure 3.21. Lecture et affichage de données sur l'application.

5. Tests et résultats obtenus :

Pour évaluer la performance de notre système, nous avons effectué des tests sur un individu en bonne santé puis on a utilisé un oxymètre existant sur le marché pour comparer les résultats.

5.1. Affichage des données des capteurs :

Ici, nous affichons les résultats expérimentaux obtenus et les données des capteurs sur l'afficheur série Arduino, comme le montre les figures 3.22 et 3.23.

Les valeurs obtenues par le DHT22 sont :

- La température ambiante : 29.4°C.
- Le taux d'humidité qui est de 57.60%.

Les données du capteur MAX30102 :

- La température corporelle : 36.44° C.
- Les battements de cœur (Bpm) : 88 par minute.
- Le taux d'oxygène dans le sang qui est à 99%.

```
Message appended
Humidity: 57.60% Temperature: 29.40 C
Save data: Temperature: 29.40 C,Humidity: 57.60 %,Temperature: 36.44 C,BMP: 88 ,SpO2: 99%

Appending to file: /data.txt
Message appended

Prepare to send data
Humidity: 59.10% Temperature: 29.40 C
Save data: Temperature: 29.40 C,Humidity: 59.10 %,Temperature: 36.44 C,BMP: 78 ,SpO2: 100%

Appending to file: /data.txt
Message appended
Humidity: 59.10% Temperature: 29.40 C
```

Défilement automatique Afficher l'horodatage

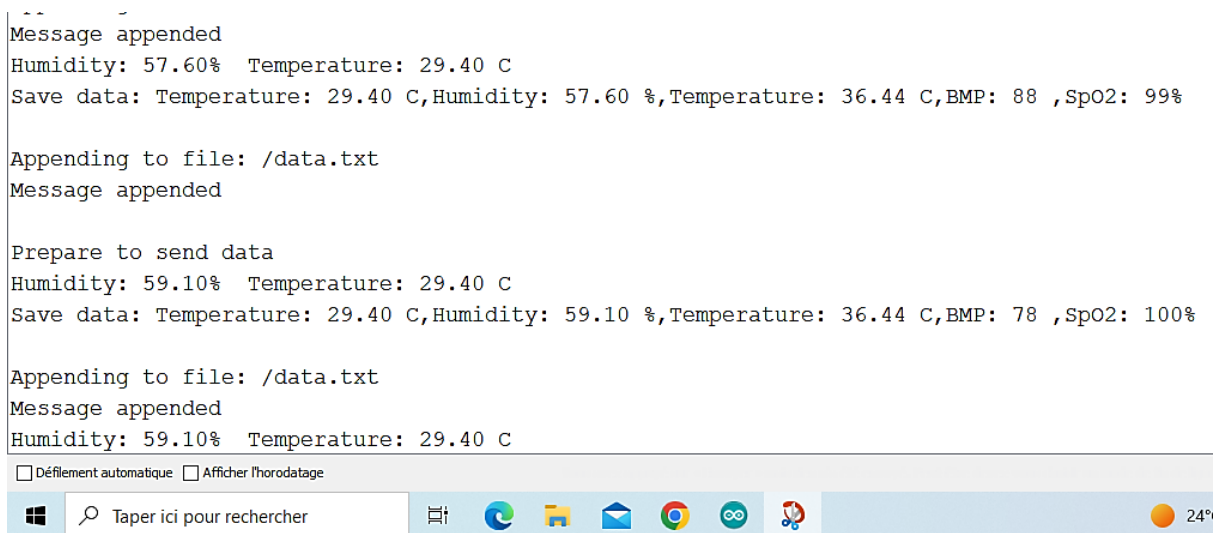


Figure 3.22. Données du capteur de fréquence cardiaque et d'oxymétrie de pouls.

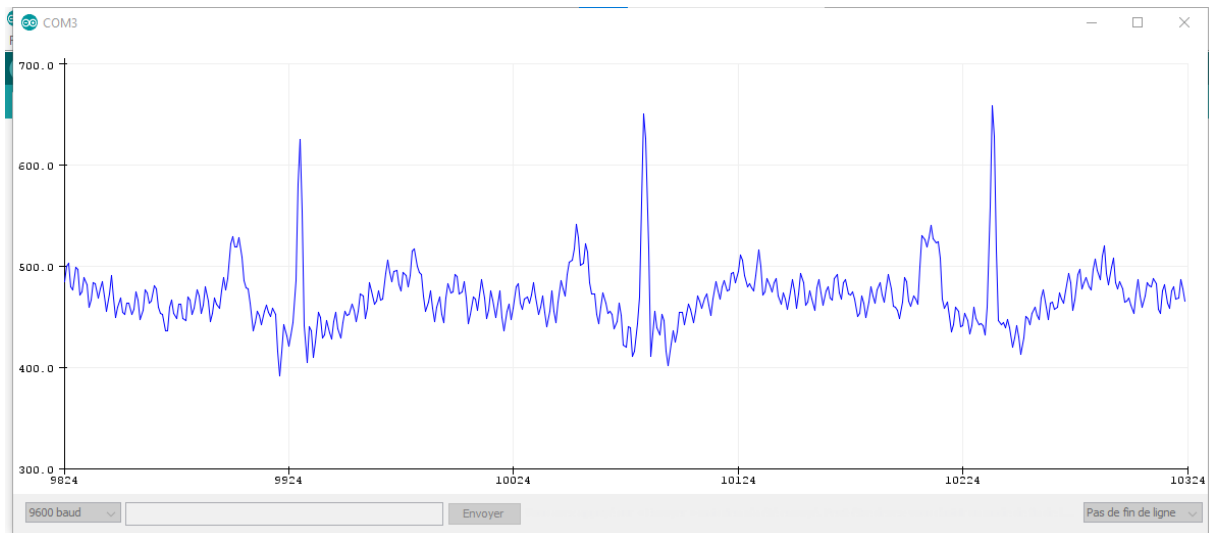


Figure 3.23. Affichage du signal ECG sur le traceur série.

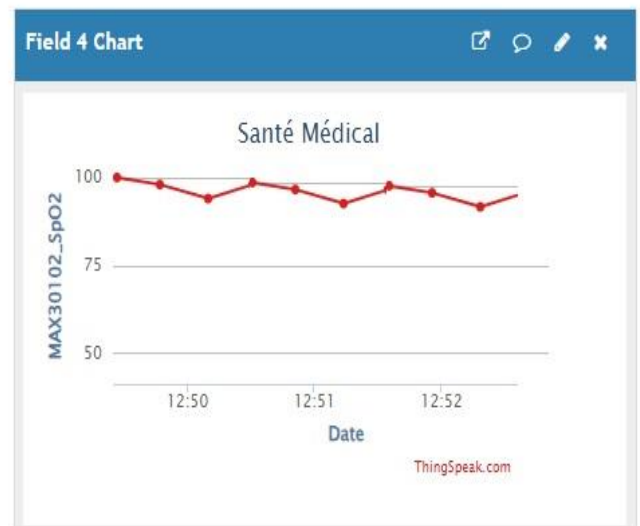
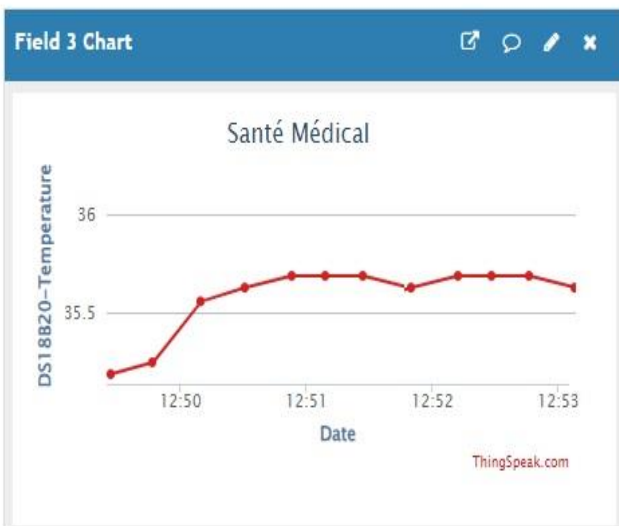
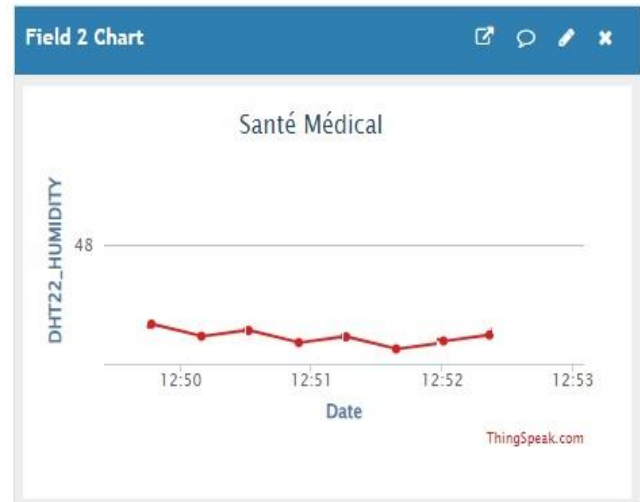
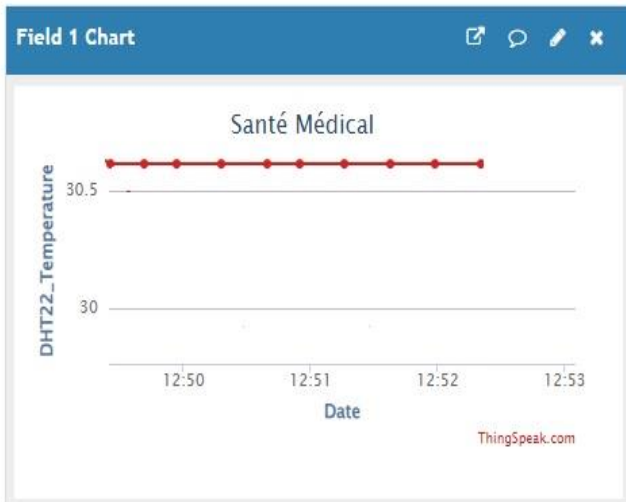
Nous avons présenté aussi le signal ECG sur l'écran OLED comme le montre la figure suivante :



Figure 3.24. Affichage du signal ECG sur l'écran OLED.

5.2. Visualisation des données sur la plateforme ThingSpeak :

Les capteurs transmettent les données au module Wifi ESP32, puis elles sont transmises à la plateforme ThingSpeak via une connexion Wifi établie. Pour accéder à ses résultats nous devons simplement nous connecter à notre chaîne sur le site ThingSpeak.com et les visualisées graphiquement comme le montre la figure suivante :



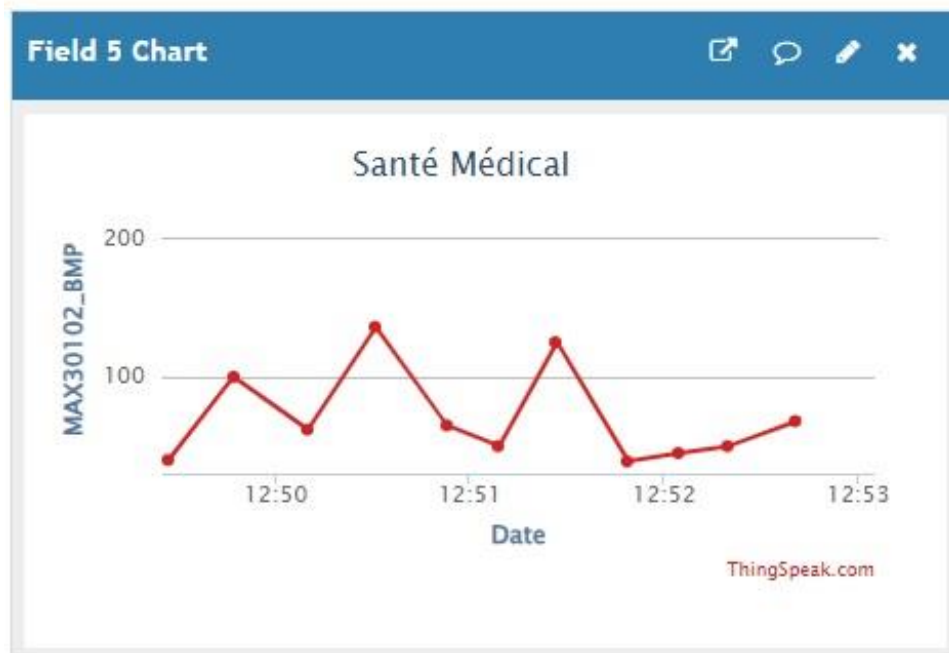


Figure 3.25. Visualisation des données sur ThingSpeak.

5.3. Suivi des résultats via l'application mobile développée :

En connectant l'application Android à la plateforme ThingSpeak, les données sont affichées graphiquement comme le montre la figure suivante pour une interprétation facile.

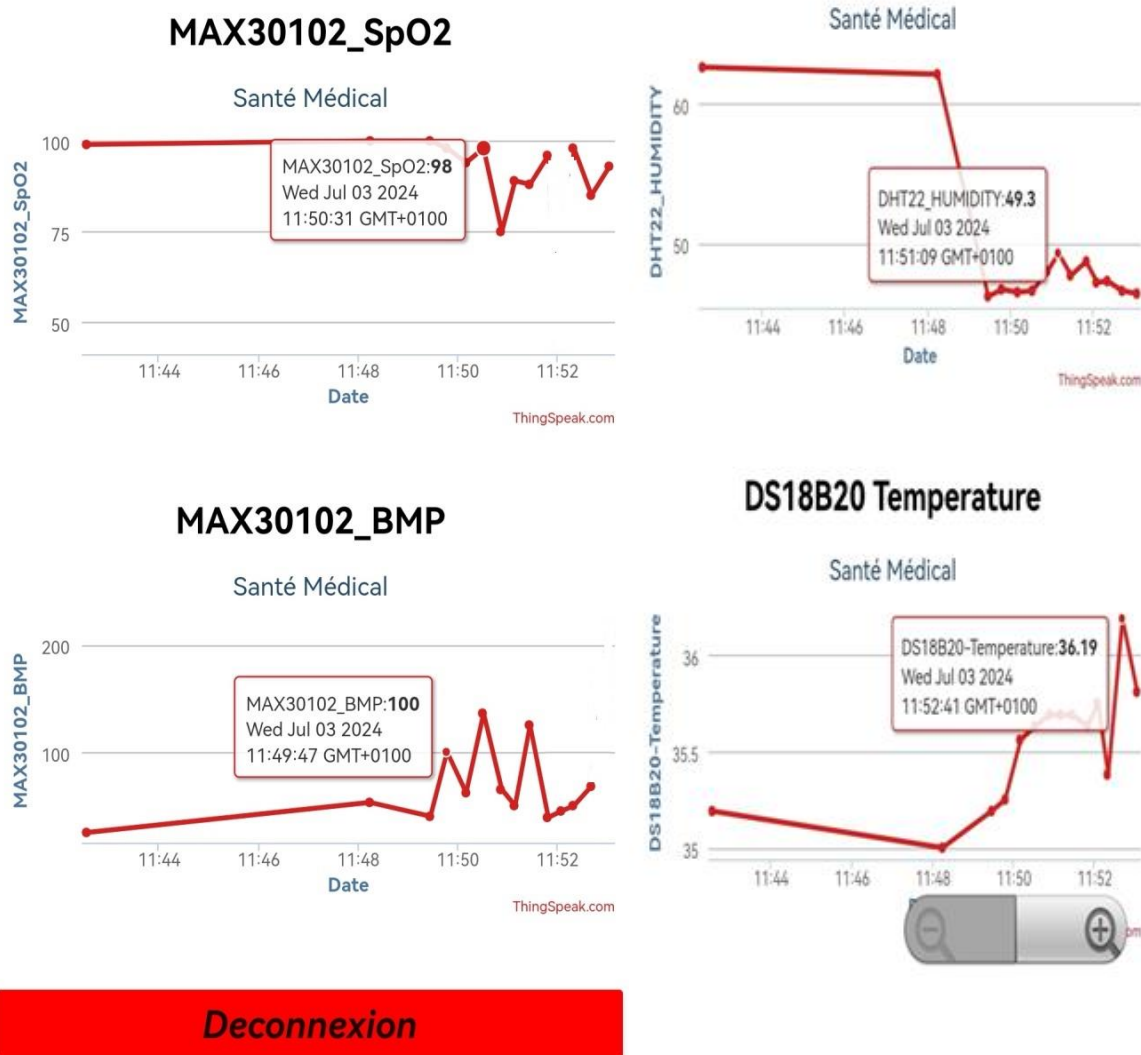


Figure 3.26. Suivi du patient via l'application Android.

5.4. Comparaison des résultats avec des dispositifs commercialisés :

En comparant les résultats précédents avec ceux trouvés en utilisant un dispositif commercialisé qui est un oxymètre de la marque Rossmax, on voit que les valeurs sont presque identiques, comme le montre la figure 3.27.

Les battements de cœur sont à 100 fois par minute et le taux de saturation en oxygène est de 98%.

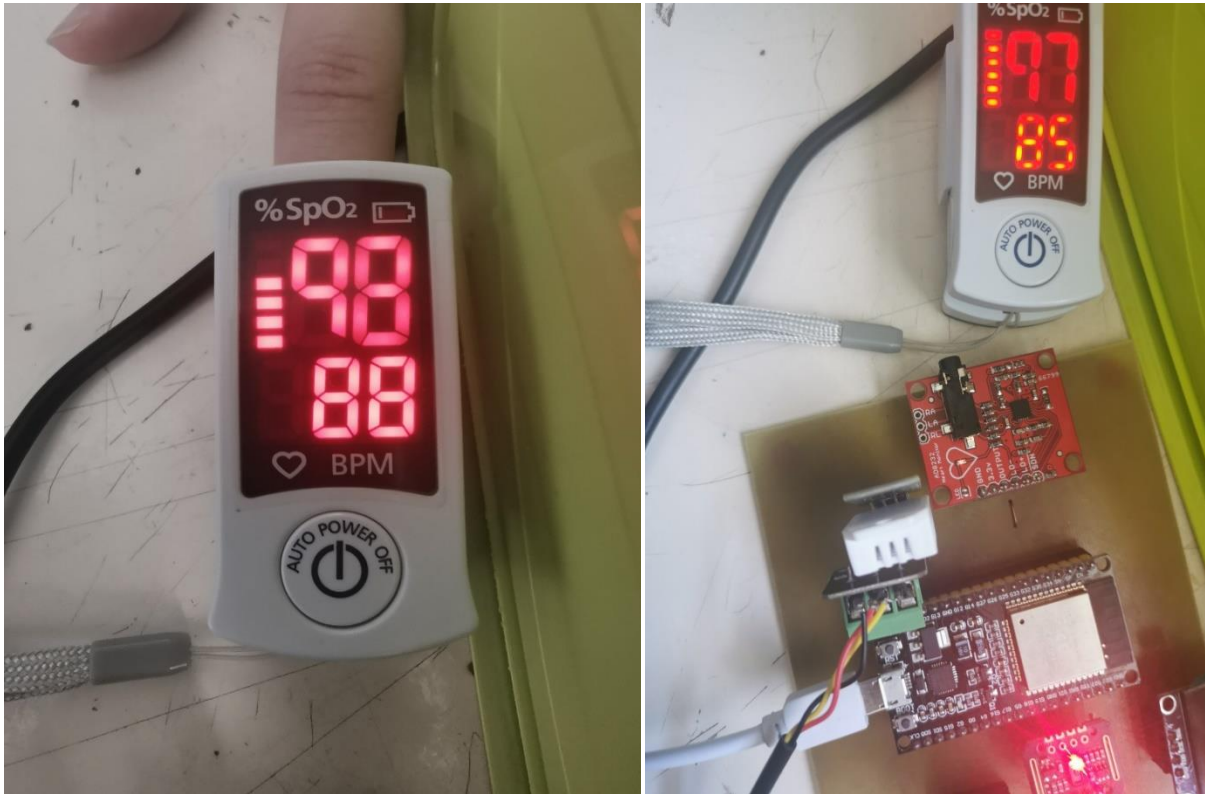


Figure 3.27. Résultat trouvé avec un oxymètre commercialisé.

Le signal ECG a été aussi comparé à un ECG d'une personne en bonne santé fait récemment dans un établissement hospitalier comme le montre la figure 3.27.

En faisant la similitude avec notre signal obtenu en voit qu'il est de forme normale et semblable à celui de ma figure ci-dessous.

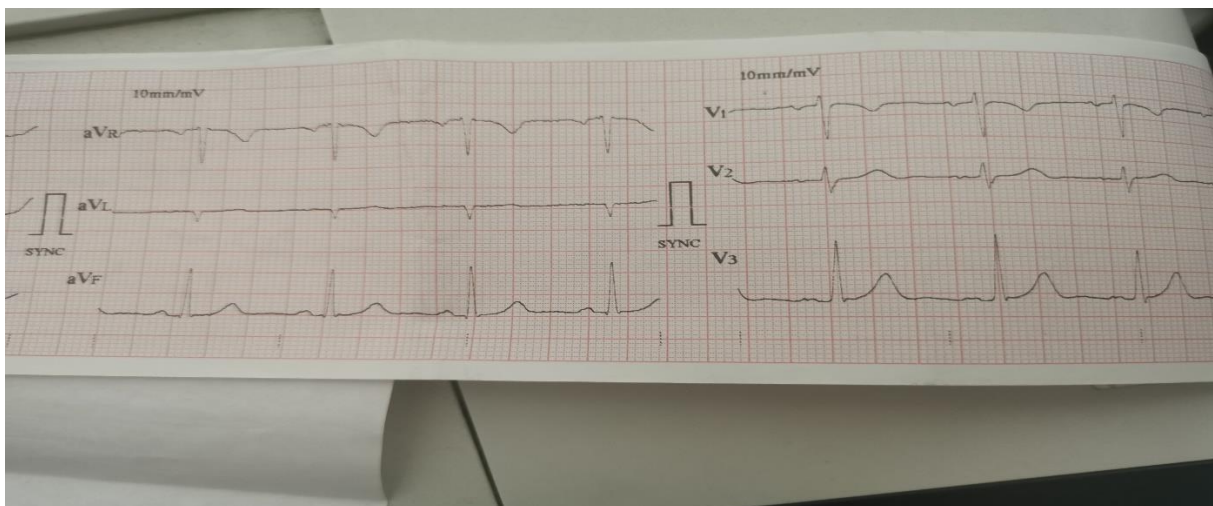


Figure 3.28. Signal ECG obtenus dans un hôpital.

6. Discussion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes étapes nécessaires à la réalisation de notre système. En effet, nous avons énumérés les différents composants utilisés, le montage électrique global, la représentation schématique de l'algorithme du programme développé sous l'environnement Arduino, à savoir l'acquisition et l'affichage de données.

Le prototype réalisé permet de visualiser le signal ECG, la fréquence cardiaque et la saturation en oxygène d'un patient. Ces paramètres sont visualisables à travers le traceur et le moniteur série, un site web et un Smartphone via une application Android.

Les différents tests effectués sur plusieurs patients montrent que le système réalisé fonctionne correctement.

Conclusion

Ce mémoire présente en détail le processus de conception et de réalisation d'un dispositif de surveillance des paramètres vitaux, en particulier le rythme cardiaque (ECG) et la saturation en oxygène (SpO_2), en utilisant un microcontrôleur ESP32.

L'Internet des objets (IoT) représente une révolution technologique qui permet l'intégration de capteurs et d'actionneurs dans notre environnement, offrant ainsi la possibilité de réagir de manière intelligente et proactive aux données collectées. Dans le domaine de la santé, l'IoT joue un rôle crucial en facilitant une prise en charge plus efficace des patients et en permettant un suivi continu de leur état de santé.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons conçu un système intégrant plusieurs capteurs non-invasifs pour mesurer différents paramètres vitaux des patients. Les données recueillies sont traitées et analysées par l'ESP32 avant d'être transmises à la plateforme Cloud « ThingSpeak ». Parallèlement, nous avons développé une application mobile Android pour offrir aux utilisateurs une interface intuitive permettant de visualiser en temps réel leurs paramètres vitaux.

Le choix de l'ESP32 pour ce projet s'est révélé judicieux, principalement en raison de ses capacités de connectivité variées et de sa performance en traitement des données. L'intégration d'une application mobile enrichit ce système en offrant aux utilisateurs une interaction directe et un accès instantané à leurs données de santé.

Pour vérifier le bon fonctionnement de notre système, nous avons mené des tests sur des patients. Les premiers résultats sont prometteurs, montrant une grande similarité entre les mesures obtenues par notre dispositif et celles fournies par des appareils médicaux homologués et commercialisés. Cela nous permet d'envisager une intégration progressive de notre prototype dans un cadre médical réel, en complément des dispositifs déjà en usage. Cette intégration permettra de vérifier plus en profondeur la fiabilité de notre système et d'effectuer les recalibrages nécessaires pour en améliorer la précision.

Des perspectives d'amélioration et d'évolution sont envisageables pour ce projet. Sur le plan fonctionnel, l'ajout de fonctionnalités avancées telles que la détection automatique d'anomalies cardiaques et la génération d'alertes en cas de valeurs critiques pourraient grandement augmenter l'utilité et la sécurité du dispositif. En termes de matériel, des améliorations comme la conception d'un boîtier dédié, l'ajout de capteurs supplémentaires, et

Conclusion

l'intégration d'une source d'alimentation autonome sont également envisagées pour optimiser l'ergonomie et l'autonomie du système.

Notre projet démontre le potentiel significatif de l'IoT dans le domaine médical et ouvre la voie à d'autres projets permettant améliorer le suivi et la gestion de la santé des patients.

Bibliographie :

- [1]<https://www.un.org/fr/global-issues/population#Projections%20Pour%20l%E2%80%99an%202100>
- [2] <https://caresimple.com/fr/remote-patient-monitoring-devices-what-they-do-and-how-they-work/>
- [3] <https://www.passeportsante.net/fr/parties-corps/Fiche.aspx?doc=coeur>
- [4] https://www.neurones.espci.fr/Theses_PS/DUBOIS_R/Chapitre1.pdf
- [5]<https://www.vidal.fr/sante/examens-tests-analyses-medicales/electrocardiogramme-ecg-holter.html>
- [6]https://medecine-naturelle.net/saturation-en-oxygene-a-80/#Saturation_en_oxygene_definition
- [7]<https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-anatomie-et-examens/2526200-taux-de-saturation-o2-definition-mesure-normes/>
- [8]<https://www.channelnews.fr/selon-idc-les-objets-connectes-devraient-generer-794-milliards-de-zetaoctets-en-2025-89923>
- [9] Fayad, Achraf. « Protocole d'authentification sécurisé pour les objets connectés ». Electronic Thesis or Diss., Institut polytechnique de Paris, 2020. <http://www.theses.fr/2020IPPAT051>
- [10] https://www.inria.fr/sites/default/files/2021-12/LB_IoT_FR_WEB_HD_2.pdf
- [11]<https://blog.cellenza.com/data/introduction-a-liot-comment-fonctionne-linternet-des-objets/>
- [12]<https://www.aimf.asso.fr/wp-content/uploads/2022/08/La-ville-intelligente-et-les-impacts-du-numerique-sur-le-developpement-urbain-et-la-gouvernance-des-villes-du-Sud.pdf>
- [13] <https://www.synox.io/cat-sante-connectee/sante-connectee-iot-medical/>
- [14] <https://wikimemoires.net/2019/09/domaines-d-applications-de-l-iot/>
- [15]<https://iotjourney.orange.com/fr-FR/explorer/les-solutions-iot/protocoles-objets-connectes>
- [16] <https://www.talend.com/fr/resources/guide-middleware>
- [17]<https://www.internetecoles.com/internet-of-things-quels-sont-les-domaines-d-application-de-liot/>