

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université 8 Mai 1945 – Guelma
Faculté des sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et Télécommunications



Mémoire de fin d'étude
pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : **Sciences et Technologie**

Filière : **Télécommunications**

Spécialité : **Réseaux et Télécommunications**

Bracelet Connecté pour la télésurveillance médicale

Présenté par :

Lahouareche Youssef Djihad

Sous la direction de :

Dr .KHALFALLAOUI Abderrezak

Juin 2024

Remerciements

Je commence par exprimer ma gratitude à Allah le Tout-Puissant pour m'avoir accordé la patience et le courage nécessaires pour atteindre la conclusion de ce parcours académique.

Je souhaite exprimer mes sincères remerciements au Docteur KHALFALLAOUI Abderrezak pour avoir dirigé ce mémoire avec diligence et patience, ainsi que pour la confiance qu'il m'a témoignée. Sa disponibilité, ses conseils avisés et ses idées novatrices ont grandement enrichi ce travail.

Je suis également reconnaissant envers les membres du jury qui ont généreusement accepté de participer à l'évaluation de ce modeste ouvrage.

Enfin, je tiens à témoigner ma profonde reconnaissance à tous les collaborateurs du Département d'Électronique et Télécommunications, en particulier à Mme Soraya, pour leur soutien indéfectible tout au long de cette période de travail.

Dédicace

Je tien à dédier ce travail

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières, tout au long de ma vie.

À ma sœur et mon frère, pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements constants tout, leur présence bienveillante est une source de réconfort et de force.

À Tawba, mon amie précieuse, dont les conseils avisés et le soutien indéfectible ont été essentiels à chaque étape de ce projet.

À mon ami Brahim, dont le soutien et les encouragements ont été d'une grande valeur tout au long de mes recherches scientifiques.

À monsieur IKNI & ABAINIA pour leurs inestimables conseils.

*À toutes les personnes qui m'ont soutenu
Merci d'être toujours là pour moi.*

ملخص

تستكشف هذه المذكرة المراقبة عن بعد والأجهزة الطبية المتصلة في سياق التطبيق عن بعد. بعد التطرق للأسس النظرية لهذه المجالات، نقدم حلاً مبتكراً: سوار متصل يعتمد على ESP32 و MAX30102 ، مصحوباً بتطبيق الكتروني للمراقبة عن بعد للمعايير الحيوية. ويركز هذا العمل على الممارسة الرامية إلى تحسين إمكانية الحصول على الرعاية الصحية عن بعد وكفاءتها. يقدم هذا الحل وجهات نظر جديدة لمستقبل الصحة الرقمية، مما يمهد الطريق لنهج أكثر استباقية وشخصية للرعاية الصحية.

Résumé

Ce mémoire explore la télésurveillance et les dispositifs médicaux connectés dans le contexte de la télémédecine. Après avoir examiné les fondements théoriques de ces domaines, nous présentons une solution innovante : un bracelet connecté basé sur l'ESP32 et le MAX30102, accompagné d'une application mobile pour la surveillance à distance des paramètres vitaux. Ce travail se concentre sur la pratique, visant à améliorer l'accessibilité et l'efficacité des soins de santé à distance. Cette solution offre de nouvelles perspectives pour l'avenir de la santé numérique, ouvrant la voie à une approche plus proactive et personnalisée des soins de santé.

Summary

This thesis explores remote monitoring and connected medical devices in the context of telemedicine. After examining the theoretical foundations of these areas, we present an innovative solution: a connected bracelet based on the ESP32 and the MAX30102, accompanied by a mobile application for remote monitoring of vital parameters. This work focuses on practice, aimed at improving the accessibility and efficiency of remote health care. This solution offers new perspectives for the future of digital health, paving the way for a more proactive and personalized approach to healthcare.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	III
Table des matières	IV
Listes des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Introduction générale	1
Chapitre1 : Généralité sur la a télésurveillance médicale	
1. Introduction	2
2. La télémédecine	2
2.1 La téléconsultation	2
2.2 La téléexpertise	3
2.3 La télésurveillance médicale	3
2.4 La téléassistance médicale	3
3. Qu'est ce que la télésurveillance ?	3
3.1 Définition	4
3.2 Pourquoi télé surveiller un patient ?	4
3.3 Les défis majeurs de la télésurveillance	4
3.3.1 Une question mondiale	4
3.3.2 Un enjeu technologique	5
3.4 La Télésurveillance : à qui concerne-t-il ?	5
3.4.1 Les maladies cardiaques chroniques	5

3.4.2 L'hypertension artérielle chronique	6
3.4.3 Le diabète	6
3.5 Avantages et Inconvénients de la télésurveillance médicale	6
3.5.1 Avantages	6
3.5.2 Inconvénients	7
4. Les Dispositifs Médicaux Connectés dans la télésurveillance	8
4.1 Les Objets Connectés	8
4.2 Les différents types des objets connectés	9
4.3 Bracelet Connecté	10
4.4 Exemple mondiale sur les bracelets médicaux connectés	10
4.4.1 Aktiia	10
4.4.2 Application Aktiia	10
4.4.3 Comment fonctionnent	10
4.4.5 Pourquoi la mesure de la pression artérielle en continu est-elle importante?	12
4.4.6 Avis d'un professionnel de santé	12
5. Les protocoles de communications	12
5.1 Wi-Fi	13
5.2 Bluetooth	14
5.3 Zigbee	14
6. Conclusion	14

Chapitre 2 : Réalisation d'un Bracelet Médical Connecté	
1. Introduction	16
2. Technique de mesure de la saturation en oxygène dans le sang SPO2 et le rythme cardiaque	16
3. L'application mobile	18
3.1 L'interface de l'application mobile	19
4. Hardware	19
4.1 Microcontrôleur ESP32	19
4.2 Capteur de mesure MAX30102	21
4.3 Afficheur OLED	23
5. Transmission sans fil Bluetooth	24
6. Outil de programmation	25
7. Architecture	27
7.1 Le circuit de notre système	27
7.2 Montage Final	27
7.3 Test de l'appareil	30
7.4 Résultats du Test	31
7.5 Limitations et Considérations Futures	31
8. Conclusion	31
Conclusion générale	32
Références	33

Liste des figures

Figure 1.1: Croissance du volume des objets connectés en santé (en millions).	9
Figure 1.2: pourcentage des objets connectés en santé achetés.	9
Figure 1.3: Le bracelet Aktiia et son application mobile.	11
Figure 1.4: Transmission de données via Wi-Fi sur de courtes distances.	13
Figure 2.1: Coefficient d'absorption.	17
Figure 2.2: Structures d'un détecteur de saturation en oxygène SpO2 par (a) transmittance et par (b) réflectance.	17
Figure 2.3: Le panneau principal de MIT App Inventor.	18
Figure 2.4: Les différentes interfaces de l'application.	19
Figure 2.5: ESP32 Wi-Fi & Bluetooth.	21
Figure 2.6: Module MAX30102.	22
Figure 2.7: MAX30102 pinout.	23
Figure 2.8: Display OLED.	24
Figure 2.9: Interface de l'environnement de développement arduino IDE.	26
Figure 2.10: Montage final du projet.	27
Figure 2.11: Partie du code en langage C implanté avec l'environnement Arduino IDE.	28
Figure 2.12: La partie correspondant à la connexion Bluetooth.	29
Figure 2.13 : Implementation du prototype.	30
Figure 2.14: Test & Résultats.	30

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Exemples d'objets connectés en santé/médecine.	9
Tableau 2.1 : Caractéristiques techniques du module MAX30102.	22
Tableau 2.2 : Port du capteur MAX3012.	23
Tableau 2.3 : Implémentation du système.	27

Introduction générale

Introduction générale

Dans un monde en constante évolution, les avancées technologiques transforment rapidement de nombreux aspects de notre vie quotidienne, y compris la manière dont nous abordons les soins de santé. Parmi ces avancées, la télémédecine émerge comme un domaine prometteur offrant de nouvelles possibilités pour améliorer l'accessibilité, l'efficacité et la qualité des soins de santé.

La télémédecine, définie comme l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour fournir des soins de santé à distance, englobe un large éventail de services, allant de la consultation médicale virtuelle à la surveillance à distance des patients. Au cœur de cette révolution se trouvent la télésurveillance et les dispositifs médicaux connectés, qui permettent aux patients de bénéficier d'un suivi continu de leur état de santé depuis le confort de leur domicile. Cette introduction marque le point de départ de notre exploration de la télésurveillance et des dispositifs médicaux connectés. Dans les pages qui suivent, nous plongerons dans les fondements théoriques de ces concepts, en examinant leur importance croissante dans le paysage actuel des soins de santé. Nous explorerons également les défis et les opportunités associés à la mise en œuvre de ces techniques, ainsi que les innovations récentes qui façonnent l'avenir de la télémédecine.

Enfin, nous présenterons notre propre contribution à ce domaine en développant une solution innovante pour la surveillance à distance des paramètres vitaux. En combinant l'expertise théorique avec une approche pratique, nous espérons apporter une contribution significative à l'amélioration des soins de santé à distance, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour l'avenir de la santé numérique.

Chapitre 1:

Généralités sur la télésurveillance médicale

1. Introduction

La télémédecine, un domaine en constante évolution, a révolutionné la prestation des soins de santé à travers le monde. Ce premier chapitre se propose d'explorer les fondements de la télémédecine, en se concentrant particulièrement sur la télésurveillance, un aspect crucial de ce domaine en pleine expansion. Nous commencerons par définir la télémédecine dans son ensemble, mettant en lumière ses différentes catégories telles que la téléconsultation, la téléexpertise, la télésurveillance et la téléassistance. Ensuite, nous plongerons dans le monde des objets connectés, un élément essentiel de la télésurveillance, en examinant divers dispositifs médicaux connectés disponibles sur le marché. Enfin, nous orienterons notre attention vers notre objectif principal : les bracelets médicaux connectés. Pour illustrer ces concepts, nous prendrons comme exemple un bracelet médical bien établi sur le marché, avant de nous tourner vers le prochain chapitre, où nous détaillerons notre propre solution innovante.

2. La télémédecine

La télémédecine est une forme de pratique médicale à distance utilisant les technologies de l'information et de la communication. Elle met en rapport un professionnel médical avec un ou plusieurs professionnels de santé, entre eux ou avec le patient et le cas échéant, d'autres professionnels apportant leurs soins au patient.

Elle permet d'établir un diagnostic, d'assurer, pour un patient à risque, un suivi à visée préventive ou un suivi post-thérapeutique, de requérir un avis spécialisé, de préparer une décision thérapeutique, de prescrire des produits, de prescrire ou de réaliser des prestations ou des actes, ou d'effectuer une surveillance de l'état des patients. La télémédecine a aujourd'hui trouvé de nombreux champs d'applications, et se décline en différents termes dont il est difficile de déterminer une typologie unanime. On présente finalement cinq catégories d'applications en télémédecine [1]:

2.1 La téléconsultation

La téléconsultation est une consultation à distance entre un professionnel médical (un médecin, une sage-femme, un chirurgien-dentiste) et son patient via l'utilisation des technologies de l'information et de la communication.

Elle peut bénéficier à tous les types de patients, quelle que soit leur âge ou leur pathologie ou leur lieu de résidence. C'est au professionnel médical d'évaluer la pertinence du recours à

cette pratique au regard de la situation clinique du patient, de la disponibilité des données de ce dernier ainsi que de sa capacité à communiquer à distance et à utiliser les outils informatiques. Le patient doit donner son consentement [2].

2.2 La téléexpertise

Cette technique de consultation permet à un médecin, appelé “médecin requérant”, de solliciter un confrère quant à lui appeler “médecin requis”, lors d’une intervention ou de l’établissement d’un diagnostic. Tout médecin peut recourir à la téléexpertise, peu importe sa spécialité, son secteur d’exercice ou encore sa localisation [3].

2.3 La télésurveillance médicale

Cette branche de la télémédecine part du patient. C’est-à-dire qu’il récupère lui-même ou à partir d’un dispositif dédié des données sur son état de santé. Ensuite, un médecin surveille et interprète à distance les données que le patient lui transmet, il peut décider ensuite d’une intervention, d’une prise en charge adaptée ou bien même de déléguer des actions à un autre professionnel de santé [3].

2.4 La téléassistance médicale

Il n’est pas rare que des médecins de spécialités différentes ou non se sollicitent pour se conseiller mutuellement. La téléassistance médicale vient simplifier ces échanges. En effet, un professionnel médical peut assister à distance un autre professionnel de santé lors de la réalisation d’un acte. La téléassistance peut également concerner des actes paramédicaux ou encore des actes de chirurgie. La téléassistance est cependant un domaine de la télémédecine encore jeune, qui se développe petit à petit, mais qui possède un avenir extrêmement prometteur [3].

3. Qu’est-ce que la télésurveillance ?

Les travaux de recherche effectués au cours de ce thème master se situent dans le cadre de la télésurveillance médicale des patients hospitalisés, qui représente une des dimensions de la télémédecine. Cette application prend en particulier en compte des éléments de télésurveillance en utilisant des capteurs permettant d’évaluer l’état de santé de la personne sont évidemment ses données physiologiques.

3.1 Définition

La télésurveillance permet à un professionnel médical d'interpréter à distance, grâce à l'utilisation d'un dispositif médical numérique, les données de santé du patient recueillies sur son lieu de vie et de prendre des décisions relatives à sa prise en charge.

Elle peut déjà être mise en place pour tout patient dont la prise en charge nécessite une période de suivi médical : elle est particulièrement adaptée aux personnes à risque d'hospitalisation ou de complication de leur maladie (pathologies chroniques, sortie d'hospitalisation, etc.) [4].

3.2 Pourquoi télésurveiller un patient ?

La télésurveillance contribue à stabiliser la maladie, voire à améliorer l'état de santé par le suivi régulier d'un professionnel médical. En effet, celui-ci est alerté si nécessaire par les données de santé recueillies sur le lieu de vie de son patient, ce qui lui permet d'adapter la prise en charge au plus tôt et de mieux suivre l'évolution de la maladie. Par ailleurs, la télésurveillance renforce la coordination des différents professionnels de santé autour du patient et vise l'amélioration de la qualité de vie par la prévention des complications et une prise en charge au plus près du lieu de vie [4].

3.3 Les défis majeurs de la télésurveillance

3.3.1 Une question mondiale

La croissance de la population mondiale atteinte de maladies chroniques du vieillissement ne cesse de progresser. Il y aura sur la planète en 2030 plus d'un milliard de personnes âgées de 65 ans et plus. Le besoin en technologies informatiques et logiciels construits par des algorithmes pour surveiller et aider les patients à leur domicile n'est pas discuté. Le but de ces technologies de télésuivi est de stabiliser la maladie chronique, prévenir les complications graves qui entraînent des hospitalisations coûteuses et permettre à la population âgée d'avoir une vie sociale de qualité et indépendante le plus longtemps possible. Le spectre d'une catastrophe sanitaire qui serait liée à un développement non maîtrisé de la demande de soins des patients atteints de maladies chroniques ne peut être écarté. On entend par « désastre » ou « catastrophe » un événement calamiteux qui perturbe sérieusement le fonctionnement d'une société ou d'une communauté avec des pertes humaines, économiques, matérielles ou enviro-

nnementales auxquelles la société ou la communauté est incapable de faire face, cette catastrophe touchant particulièrement les personnes les plus vulnérables.

Une pandémie virale comme celle de la covid 19 illustre ce que peut être une catastrophe sanitaire avec ses conséquences humaines et économiques. Le non contrôle du développement des maladies chroniques et de leur prise en charge pourrait conduire à ce même type de catastrophe sanitaire qui se traduirait par une incapacité des systèmes de santé à absorber la demande de soins [5].

3.3.2 Un enjeu technologique

L'implantation efficace d'un programme de télésurveillance dépend largement de la stratégie adoptée, mais le choix de la technologie utilisée revêt une importance capitale. Les critères de sélection doivent inclure la performance, la convivialité de l'outil, le support technique de qualité, et la capacité à répondre promptement aux besoins et préférences des utilisateurs. En l'absence de ces éléments, le risque de démotivation pourrait sérieusement compromettre le succès du programme. La diversité des technologies disponibles rend le choix complexe et crucial, étant donné l'évolution constante des technologies de l'information. Ce choix doit être éclairé, car une technologie adaptée aux personnes âgées peut ne pas répondre aux besoins des adolescents ou des parents avec de jeunes enfants. Une fois la technologie sélectionnée, un soutien technique est nécessaire pour faciliter la transition technologique et transférer l'expertise aux équipes techniques internes [6].

3.4 La Télésurveillance : à qui concerne-t-il ?

3.4.1 Les maladies cardiaques chroniques

Les maladies cardiaques, notamment les troubles du rythme et les maladies cardiovasculaires, représentent une part significative de la morbidité et de la mortalité dans le monde. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les maladies cardiaques sont la principale cause de décès à l'échelle mondiale. La télésurveillance du rythme cardiaque, grâce à des dispositifs médicaux connectés et des algorithmes d'intelligence artificielle, offre la possibilité de détecter précocement les signes de complications et de fournir un suivi continu aux patients à risque élevé. Des études récentes ont montré l'efficacité de cette approche pour réduire les complications et améliorer la qualité de vie des patients atteints de maladies cardiaques chroniques [7].

3.4.2 L'hypertension artérielle chronique

La télésurveillance médicale de l'hypertension artérielle est essentielle pour prévenir de nombreuses maladies cardio-vasculaires. Une revue systématique et méta-analyse récente a examiné l'efficacité de la télésurveillance chez les patients hypertendus. Les résultats ont montré que la télésurveillance était associée à une détection précoce des variations de la pression artérielle, permettant ainsi une optimisation du traitement personnalisé pour chaque individu. De plus, elle a permis de réduire les complications cardiovasculaires potentielles tout en améliorant l'observance thérapeutique des patients. Ces conclusions soulignent l'importance de la télésurveillance dans la gestion efficace de l'hypertension artérielle chronique [8].

3.4.3 Le diabète

La télésurveillance médicale offre un potentiel considérable pour améliorer la gestion du diabète chez les patients. Avec la prévalence croissante du diabète à l'échelle mondiale, il devient essentiel d'adopter des approches innovantes pour surveiller et gérer cette maladie chronique. La télésurveillance permet une surveillance régulière des niveaux de glucose sanguin, ce qui aide à détecter les variations et les tendances à long terme. Cela permet également aux médecins d'ajuster plus rapidement les plans de traitement et d'éducation des patients, favorisant ainsi un meilleur contrôle de la maladie et la prévention des complications. En outre, la télésurveillance peut encourager une meilleure observance thérapeutique en fournissant un soutien continu et personnalisé aux patients dans la gestion de leur diabète au quotidien [8] .

3.5 Avantages et Inconvénients de la télésurveillance médicale

3.5.1 Avantages

1. Amélioration de l'accès aux soins

La télésurveillance médicale joue un rôle crucial dans l'amélioration de l'accès aux soins de santé, particulièrement dans le cas des populations isolées (zones rurales, détenus...) ou à mobilité réduite (personnes handicapées, vieillesse...) en permettant aux patients de recevoir des soins sans se déplacer, la télésurveillance réduit les obstacles géographiques et physiques, assurant ainsi une couverture médicale plus étendue et inclusive. En outre, elle contribue à

diminuer les délais d'obtention d'une consultation, rendant ainsi les soins à la fois plus rapides et plus efficaces [5].

2. Optimisation de la gestion des maladies chroniques

Particulièrement bénéfique dans le suivi des maladies chroniques, la télésurveillance, fournissant un suivi régulier et personnalisé, permet une gestion proactive de la santé des patients. Le monitoring des patients inclut la surveillance continue de paramètres vitaux (comme le pouls, le taux d'oxygène...), la prévention des complications et une prise en charge rapide en cas de dégradation de l'état de santé. Cette approche, qui améliore significativement la qualité de vie des patients, a le pouvoir de réduire les hospitalisations et les séjours aux urgences [5].

3. Efficacité économique

L'un des avantages les plus notables de la télésurveillance est sa contribution à l'efficacité économique dans le secteur de la santé. En réduisant le besoin de déplacements physiques et en limitant les hospitalisations, elle permet de diminuer les coûts pour les patients et les systèmes de santé. Cette efficacité économique s'étend également à une meilleure allocation des ressources, optimisant l'usage du personnel et des infrastructures de santé [5].

4. Contribution à l'éducation et à l'autonomie des patients

La télésurveillance médicale favorise également l'éducation et l'autonomie des patients : activement impliqués dans leur propre suivi thérapeutique, les patients acquièrent une meilleure compréhension de leur condition et sont responsabilisés dans la gestion de leur santé. Pour promouvoir des habitudes de vie saines et pour prévenir les maladies, cette autonomisation s'avère essentielle [5].

3.5.2 Inconvénients

1. Le problème de la confidentialité et de la sécurité des données

Parmi les principaux défis de la télésurveillance médicale, on compte la protection des données personnelles de santé. En effet, transfert et stockage de données sensibles sur des plateformes numériques exposent à des risques de violation de la confidentialité [5].

Face à de cruciaux enjeux de cybersécurité (menace croissante des cybers attaques, du phishing et du rançonnement d'hôpitaux et autres lieux médicaux), la mise en place de systèmes robustes pour sécuriser les données et garantir la confidentialité des informations des patients semble vitale [5].

2. Limites technologiques et d'accessibilité

La dépendance à l'équipement technologique et à une connexion internet stable peut être un obstacle majeur, tout spécialement dans les zones rurales ou en ce qui concerne les populations défavorisées. Cette situation peut entraîner une situation d'exclusion digitale : certains patients se retrouvent incapables de bénéficier de la télésurveillance à cause de leur manque d'accès à la technologie nécessaire ou de leur incompetence quant à l'utiliser efficacement [5].

4. Les Dispositifs Médicaux Connectés dans la télésurveillance

En premier lieu, il est nécessaire de comprendre ce qui distingue un objet connecté d'un Dispositifs Médicaux Connectés (DMC).

4.1 Les Objets Connectés

Le terme "objet connecté" désigne un objet qui utilise un réseau informatique pour communiquer, tel qu'Internet via le Wi-Fi, le Bluetooth ou une puce électronique de télécommunication. Les objets connectés liés à la santé sont équipés de capteurs en plus des fonctionnalités mentionnées. Ces capteurs mesurent diverses données telles que l'activité physique et la fréquence cardiaque. Les données sont ensuite stockées dans un serveur, où un programme informatique les analyse pour informer ou alerter la personne concernée, qu'il s'agisse d'un patient ou d'un professionnel de santé. Les résultats de l'analyse peuvent être présentés sous forme de courbes de suivi ou de scores [9] .

Les objets connectés peuvent permettre une auto suivie automatisée donc sans intervention du patient, ce qui peut être très utile par exemple en cardiologie ou en diabétologie (Tableau 1.1).

Spécialité	Objet connecté	Utilité
Cardiologie	Withings Body Cardio : balance mesurant l'« onde de pouls » [11]	Estimation de l'état de santé cardiovasculaire (rigidité artérielle)
Diabétologie	Glucomètre sans rupture vasculaire mesurant la glycémie toutes les 5 minutes. [12]	Surveillance quasi-continue de la glycémie et alerte en cas de dépassement de seuils
Rhumatologie et grand public	Withings Activité Pop, autres traceurs d'activité physique Mesure de l'activité physique.	Mesure de l'activité physique
Grand public	Withings Aura, Fitbit Aria.	Qualité et quantité du sommeil
Grand public/médecine Interne	SHADE https://www.wearshade.com/how-it-works	Exposition solaire (UV) pour Les patients atteints de Lupus

Tableau 1.1: Exemples d'objets connectés en santé/médecine [10].

4.2 Les différents types des objets connectés

Au fil des années, les objets connectés dans le domaine de la santé connaissent une expansion significative, comme le montre la figure 1.2 à gauche. En effet, ils représentent environ 40 % de l'investissement total dans le secteur des objets connectés. Depuis 2020, leur croissance annuelle est estimée à 24,8 %. En examinant les différents types d'objets connectés achetés, on constate que les tensiomètres et les bracelets connectés sont les appareils les plus populaires, comme le montre la figure 1.1 à droite.



Figure 1.1: Croissance du volume des objets connectés en santé (en millions) [13].

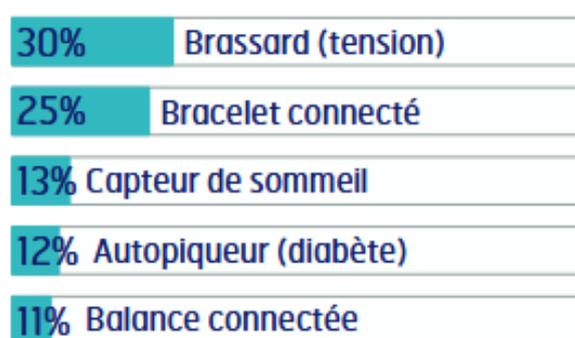


Figure 1.2 : pourcentage des objets connectés en santé achetés [13].

4.3 Bracelet Connecté

Un bracelet d'activité ou bracelet connecté, aussi appelé traqueur d'activité, est un accessoire vestimentaire couplé à une application qui suit et mesure les signaux liés à une activité physique : distance parcourue en marchant ou en courant, nombre de pas effectués dans une journée, calories dépensées, et pour certains, rythme cardiaque et qualité du sommeil. Dans la plupart des cas, ces appareils se synchronisent avec un smartphone par liaison sans fil.

4.4 Exemple mondial sur les bracelets médicaux connectés

4.4.1 Aktiia

Un bracelet connecté de surveillance en continu de l'hypertension, La société suisse Aktiia commercialise en France un bracelet connecté disposant d'un système de surveillance optique de la pression artérielle 24/7.

4.4.2 Application Aktiia

L'application AKtia dédiée à la pression artérielle propose une analyse continue de votre pression artérielle, disponible 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Elle vous permet de suivre votre santé de manière proactive. Associée à notre bracelet tensiomètre, cette application fournit des données précieuses pour surveiller votre pression artérielle et collaborer efficacement avec votre professionnel de santé dans la gestion de votre santé cardiovasculaire [14].

4.4.3 Comment fonctionnent

1. Capteur de photopléthysmographie

Le bracelet Aktiia diffuse une lumière verte pour analyser la pulsation des artères situées sous la surface de la peau. Il s'agit du même principe de détection que la plupart des autres cardiofréquencemètres optiques au poignet [15].

2. Signal optique

Aktiia va plus loin qu'un cardiofréquencemètre : au lieu de compter les pulsations, nous examinons leur forme [15].

3. Algorithme de suivi optique de la pression artérielle

La forme des pulsations des artères de votre peau contient des informations sur votre tension réelle [15].

4. Pression Artérielle

Malheureusement, ces informations sont obscurcies par du “bruit”. Après 15 ans de recherche et de validation, Aktiia est capable d’extraire et d’isoler ces informations pour vous fournir des mesures de pression artérielle précises, 24 heures sur 24 [15].

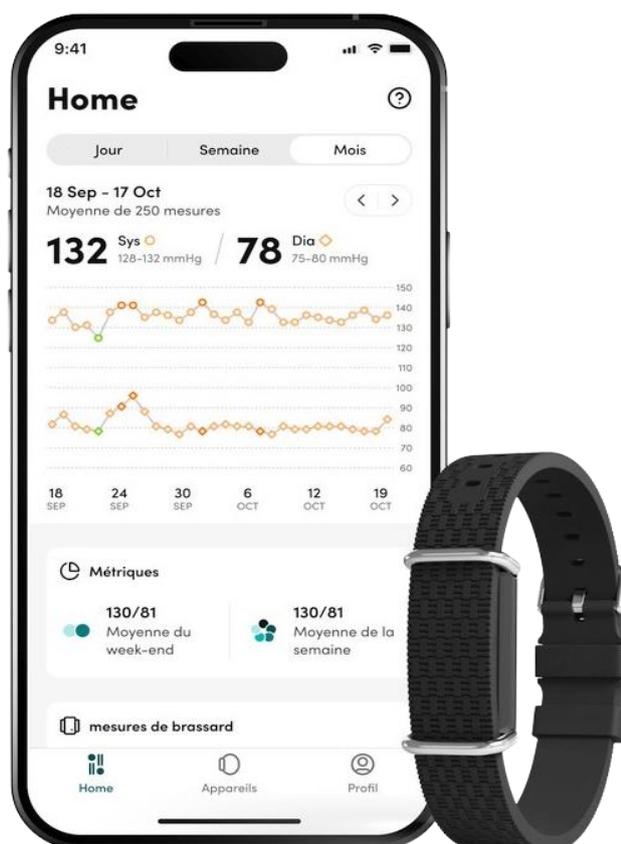


Figure 1.3: Le bracelet Aktiia et son application mobile [14].

4.4.5 Pourquoi la mesure de la pression artérielle en continu est-elle importante ?

Des décennies de recherche clinique confirment l'importance de :

- Mesures plus fréquentes et plus précises de la tension à domicile.
- Mesure de la pression artérielle nocturne pour évaluer le risque cardiovasculaire.
- L'ajustement du traitement en fonction des variations de la pression artérielle.
- L'impact des changements de mode de vie comme le régime alimentaire, l'exercice physique ou la méditation sur le contrôle de la tension [15].

4.4.6 Avis d'un professionnel de santé

En tant que chercheur principal de l'essai clinique central d'Aktiia, je suis satisfait des résultats de notre étude, qui démontrent la précision de la solution Aktiia et son utilité pour le suivi quotidien de la tension artérielle par les patients et les médecins. Les implications potentielles de la solution Aktiia pourraient avoir un impact significatif sur la gestion de l'hypertension [16].

5. Les protocoles de communications

Technologies de communication telles que Bluetooth, Wi-Fi et cellulaire les réseaux sont essentiels pour permettre le transfert de données entre les appareils IoT et de soins de santé. Ces technologies aident à réseau de communication en temps réel entre les patients, les fournisseurs de soins de santé et l'équipement médical. Les technologies de communication telles que le Bluetooth, le Wi-Fi et les réseaux cellulaires sont essentielles à l'intégration transparente des appareils IoT dans les soins de santé. Le Bluetooth permet des connexions de proximité, de faibles puissances, parfaites pour les gadgets de santé portables, permettant la surveillance en temps réel et la transmission de données aux smartphones des patients [17]. Le Wi-Fi facilite le partage efficace des données au sein des établissements de soins de santé, permettant le transfert de dossiers médicaux électroniques et d'images médicales. Les réseaux cellulaires [18], dont 4 G et 5 G, offrent une large couverture pour la surveillance à distance des patients et la télémédecine, garantissant aux fournisseurs de soins de santé l'accès aux données vitales des patients, quel que soit leur emplacement. Ensemble, ces technologies forment un réseau dynamique qui appuie la communication en temps réel, favorise la prise de

décisions en temps opportun et améliore les soins aux patients. Cependant, la sécurité et la confidentialité des données restent des considérations primordiales dans leur mise en œuvre.

Il existe plusieurs types de technologies de communication IoT qui sont couramment utilisés dans les soins de santé, notamment :

5.1 Wi-Fi

La connectivité Internet sans fil est couramment utilisée pour connecter des appareils IoT à Internet et permettre la transmission de données sur de courtes distances, comme le montre la figure 1.4. Elle a été présentée pour la première fois en 1997 [19] et est depuis devenue l'une des technologies de communication sans fil les plus utilisées, fournir une connectivité fiable et rapide à des milliards d'appareils dans le monde [20]. Cette technologie fonctionne selon la norme IEEE 802.11 [21], qui fournit les spécifications techniques pour les réseaux locaux sans fil (WLAN). Le Wi-Fi permet à plusieurs appareils de se connecter et communiquer entre eux. Ces dernières années, la technologie Wi-Fi a continué d'évoluer, avec l'introduction de nouvelles normes telles que Wi-Fi 6 et Wi-Fi 6E [22].

Ces normes offrent des vitesses plus rapides, une sécurité corrigée et une capacité accrue, permettant l'avancement de nouvelles applications et services qui nécessitent une connectivité haute vitesse et une faible latence. Alors que le Wi-Fi continue de se développer et de s'améliorer, il devrait jouer un rôle de plus en plus important dans l'industrie médicale et d'autres secteurs qui nécessitent une connectivité sans fil fiable et rapide [23] [17].

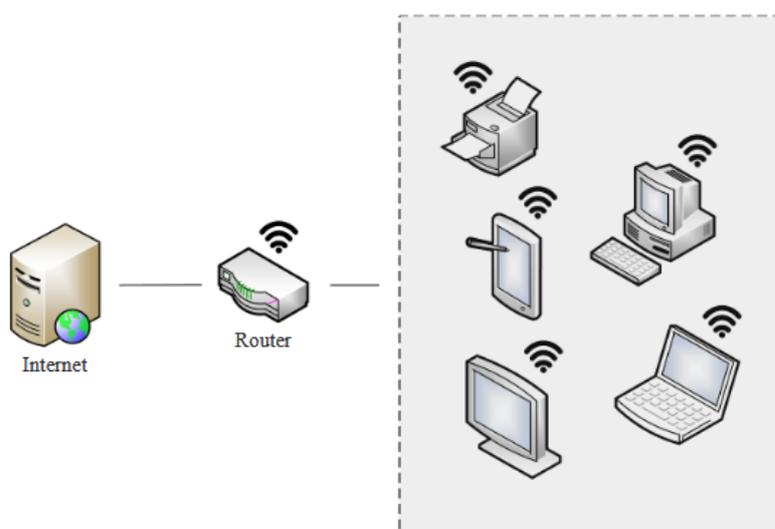


Figure1.4 : Transmission de données via Wi-Fi sur de courtes distances [17].

5.2 Bluetooth

Le nom "Bluetooth" a été inspiré par Harald Bluetooth, un roi viking qui a unifié le Danemark et la Norvège au 10ème siècle. Le nom symbolise l'idée d'unir différents appareils grâce à la communication sans fil. Développée par la société de télécommunications suédoise Ericsson en 1994, cette technologie de communication sans fil est souvent utilisée pour connecter des appareils IoT et des smartphones ou d'autres appareils mobiles. La technologie Bluetooth utilise le spectre de propagation à saut de fréquence (FHSS) [24] pour éviter les interférences provenant d'autres appareils sans fil fonctionnant dans la même plage de fréquences. La technologie fonctionne dans les bandes de fréquences industrielles, scientifiques et médicales non autorisées, généralement dans range of 2.4–2.4835 GHz [25] [17].

5.3 Zigbee

Zigbee est un protocole de communication sans fil de faible puissance normalement utilisé pour les applications IoT à faible débit de données et longue durée de vie de la batterie, telles que des dispositifs de surveillance à distance des patients. Zigbee a été développé au 21ème siècle [26], et la première version de la norme a été publiée en 2004 [27]. Zigbee utilise une topologie de réseau maillé. Ses caractéristiques incluent une faible consommation d'énergie, un soutien pour la maille le réseautage, l'accent mis sur les faibles débits de données et une approche rentable. Il s'agit connu pour sa capacité à permettre aux appareils de communiquer sans fil économiser l'énergie, ce qui la rend bien adaptée à l'IoT vices. Ceci est réalisé grâce à l'utilisation de modes de sommeil, dans lesquels les appareils peuvent éteindre leurs radios et consommer très peu d'énergie lorsqu'ils ne sont pas envoyer ou recevoir activement des données. Zigbee utilise également un évitement de collision technique appelée CSMA-CA pour réduire la probabilité de collisions de données [28] [17].

Conclusion

En conclusion, ce premier chapitre nous a permis de jeter les bases nécessaires à la compréhension de la télémédecine, en mettant particulièrement l'accent sur la télésurveillance et les dispositifs médicaux connectés. Nous avons exploré les différentes facettes de la téléconsultation, de la téléexpertise, de la télésurveillance et de la téléassistance, soulignant l'importance croissante de ces technologies dans la prestation des soins de santé à distance. En examinant de près les objets connectés et en présentant un exemple concret de bracelet médical, nous avons posé les jalons de notre projet.

Quant à notre propre projet, la conception d'un bracelet médical connecté visant à mesurer deux paramètres vitaux essentiels, la fréquence cardiaque et la saturation en oxygène dans le sang, a été le fruit d'une réflexion approfondie sur les besoins des patients et les avancées technologiques dans le domaine de la télémédecine. Le choix de ces deux paramètres s'est imposé comme une priorité, étant donné leur importance capitale dans le suivi médical et la surveillance des patients, qu'ils soient en milieu hospitalier ou chez eux. De plus, le protocole Bluetooth a été sélectionné pour assurer une communication efficace et économe en énergie entre le bracelet et l'application mobile, garantissant ainsi une expérience utilisateur fluide et fiable.

Dans le prochain chapitre, nous irons plus loin en décrivant en détail notre propre bracelet médical connecté et son application mobile associée. Notre objectif est de proposer une solution innovante qui contribue à l'avancement de la télésurveillance et à l'amélioration des soins de santé pour tous, en offrant une surveillance précise et continue des paramètres vitaux, tout en favorisant l'autonomie des individus dans la gestion de leur santé.

Chapitre 2:

***Mesure de la saturation
en oxygène dans le sang
et le rythme cardiaque***

1. Introduction

Après avoir exploré les fondements de la télésurveillance et les dispositifs médicaux connectés dans le premier chapitre, nous passons maintenant à la mise en pratique de ces concepts. Ce deuxième chapitre se concentre sur la création et l'implémentation d'une solution innovante dans le domaine des bracelets médicaux connectés. Notre objectif est de concevoir un bracelet médical basé sur le microcontrôleur ESP32 et le capteur Max 30102, accompagné d'une application mobile dédiée. Cette démarche s'inscrit dans une perspective d'amélioration continue des soins de santé à distance, en offrant une surveillance précise et continue des paramètres vitaux, tout en garantissant une expérience utilisateur optimale. Dans ce chapitre, nous introduirons le concept de saturation en oxygène et présenterons notre application mobile conçue pour afficher les paramètres mesurés. Nous procéderons à une analyse approfondie de la carte ESP32, de l'affichage OLED et du capteur MAX30102, en expliquant comment ils fonctionnent et comment ils sont intégrés dans notre système de mesure. Enfin, nous discuterons des résultats que nous avons obtenus avec cette configuration.

2. Technique de mesure de la saturation en oxygène dans le sang SPO2 et le rythme cardiaque

Les appareils de mesure fonctionnent selon deux principes :

- La spectrophotométrie, qui mesure l'absorption de la lumière à travers les substances, à certaines longueurs d'ondes.
- La pléthysmographie, qui utilise l'absorption des ondes lumineuses pour reproduire les ondes émises par le sang pulsatif. La technique de base pour la SpO2 utilise deux longueurs d'ondes (figure 30) : l'une dans le Rouge (640 à 660 nm) absorbée préférentiellement par l'hémoglobine réduite Hb, l'autre dans l'Infrarouge (900 à 950 nm) absorbée préférentiellement par l'oxyhémoglobine HbO2.

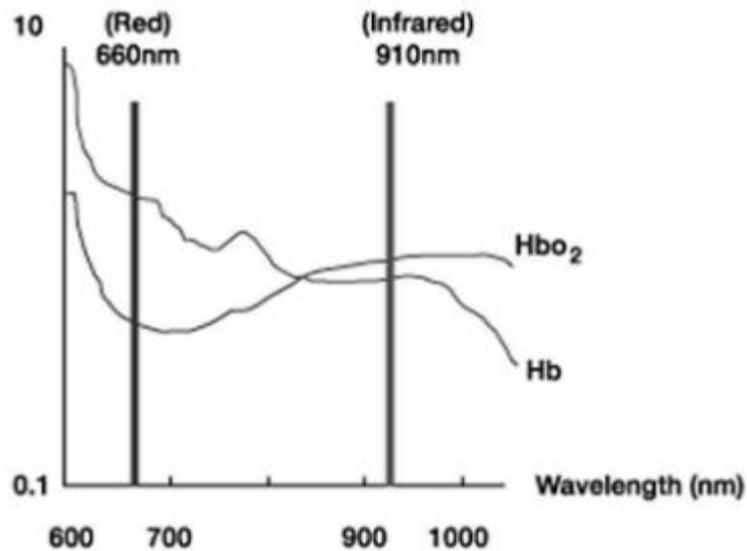


Figure 2.1: Coefficient d'absorption. [29]

Le principe de l'oxymétrie pulsée est ainsi fondé sur la loi de Beer Lambert qui définit la densité optique d'une substance et son spectre d'absorption de lumière : l'hémoglobine et l'oxyhémoglobine absorbent différemment les lumières rouge et infrarouge, il existe alors une relation entre la saturation artérielle en oxygène et les densités optiques mesurées. Les oxymètres standards (figure 2.2) sont constitués de diodes émettant deux ondes lumineuses, rouge et infrarouges émises à travers les tissus perfusés, et recueillies par un détecteur. Chaque pulsation cardiaque induit un flux de sang, détecté par une brève diminution pulsation cardiaque induite un flux de sang, détecté par une brève diminution de la quantité totale de lumière détectée. La saturation en oxygène (SpO₂), correspondant de manière standardisée à une saturation fonctionnelle, est alors considérée comme le reflet de la saturation artérielle en oxygène (SaO₂), suite à des calculs à partir de la modulation d'absorption des signaux rouge et infrarouge. Les valeurs considérées comme normales se situent dans une fourchette 95-100%. [29]

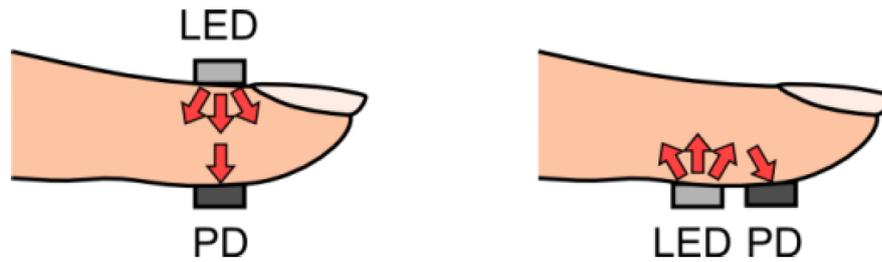


Figure 2.2: Structures d'un détecteur de saturation en oxygène SpO₂ par (a) transmittance et par (b) réflectance. [30]

3. L'application mobile

Nous avons utilisé la plateforme APP Inventor pour créer notre application mobile, son rôle est de nous permet de visualiser les données fournies par le système de transmission à travers une connexion Bluetooth (**BLE**). Le panneau principal de la plateforme illustré à la figure 1 contient les boutons et les signets les plus importants :

- 1- Boutons de commande, Barre avec Save, Save As, Checkpoint, Add Screen, Delete Screen, Open Block éditeur.
- 2- boîte à outils. Ici, on peut choisir les éléments à utiliser dans le projet, puis les faire glisser à l'écran de prévisualisation. Il est divisé en plusieurs groupes d'éléments (base, médias, animation, social, capteur, disposition de l'écran, LEGO MINDSTORMS, autre).
- 3 - Écran d'aperçu de l'application.
- 4- Concepteur de blocs, on peut changer leur nom (identificateur) ou supprimer les boutons en bas.
- 5- Écran Propriétés. Il est utilisé pour personnaliser l'apparence des éléments sélectionnés.
- 6- Gestion des médias. Cet onglet permet de gérer le contenu multimédia dans l'application (téléchargement d'images, de musique, de films).

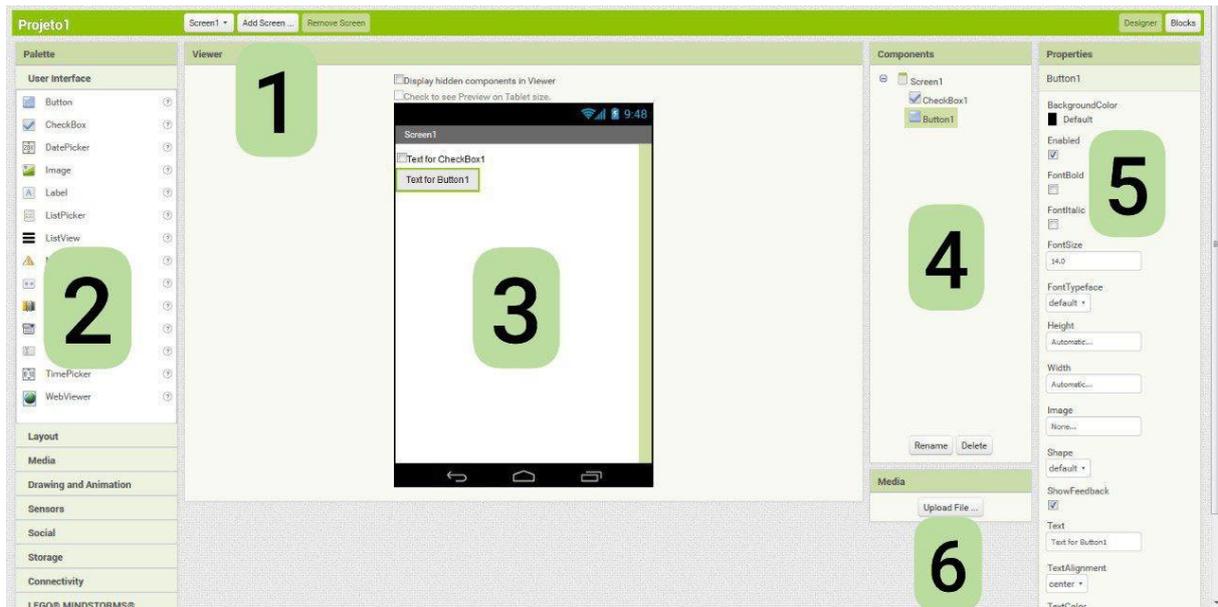


Figure 2.3: Le panneau principal de MIT App Inventor.

3.1 L'interface de l'application mobile

Les différentes interfaces de l'application sont présentées sur la Figure suivante.

Nous avons de la gauche vers la droite, en premier l'interface d'accueil qui permet de rechercher les appareils Bluetooth, ensuite l'interface qui affiche les différents appareils Bluetooth à proximité, puis l'interface de suivi du rythme cardiaque et de la saturation en oxygène dans le sang de l'appareil sélectionné.

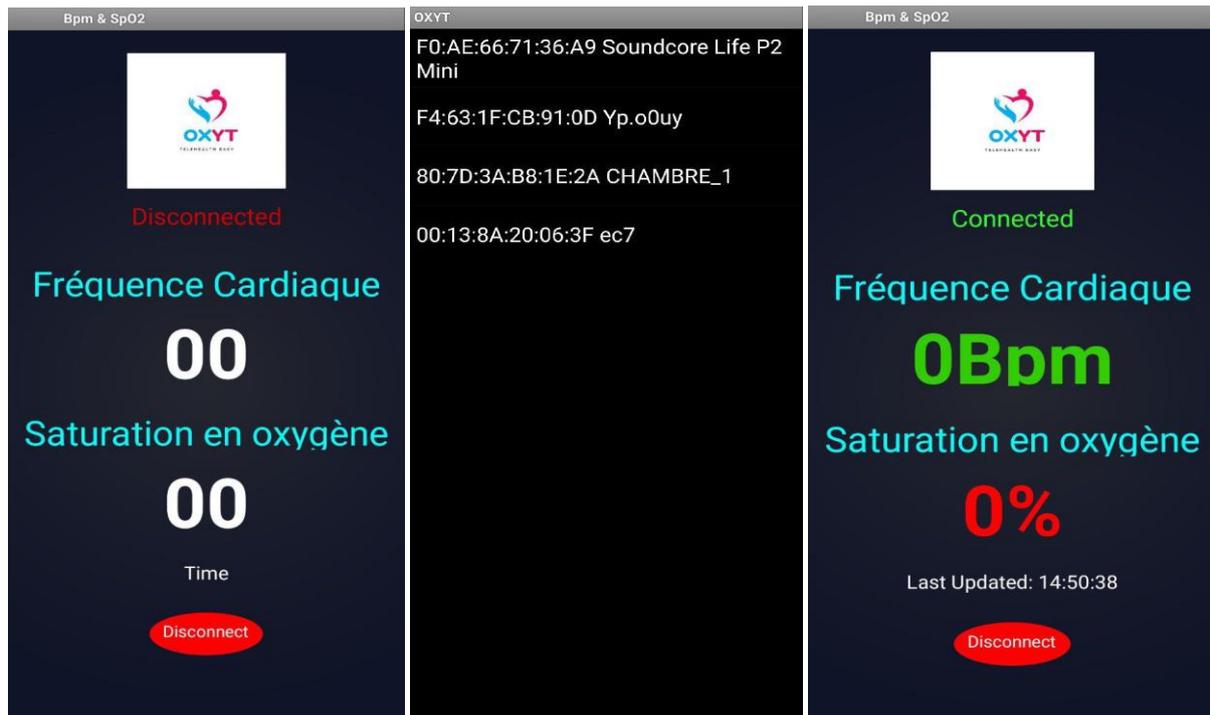


Figure 2.4: Les différentes interfaces de l'application.

4. Hardware

4.1 Le microcontrôleur ESP32

ESP32 est une plateforme puissante et économique pour le développement d'applications IoT, elle est développée par la société Espressif Systems (Shanghai, Chine), offre une combinaison puissante de fonctionnalités et de capacités pour les applications IoT. L'ESP32 possède les caractéristiques suivantes : (1) un processeur dual-core, (2) une connectivité Wi-Fi et Bluetooth intégrée, (3) un grand nombre de broches d'entrée / sortie polyvalentes (GPIO) et (4) une faible consommation d'énergie. L'ESP32 est équipé d'un microprocesseur Xtensa LX6 à double cœur Tensilica (Santa Clara, Californie, États-Unis), qui fournit une puissance de traitement plus élevée et facilite l'exécution multitâche et efficace de tâches complexes. ESP32 dispose d'interfaces Wi-Fi et Bluetooth intégrées qui simplifient la connexion et la communication avec d'autres appareils ou réseaux. Il prend en charge divers protocoles Wi-Fi, tels que 802.11 b/g/n, et offre des options de connectivité Bluetooth Classic et Bluetooth Low Energy (BLE). L'ESP32 fournit de nombreuses broches GPIO qui facilitent la connexion et le contrôle des appareils externes et des capteurs. Ces broches prennent en charge une variété d'interfaces, y compris SPI, I2C, UART et PWM. L'ESP32 est conçu pour être économe en énergie, permettant ainsi le développement d'applications IoT économes en

énergie. Il offre des modes de sommeil et des fonctionnalités de gestion de l'alimentation qui aident à réduire la consommation d'énergie, ce qui le rend adapté aux projets alimentés par batterie ou à énergie limitée. ESP32 peut être connecté à des écrans, écrans tactiles ou indicateurs LED pour fournir aux opérateurs ou au personnel une interface conviviale.

L'ESP32 peut être programmé à l'aide de différents frameworks et langages de développement.

Le langage de programmation le plus couramment utilisé est C++, et il peut être programmé en utilisant l'IDE Arduino ou PlatformIO. En outre, l'ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) fournit un ensemble complet de bibliothèques et d'outils spécifiquement pour le développement ESP32.

Plusieurs modules sur le marché sont basés sur la puce ESP32. Certains modules sont équipés de capteurs intégrés, ce qui simplifie l'intégration de ces capacités de détection dans les projets IoT.

Nous avons décidé d'utiliser le TTGO T8 du module LilyGO (Figure 1), car c'est l'un des rares modèles sur le marché qui permet à l'utilisateur de connecter une carte SD. En conséquence, le module convient aux applications impliquant l'enregistrement de données. Le module comprend une connexion micro-USB qui peut être utilisée pour la programmation ou l'alimentation. De plus, le module comprend les caractéristiques suivantes :

- processeur : ESP32 (double cœur 24 MHz);
- mémoire flash : 4 Mo;
- Connecteur de carte microSD intégré
- PSRAM (mémoire pseudo-statique à accès aléatoire) : 8 Mo;
- Wi-Fi intégré, Bluetooth, convertisseur USB vers série (CP2104 ou CH9102F);
- Circuit de charge de la batterie Li-ion/Li-Po intégré : puce TP4054. [31]



Figure 2.5: ESP32 Wi-Fi & Bluetooth SoC.

4.2 Le capteur de mesure MAX30102

Le capteur MAX30102 représente un module biocapteur intégré, combinant les fonctionnalités d'un oxymètre de pouls et d'un moniteur de fréquence cardiaque et de saturation en oxygène (SpO₂). Il est équipé d'une LED rouge et d'une LED infrarouge, d'un photodétecteur, d'un dispositif optique, ainsi que d'un circuit électronique à faible bruit, incluant une suppression de la lumière ambiante.

Le MAX30102 nécessite une alimentation de 18V et une alimentation distincte de 50V pour ses LED internes. Pour la transmission des données collectées, il utilise une interface de communication standard compatible I2C, permettant le transfert des valeurs mesurées vers les microcontrôleurs pour le calcul de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène. Les caractéristiques techniques détaillées sont présentées dans le tableau suivant :

Module MAX30102

Dimension	5,6 mm x 3,3 mm x 1,55 mm
Alimentation	3.3V à 5.5V
Plage de température	-40°C à +85°C
Courants	0.7 μ A (en mode veille), 600 μ A (pendant les mesures)
Longueur d'onde DEL IR	880 nm
Longueur d'onde DEL rouge	660 nm

Tableau 2.1 : Caractéristiques techniques du module MAX30102.

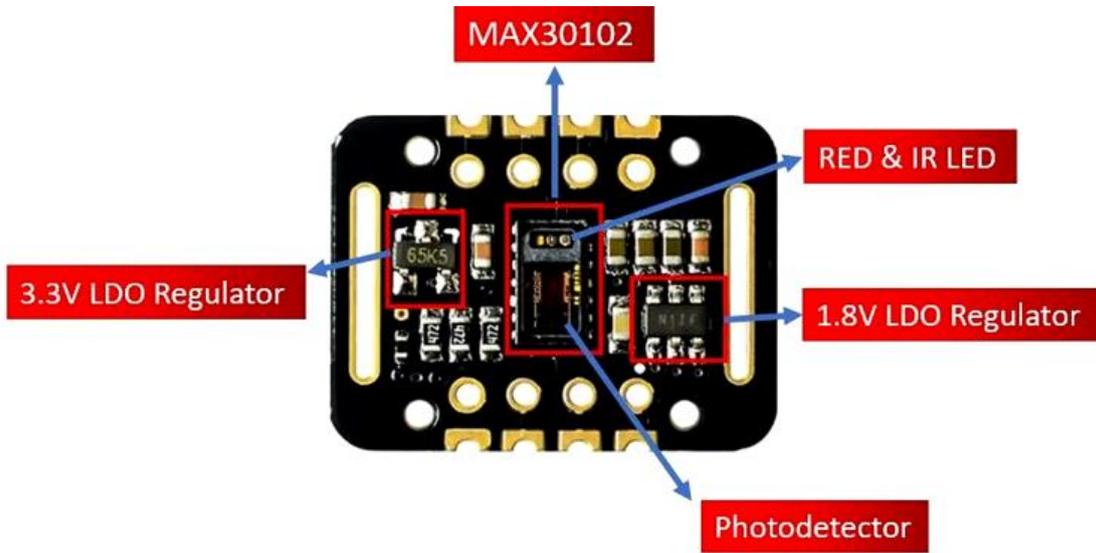


Figure 2.6: Module MAX30102. [32]

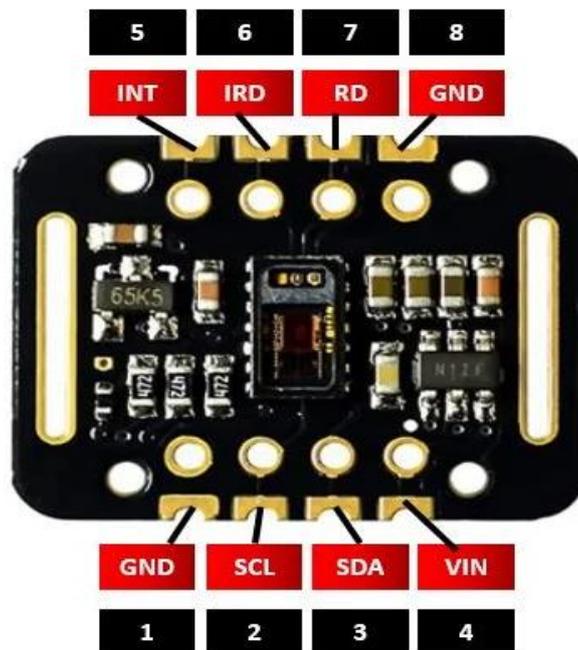


Figure 2.7: MAX30102 pinout. [32]

Pin	Description
VIN	This pin is used to supply power to the sensor. This sensor is powered on at 3.3-5V.
SCL	This is the I2C serial clock pin.
SDA	This is the I2C serial data pin.
INT	This is the active low interrupt pin. It is pulled HIGH by the onboard resistor but when an interrupt occurs it goes LOW until the interrupt clears.
IRD	IR LED Cathode and LED Driver Connection Point
RD	Red LED Cathode and LED Driver Connection Point
GND	This is used for supplying ground to this sensor and it is connected to the source ground pin.

Tableau 2.2 : Port du capteur MAX3012.

4.3 Afficheur OLED

L'écran OLED comporte un afficheur graphique ayant une diagonale de 3,3 cm pour une résolution de 128 X 64 pixels. Cet écran monochrome piloté par un circuit intégré SSD1306 permet d'afficher du texte, de dessiner des formes (traits, rectangles, cercles) et des images au format bitmap.

Ce module fonctionnant sous 3,3 à 5V, communique grâce à une liaison I2C et peut être programmé facilement par des fonctions contenues dans les bibliothèques Adafruit_SSD1306.

Image2cpp, convertit les images au format bmp en une chaîne de caractères exploitables par le programme Arduino. Cet utilitaire permet de :

- modifier la taille en pixel de l'image d'origine
- ajuster le niveau de luminosité des pixels
- inverser le fond d'écran (blanc ou noir)
- de centrer horizontalement et/ou verticalement l'image
- générer le code Arduino

Image2cpp est compatible avec toutes sortes d'afficheurs quelque soit leur résolution.

Les principales fonctions des deux bibliothèques sont :

Adafruit_SSD1306 afficheur(OLED_RESET) permet d'initialiser l'objet afficheur, OLED_RESET étant la broche de reset du driver SSD1306.

- **display()** actualise l'affichage après l'envoi des commandes d'affichage.
- **clearDisplay()** efface l'écran.
- **display()** actualise l'affichage après l'envoi des commandes d'affichage.
- **clearDisplay()** efface l'écran.



Figure 2.8: Display OLED.

5. Transmission sans fil Bluetooth

La carte ESP32, avec sa polyvalence, peut être configurée pour agir soit en tant que serveur Bluetooth, soit en tant que client Bluetooth, selon les exigences de communication du système. Dans le contexte du projet, la carte ESP32 assume le rôle de serveur Bluetooth, annonçant sa présence pour être détectée par les périphériques clients potentiels. Le serveur contient les données pertinentes accessibles aux clients autorisés, établissant ainsi un point d'accès centralisé pour l'échange d'informations.

De l'autre côté de l'équation, l'application mobile déployée sur le dispositif portable opère en tant que client Bluetooth. En explorant activement les appareils environnants, elle cherche à identifier et à se connecter au serveur Bluetooth désigné. Une fois la connexion établie, le client mobile devient récepteur des données émises par le serveur, offrant ainsi un canal bidirectionnel pour la transmission d'informations entre la carte ESP32 et l'application mobile.

Pour faciliter cette interconnexion sans fil, diverses bibliothèques logicielles sont disponibles, intégrées par défaut dans l'environnement de développement Arduino. Parmi celles-ci, la

bibliothèque Bluetooth Serial joue un rôle crucial dans la gestion efficace de la communication Bluetooth sur la carte ESP32. En exploitant la classe `BluetoothSerial`, le développeur peut orchestrer les flux de données avec une précision similaire à celle de la communication série traditionnelle, offrant ainsi une expérience de développement cohérente et intuitive. En résumé, la mise en œuvre de la communication Bluetooth entre la carte ESP32 et l'application mobile représente une symbiose technologique où la carte agit en tant que hub central, tandis que l'application mobile assure une connectivité transparente et fluide, ouvrant ainsi la voie à une gamme variée d'applications interactives et innovantes dans le domaine des dispositifs portables et de l'IoT.

6. Outil de programmation

L'Arduino IDE se distingue en tant qu'outil de développement incontournable dans le domaine de la conception d'objets électroniques interactifs. En effet, cet environnement de développement intégré open-source offre une plateforme robuste permettant aux concepteurs de créer des projets novateurs à partir de cartes électroniques équipées de microcontrôleurs, tout en bénéficiant de la flexibilité et de la liberté inhérentes à cette approche matériellement libre.

Sa particularité est la capacité à prendre en charge les cartes ESP32, cette intégration permet aux utilisateurs de tirer pleinement parti des fonctionnalités avancées de l'ESP32, telles que la connectivité Wi-Fi et Bluetooth, tout en profitant de l'écosystème bien établi de l'IDE Arduino. Ses fonctionnalités clés comprennent la possibilité d'éditer des programmes, ou croquis, rédigés en langage C. Ces croquis sont ensuite compilés dans le langage "machine" de l'Arduino, un processus essentiel pour traduire le code source en instructions exécutables par le microcontrôleur cible. La zone de sortie de l'IDE fournit un retour d'information précieux sur le processus de compilation, offrant une visibilité sur d'éventuelles erreurs ou avertissements. Une fois le programme compilé avec succès, il peut être téléversé dans la mémoire de l'ESP32. Cette étape cruciale est suivie de près grâce aux informations détaillées fournies dans la zone de sortie de l'IDE, garantissant un processus de téléversement efficace et fiable.

En somme, ce logiciel représente bien plus qu'un simple outil de programmation, il incarne un écosystème dynamique et évolutif qui soutient l'innovation et la créativité dans le domaine de l'électronique embarquée. Grâce à sa simplicité d'utilisation et à sa puissance fonctionnelle, il

demeure un pilier indispensable pour les ingénieurs et les passionnés, leur offrant une moyenne accessible et efficace de donner vie à leurs idées les plus audacieuses.

La Figure suivante illustre l'interface de l'environnement de développement intégré (IDE) d'Arduino.

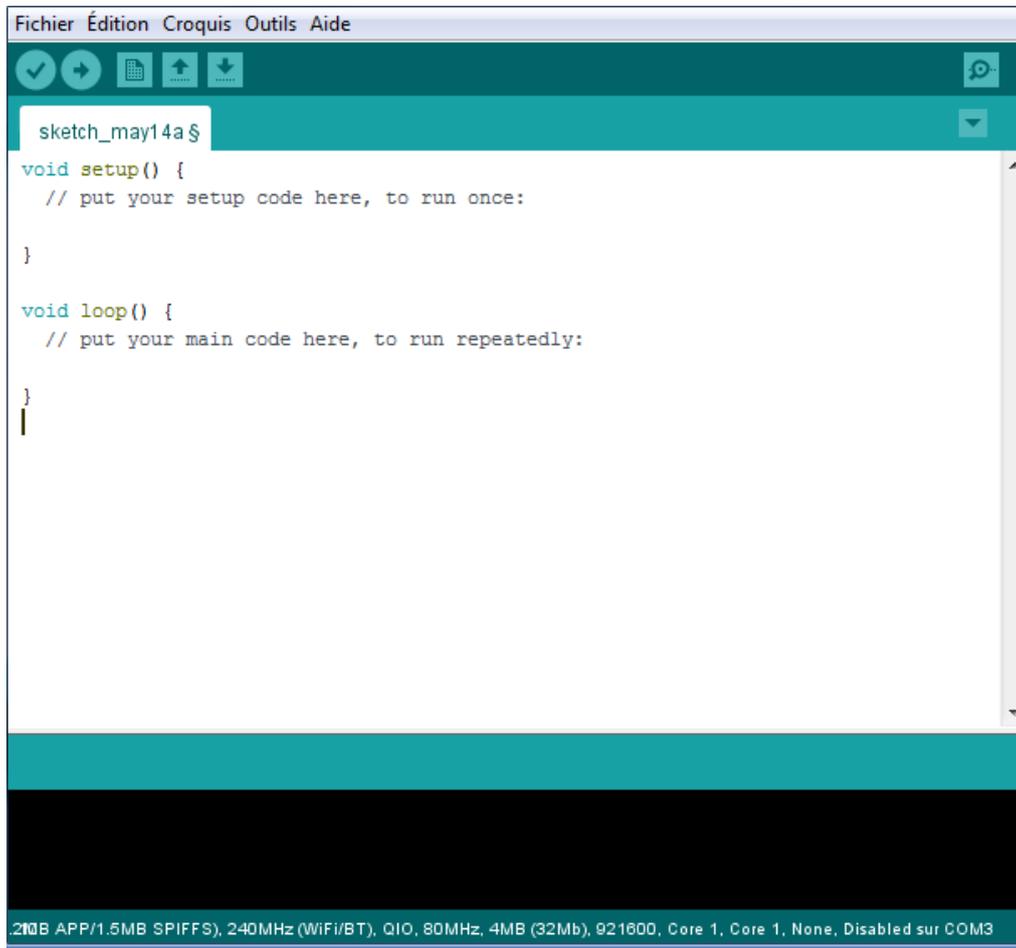


Figure 2.9: Interface de l'environnement de développement arduino IDE.

7. Architecture

7.1 Le circuit de notre système

ESP 32	MAX30102	Display Oled
3.3 V	VCC	VCC
D22	SCL	SCL
D21	SDA	SDA
GND	GND	GND

Tableau 2.3 : Implémentation du système.

7.2 Montage Final

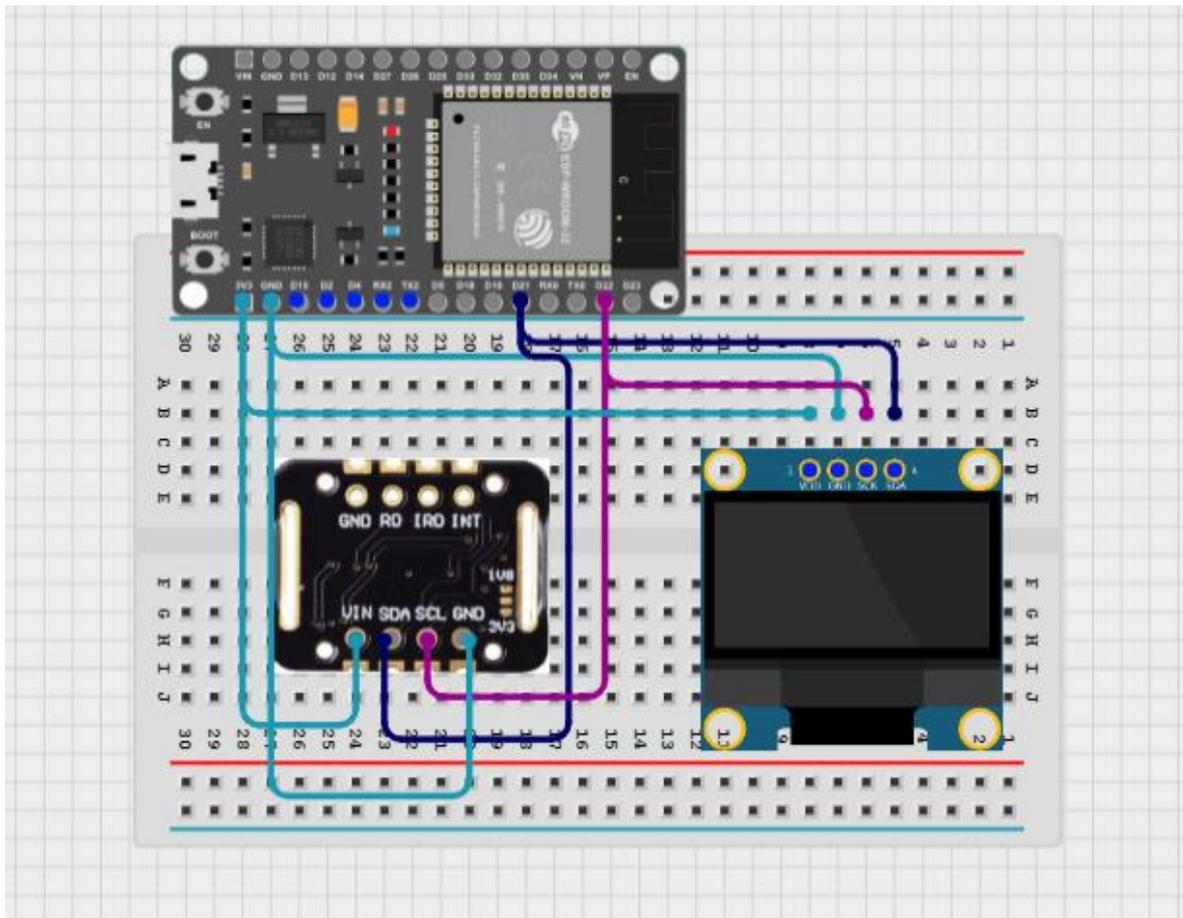
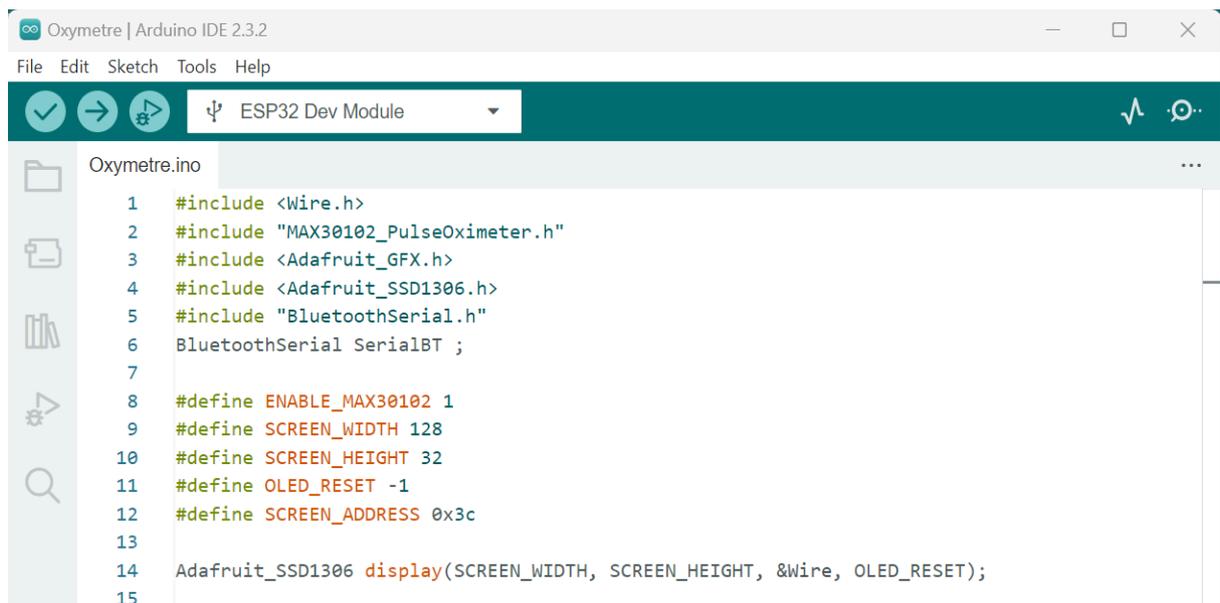


Figure 2.10: Montage finale du projet.

La figure 2.11 montre une partie du code pour ESP32, où les instructions ' #include ' sont utilisées pour importer les bibliothèques nécessaires à chaque composant, offrant ainsi les fonctionnalités requises.

- **Wire.h** : Inclut la bibliothèque Wire, qui permet la communication I2C sur les cartes Arduino.
- **maxPulseOxymeter** : Inclut une bibliothèque spécifique au projet pour interagir avec un capteur de pouls et d'oxymètre.
- **Adafruit_GFX.h** : Inclut la bibliothèque Adafruit_GFX, utilisée pour gérer les graphiques sur les écrans.
- **Adafruit_SSD1306.h** : Inclut la bibliothèque Adafruit_SSD1306, spécifique aux écrans OLED SSD1306, pour leur contrôle.
- **BluetoothSerial.h** : Inclut la bibliothèque BluetoothSerial pour la gestion de la communication Bluetooth sur les cartes Arduino



```

1  #include <Wire.h>
2  #include "MAX30102_PulseOximeter.h"
3  #include <Adafruit_GFX.h>
4  #include <Adafruit_SSD1306.h>
5  #include "BluetoothSerial.h"
6  BluetoothSerial SerialBT ;
7
8  #define ENABLE_MAX30102 1
9  #define SCREEN_WIDTH 128
10 #define SCREEN_HEIGHT 32
11 #define OLED_RESET -1
12 #define SCREEN_ADDRESS 0x3c
13
14 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
15

```

Figure 2.11: Partie du code en langage C implémenté avec l'environnement Arduino IDE.

Dans la figure suivantes, ils montrent les fonctions Serial.begin(), Serial.print() et SerialBT.begin(), ils sont des fonctions de communication série utilisées dans les programmes Arduino et les microcontrôleurs ESP32.

Serial.begin()

Cette fonction initialise la communication série (UART) avec la vitesse de transmission spécifiée en bits par seconde (bauds). Par exemple, `Serial.begin(9600)` initialise la communication série à une vitesse de 9600 bauds.

Serial.print()

Cette fonction envoie les données spécifiées à la sortie série. Elle peut prendre différents types de données en argument, tels que des entiers, des décimaux, des chaînes de caractères, etc. Les données sont envoyées en texte ASCII lisible par l'homme.

Par exemple, `Serial.print("Hello World")` enverra la chaîne de caractères "Hello World" à la sortie série.

SerialBT.begin()

Cette fonction initialise la communication série Bluetooth sur les microcontrôleurs ESP32, elle ouvre un port série Bluetooth pour la communication avec d'autres périphériques compatibles Bluetooth.

Elle peut également prendre des paramètres pour configurer la vitesse de transmission et d'autres paramètres de communication, par exemple, `SerialBT.begin("Nom_du_Module_BT")` initialise la communication série Bluetooth avec le nom spécifié pour le module Bluetooth.

```

Oxymetre | Arduino IDE 2.3.2
File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Dev Module
Oxymetre.ino
27
28 void setup() {
29   Serial.begin(115200);
30   Serial.println("SSD1306 128x64 OLED TEST");
31   SerialBT.begin("CHAMBRE_1"); // Nom de l'appareil Bluetooth
32   if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS)) {
33     Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
34     for (;;);
35   }
36
37   display.clearDisplay();
38   display.setTextSize(1);
39   display.setTextColor(WHITE);
40   display.setCursor(20, 18);
41   display.print("Pulse OxiMeter");
42   display.display();
43   delay(2000);
44   display.cp437(true);
45   display.clearDisplay();
46
47   Serial.print("Initializing pulse oximeter..");
48

```

Figure 2.12: La partie correspondant à la connexion Bluetooth et à l’affichage présenté à la figure 2.11.

7.3 Teste de l’appareil

La figure suivante présente le prototype développé pour le bracelet connecté, conçu pour la mesure en temps réel de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène dans le sang.

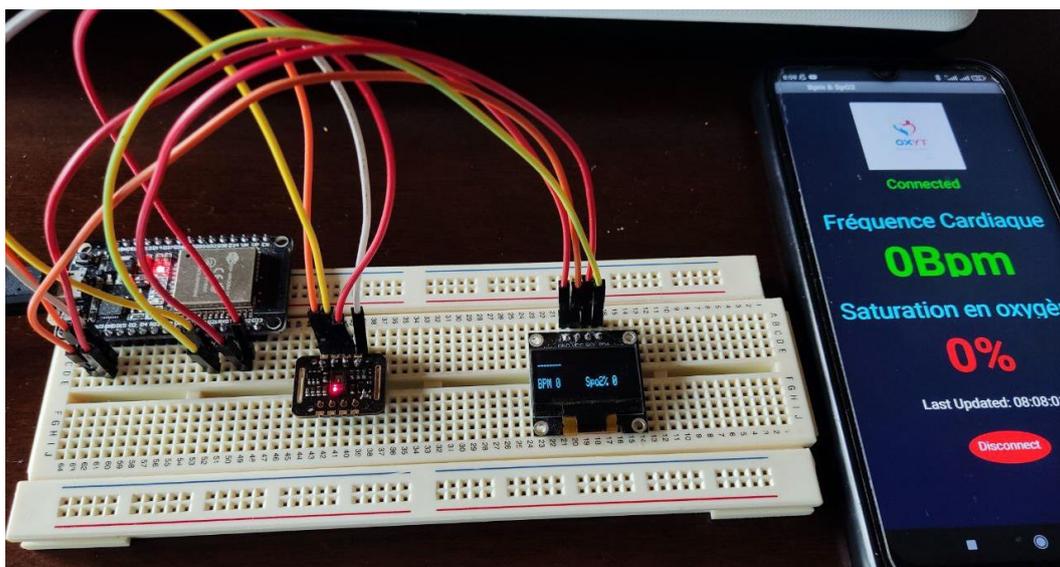


Figure2.13 : Implementation du prototype.

Avant de procéder aux tests du prototype, nous nous sommes assurés du bon fonctionnement de chaque composant individuel et de l'intégration fluide de l'application mobile avec le microcontrôleur. Les composants ont été vérifiés pour leur fonctionnalité, et une fois l'application connectée avec succès au microcontrôleur, nous avons pu procéder aux tests sur notre prototype.



Figure 2.14: Teste & resultat.

7.4 Résultats de Test

Lors des tests effectués sur le prototype, les résultats ont été prometteurs. Lorsqu'un utilisateur place son doigt sur le capteur, les données capturées sont traitées et affichées à la fois sur l'afficheur OLED intégré au bracelet et dans l'application mobile associée.

Les résultats obtenus lors de ces tests indiquent une fréquence cardiaque (BPM) de 67 battements par minute et une saturation en oxygène (SPO2) de 96%. Ces valeurs correspondent aux normes de santé acceptables, démontrant ainsi l'efficacité du prototype dans la mesure précise et en temps réel de ces paramètres vitaux.

7.5 Limitations et Considérations Futures

Bien que les résultats des tests soient encourageants, il convient de noter certaines limitations. Des tests plus approfondis avec un échantillon de participants plus large pourraient être nécessaires pour valider davantage la précision et la fiabilité du dispositif dans des conditions diverses. De plus, des améliorations futures pourraient inclure l'intégration de fonctionnalités supplémentaires dans l'application mobile, telles que la génération de rapports ou des alertes en cas de valeurs anormales des paramètres vitaux.

8. Conclusion

En conclusion, ce deuxième chapitre a été consacré à la création et à l'implémentation d'une solution pratique dans le domaine des bracelets médicaux connectés. Nous avons présenté la technique de mesure de la saturation en oxygène, ensuite nous avons présenté les composants du bracelet et les différentes interfaces de notre application.

Les résultats obtenus avec cette configuration ont été prometteurs, offrant des mesures précises et fiables des paramètres vitaux essentiels. Cependant, des défis techniques et des opportunités d'amélioration ont également été identifiés, ce qui ouvre la voie à de futures recherches et développements dans ce domaine en évolution constante.

Conclusion générale

Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire représente une exploration approfondie des domaines de la télésurveillance et des dispositifs médicaux connectés dans le contexte de la télémédecine. Nous avons débuté par une analyse des fondements théoriques de ces domaines, soulignant leur pertinence croissante dans l'ère contemporaine de la santé numérique. Ensuite, nous nous sommes engagés dans la concrétisation de ces concepts théoriques en développant notre propre solution innovante.

En combinant l'expertise théorique avec une approche pratique, nous avons conçu un système efficace permettant de mesurer la SPO2 et la fréquence cardiaque à travers un bracelet basé sur l'ESP32 et le MAX30102, accompagné d'une application mobile pour afficher en temps réel les paramètres vitaux. Cette solution représente bien plus qu'un simple projet de recherche. Elle incarne une initiative audacieuse dans le domaine de la santé numérique, visant à améliorer les soins de santé à distance et à offrir une surveillance précise et continue des paramètres vitaux. En s'appuyant sur une approche centrée sur l'utilisateur, notre solution vise à garantir une expérience fluide et intuitive pour les patients et les prestataires de soins de santé.

Cependant, notre travail ne s'arrête pas ici. Forts de cette réalisation, nos prochains objectifs incluent le développement de l'application mobile, la mise en place d'une base de données pour stocker les données collectées, la création d'un système d'alerte et l'intégration de la possibilité de suivre plusieurs patients simultanément.

Nous espérons que ce mémoire contribuera à enrichir la compréhension et le développement de la télésurveillance, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour l'avenir de la santé numérique.

Références

- [1] <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/prises-en-charge-specialisees/telesante-pour-l-acces-de-tous-a-des-soins-a-distance/article/la-telesante> . Consulté le 04 mai 2022.
- [2] <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/prises-en-charge-specialisees/telesante-pour-l-acces-de-tous-a-des-soins-a-distance/la-teleconsultation-11362/article/la-teleconsultation-de-quoi-parle-t-on> . Consulté le 02 janvier 2024.
- [3] <https://www.medelse.com/actualites/telemedecine-tout-savoir-sur-cette-branche-de-le-sante/> .
- [4] <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/prises-en-charge-specialisees/telesante-pour-l-acces-de-tous-a-des-soins-a-distance/la-telesurveillance-11332/article/qu-est-ce-que-la-telesurveillance> . Consulté le 30 avril 2024.
- [5] <https://lps-aix.com/telesurveillance-medicale/> . Consulté le 3 Décembre 2023.
- [6] [ANALYSEURS HORS LABORATOIRE - UETMIS telesurveillance fr.pdf](https://www.chusj.org/getmedia/d4f47386-c934-46c4-b5d30099cc528083/UETMIS_telesurveillance_fr.pdf) Décembre 2009. https://www.chusj.org/getmedia/d4f47386-c934-46c4-b5d30099cc528083/UETMIS_telesurveillance_fr.pdf.aspx .
- [7] Hincapié MA, Gallego JC, Gempeler A, Piñeros JA, Nasner D, Escobar MF. Implementation and Usefulness of Telemedicine During the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review. *J Prim Care Community Health*. 2020 Jan-Dec;11:2150132720980612. doi: 10.1177/2150132720980612. PMID: 33300414; PMCID: PMC7734546.
- [8] Dhediya R, Chadha M, Bhattacharya AD, Godbole S, Godbole S. Role of Telemedicine in Diabetes Management. *J Diabetes Sci Technol*. 2023 May;17(3):775-781. doi: 10.1177/19322968221081133. Epub 2022 Feb 28. PMID: 35227105; PMCID: PMC10210114.
- [9] « Santé et objets connectés : de quoi parle-t-on ? », Assurance Prévention, 10 janvier 2019. <https://www.assurance-prevention.fr/objets-connectes-sante-definition>.
- [10] Hervé Servy, Laure Gossec, La place de la e-santé et les objets connectés dans le traitement de patients atteints de polyarthrite rhumatoïde, *Revue du Rhumatisme*

Monographies, Volume 85, Issue 1, 2018, Pages 66-70, ISSN 1878-6227, <https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2017.07.005>.

[11] Withings. Body Cardio | Pèse personne connecté santé; 2016 [Visité le 12.05.17, <https://www.withings.com/fr/fr/products/body-cardio>].

[12] Dexcom. Introducing the Dexcom G5, Mobile CGM System; 2016 [Visité le 12.05.17, <https://www.dexcom.com/g5-mobile-cgm>].

[13] DOSSIER THÉMATIQUE, Novembre 2017, Page 3 – 4, <https://www.ouest-valorisation.fr/uploads/2021/05/Dossier-The%CC%81matique-Objets-sante%CC%81-connecte%CC%81s.pdf>.

[14] <https://aktiia.com/fr/application-tensiometre>.

[15] <https://aktiia.com/fr/technologie>.

[16] Dr. Grégoire Wuerzner, Chercheur principal des études de validation pivotales, CHUV, Suisse.

[17] Chunyan Li, Jiaji Wang, Shuihua Wang, Yudong Zhang, A review of IoT applications in healthcare, Neurocomputing, Volume 565, 2024, 127017, ISSN 0925-2312, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.127017>.

[18] K. Mehmood, K. Kravlevska, D. Palma, Intent-driven autonomous network and service management in future cellular networks: a structured literature review, Comput. Netw. 220 (2023), 109477.

[19] S. Dongus, et al., Health effects of WiFi radiation: a review based on systematic quality evaluation, Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 52 (19) (2022) 3547–3566.

[20] L.C. Paul, et al., A dual-band semi-circular patch antenna for WiMAX and WiFi-5/6 applications, Int. J. Commun. Syst. 36 (1) (2023), e5357.

- [21] H. Taramit, L. Orozco-Barbosa, A. Haqiq, A renewal theory based performance and configuration framework of the IEEE 802.11 ah RAW mechanism, *Digit. Commun. Netw.* 9 (1) (2023) 236–251.
- [22] H.Y. Jiang, et al., A wideband circularly polarized dielectric patch antenna with a modified air cavity for Wi-Fi 6 and Wi-Fi 6E applications, *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.* 22 (1) (2023) 213–217.
- [23] A.S. George, A.H. George, T. Baskar, Wi-Fi 7: the next frontier in wireless connectivity, *Partners Univ. Int. Innov. J.* 1 (4) (2023) 133–145.
- [24] J. Ye, H. Gharavi, B. Hu, Fast beam discovery and adaptive transmission under frequency selective attenuations in Sub-Terahertz bands, *IEEE Trans. Signal Process.* 71 (2023) 727–740.
- [25] C.-Y. Chen, et al., Using iBeacon components to design and fabricate low-energy and simple indoor positioning method, *Sens. Mater.* 35 (3) (2023) 703–722.
- [26] X. Cheng, Y. Fan, Research and design of intelligent speech equipment in smart english language lab based on Internet of Things technology, *Procedia Comput. Sci.* 198 (2022) 505–511.
- [27] V.A. Orfanos, et al., A comprehensive review of IoT networking technologies for smart home automation applications, *J. Sens. Actuator Netw.* 12 (2) (2023) 30.
- [28] R. Tanash, M. AlQudah, S. Al-Agtash, Enhancing energy efficiency of IEEE 802.15. 4-based industrial wireless sensor networks, *J. Ind. Inf. Integr.* 33 (2023), 100460.
- [29] L. Amouri, C. Beacco, Oxymétrie - Capnométrie: L'oxymétrie de pouls ou la SpO₂, *IRBM News*, Volume 29, Issue 6, 2008, Pages 23-37, ISSN 1959-7568, [https://doi.org/10.1016/S1959-7568\(08\)75476-2](https://doi.org/10.1016/S1959-7568(08)75476-2).

- [30] Tamura, T., Maeda, Y., Sekine, M. and Yoshida, M. (2014). Wearable photoplethysmographic sensors-past and present. *Electronics*, vol. 3, no. 2, pp. 282–302.
- [31] Hercog, D.; Lerher, T.; Truntič, M.; Težak, O. Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors* 2023, 23, 6739. <https://doi.org/10.3390/s23156739>.
- [32] <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/max30102.pdf>.
- [33] <https://microcontrollerslab.com/max30102-pulse-oximeter-heart-rate-sensor-arduino/>.
- [34] <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-module-lcd-ssd1306>.

Annexe du projet

Oxyt



Premier axe : Présentation du projet

1. L'idée de projet

1.1 Problème

Dans le contexte actuel de la santé, les maladies chroniques et cardiaques représentent un défi majeur pour les systèmes de santé à travers le monde. Ces affections exigent une surveillance constante et une intervention rapide pour assurer des soins efficaces et prévenir les complications. Cependant, plusieurs obstacles se dressent sur le chemin de la gestion efficace de ces conditions :

Charge hospitalière et contraintes de ressources

Les hôpitaux sont souvent submergés par un flux constant de patients nécessitant une surveillance régulière. Cette surcharge de travail peut entraîner des retards dans la prise en charge des patients et une utilisation inefficace des ressources médicales.

Accès limité aux soins pour les personnes âgées à domicile

Les personnes âgées vivant seules ou avec un soutien limité peuvent avoir du mal à accéder aux soins médicaux réguliers. Cette population est particulièrement vulnérable aux complications de santé, qui pourraient passer inaperçues sans une surveillance continue.

Nécessité d'intervention précoce

Dans le cas des maladies chroniques et cardiaques, une intervention médicale précoce peut souvent faire la différence entre la stabilisation de l'état du patient et la détérioration de sa santé. Cependant, les méthodes traditionnelles de surveillance ne permettent pas toujours une détection précoce des signes vitaux anormaux.

1.2 Solution

Pour répondre à ces défis, une solution innovante a été développée : un bracelet médical connecté équipé de capteurs avancés pour mesurer en continu la saturation en oxygène dans le sang (SpO2) et le rythme cardiaque (BPM) des patients, de plus, une application mobile permet la consultation des instructions et de l'analyse des données, fournissant ainsi une vision globale de l'état de santé du patient et facilitant la prise de décision clinique.

Cette technologie offre une approche novatrice pour améliorer la surveillance et la gestion des patients atteints de maladies chroniques ou cardiaques, ce qui aide également à prévenir les complications graves et à améliorer les résultats pour les patients.

2. Les valeurs proposées

- Suivi continu des indicateurs de santé

Notre solution assure un suivi en temps réel des indicateurs vitaux, garantissant une surveillance constante et réactive de la santé des patients.

- Détection précoce d'anomalies et prévention de problèmes de santé

Grâce à une surveillance continue et à des algorithmes d'analyse avancés, notre solution détecte précocement les anomalies, permettant une intervention préventive pour éviter les complications de santé.

- Amélioration de la qualité de vie et du bien-être général

En combinant surveillance et prévention, notre solution vise à améliorer la qualité de vie et le bien-être général des patients en leur donnant les outils pour prendre en charge leur santé de manière proactive.

- Améliorer l'efficacité du travail en réduisant le besoin de surveillance personnelle des patients

En automatisant une partie de la surveillance des patients, notre solution libère du temps pour les professionnels de la santé, leur permettant de se concentrer sur des tâches plus complexes et spécialisées.

- La capacité de surveiller le plus grand nombre de patients à distance

Grâce à une plateforme en ligne sécurisée, notre solution offre la possibilité de surveiller un grand nombre de patients à distance, ce qui est particulièrement utile dans les environnements hospitaliers où les ressources sont limitées.

- Détection précoce des cas d'urgence

Notre solution alerte instantanément les professionnels de la santé en cas de signes vitaux anormaux ou d'urgences, permettant une intervention rapide et appropriée pour éviter des complications graves.

- **Améliorer la précision du diagnostic en analysant les données accumulées**

En analysant les données de santé accumulées, notre solution fournit des informations précieuses pour les professionnels de la santé, améliorant ainsi la précision des diagnostics et l'efficacité des traitements.

3. Équipe de travail

Lahouareche Youssef Djihad (fondateur)

A suivi des formations dans le domaine de :

- Réseaux et Télécommunication.
- Cyber sécurité.
- CCNA 1.

4. Les objectifs du projet

- Capturez 10 % du marché algérien des dispositifs portables de santé et de bien-être dans les 3 ans, en se concentrant sur les personnes âgées de 35 à 65 ans.
- Augmentez l'engagement des utilisateurs de 20 % au cours de la première année grâce à une application mobile conviviale qui fournit des informations personnalisées sur la santé et la visualisation des données.
- Établir des partenariats avec 50 % des principaux fournisseurs de soins de santé algériens d'ici 3 ans pour intégrer les données du bracelet dans leurs plateformes de télésanté pour la surveillance à distance des patients.
- Visez à devenir le leader du marché des bracelets médicaux connectés en Algérie après 3 ans et plus, avec une part de marché estimée à 25 % ou plus, tout en continuant à innover et à répondre aux besoins du marché.

5. Calendrier de réalisation du projet

Mois Les travaux	2	4	6	8	10	12
Études préalables: choix de l'implantation de l'unité de production, préparation des documents nécessaires	✓	✓				
Construction d'un siège de production		✓				
Commande des équipements			✓			
Installation des équipements			✓	✓	✓	
Réalisation du prototype					✓	✓

Deuxième axe: Aspects innovants

1. Nature des innovations

Innovations technologiques – Innovations du marché

2. Domaines d'innovation

Technologie économique : En développant des bracelets médicaux abordables dotés de fonctionnalités essentielles de surveillance de la santé (fréquence cardiaque, SpO2) et adaptés aux besoins locaux, on peut combler le fossé de l'accès à la technologie de surveillance basique de la santé.

Gestion des données hors ligne : Concevoir des bracelets qui fonctionnent sans connexion internet permanente, permettant aux patients des zones reculées de suivre leurs signes vitaux et de stocker les données localement. Ces données peuvent ensuite être téléchargées vers un prestataire de soins de santé ultérieurement.

Interfaces utilisateur simples : Développer des interfaces conviviales et faciles à naviguer, même pour les patients ayant un faible niveau d'alphabétisation. Cela garantit que tout le monde peut bénéficier de la technologie.

Surveillance à distance des patients : Equiper les hôpitaux de systèmes permettant de surveiller à distance les patients portant ces bracelets. Cela permet aux prestataires de soins de santé de suivre les signes vitaux de base des patients dans des endroits éloignés, facilitant une intervention précoce si nécessaire. Ceci est particulièrement précieux pour la gestion des maladies chroniques.

Amélioration de la prestation de soins de santé : En permettant la surveillance à distance, ces bracelets peuvent optimiser la prestation de soins de santé dans les régions sous-développées où l'accès aux installations physiques peut être limité.

Troisième axe: Analyse stratégique du marché

1. Le segment du marché

Le marché potentiel

C'est toute personne qui souhaite prendre soin de leur santé, et de prévenir la détérioration de son état de santé.

Le marché cible (le segment)

- Les Hôpitaux.
- Cliniques médicales.
- Maisons de retraite.
- Patients souffrant de maladies chroniques.
- Personnes âgées Individus soucieux de leur santé.
- Les sportifs.

Ce segment a été choisi en raison de leur prédisposition à opter pour l'utilisation de ce type de bracelet.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

En Algérie, il n'y a pas de concurrents directs pour notre bracelet médical connecté, mais plutôt des outils de mesure traditionnels. Le plus célèbre aujourd'hui est l'oxymètre de pouls. Cependant, il a un certain nombre de points faibles :

- 1) Ce produit n'est pas conçu pour être porté toute la journée.
- 2) Il n'est pas connecté à une application mobile ou une plateforme électronique.

3. La stratégie marketing

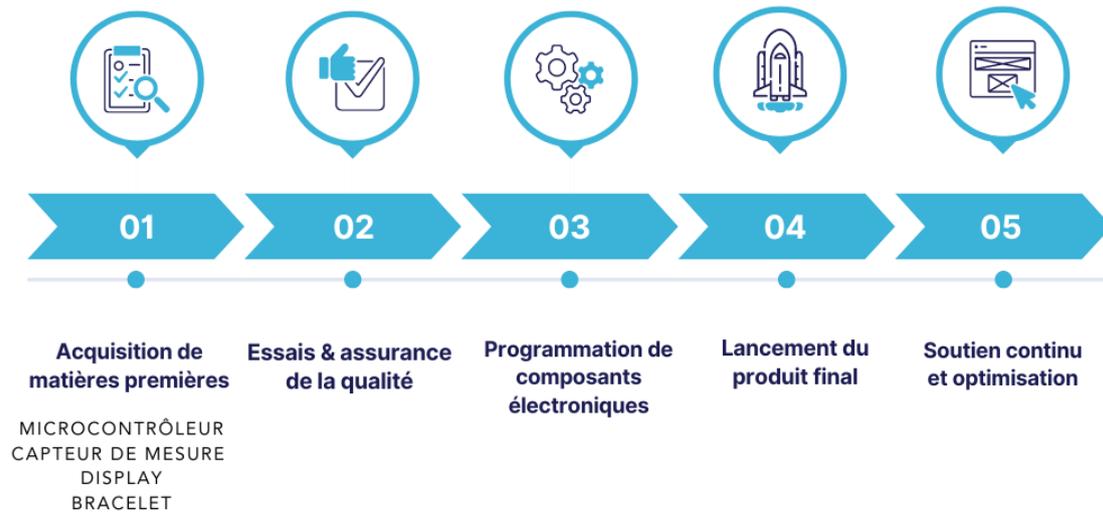
Pour lancer avec succès notre bracelet médical connecté, une approche stratégique de marketing est essentielle, Les stratégies dans lesquelles notre lancement sera basé comprennent ce qui suit :

- Établissez une présence en ligne solide en créant un site web informatif et engageant, accompagné d'une stratégie active sur les médias sociaux pour partager du contenu pertinent et interagir avec notre audience.
- Déterminez les segments de marché cible, tels que les personnes âgées, les patients atteints de maladies chroniques et les personnes intéressées par les soins préventifs.
- Forgez des partenariats avec des professionnels de la santé et organisez des événements de sensibilisation dans les établissements médicaux pour promouvoir notre produit.
- Exploitez également le pouvoir du marketing d'influence en collaborant avec des experts du secteur de la santé pour renforcer la crédibilité de notre produit.
- Investissez dans la publicité ciblée en ligne pour atteindre efficacement votre public cible et maximiser votre visibilité.
- Mettez en place un programme de parrainage pour inciter nos clients satisfaits à recommander le bracelet médical à leur entourage, contribuant ainsi à stimuler les ventes et à développer notre base de clients.

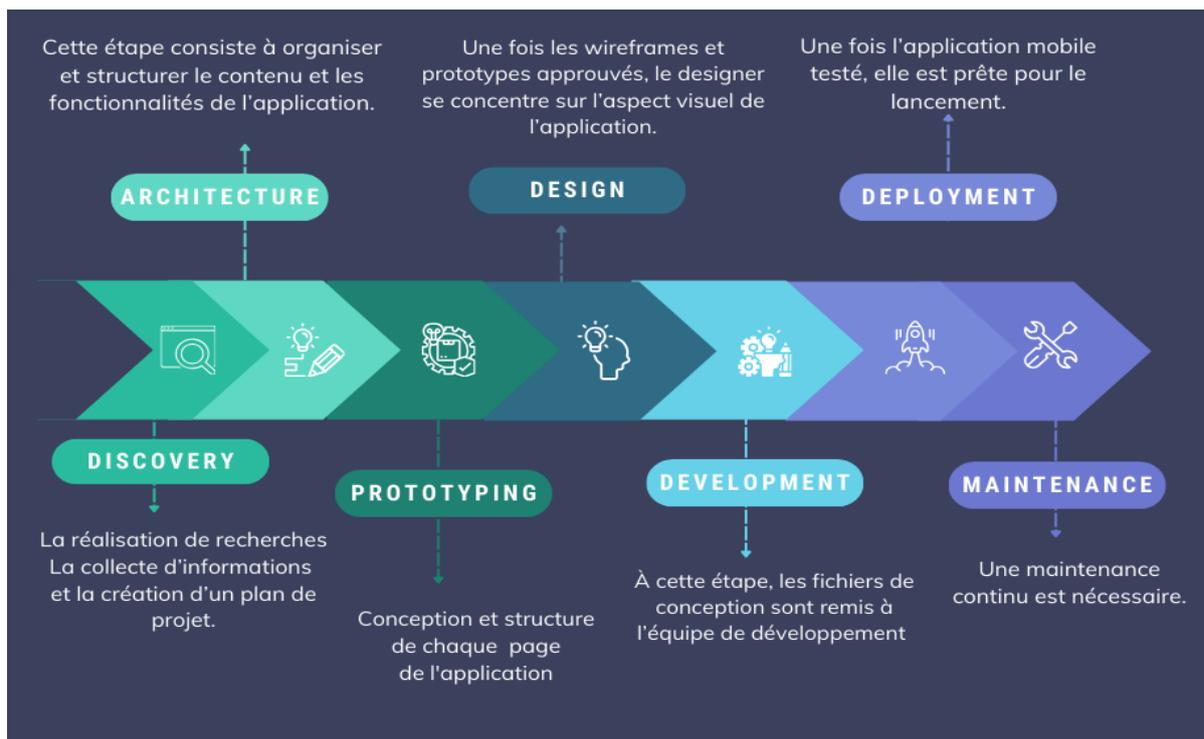
Quatrième axe: Plan de production et d'organisation

1. Le processus de production

Pour le bracelet médical



Pour l'application mobile



2. L'approvisionnement

Notre processus d'achat est réalisé avec les principaux distributeurs de composants électroniques qui garantissent que la disponibilité des matières premières assure une production continue.

3. La main d'œuvre

Notre projet crée environ 20 emplois directs, et près de 50 emplois indirects, le profil de la main-d'œuvre requise dont nous avons besoin se compose de :

Production : des opérateurs pour assembler les composants, des techniciens pour surveiller et entretenir les machines.

Développement logiciel : Des développeurs logiciels, des ingénieurs en informatique et les spécialistes de l'expérience utilisateur (UX).

Ventes et marketing : Une équipe de vente et de marketing sera nécessaire pour promouvoir notre produit, ainsi que pour gérer les campagnes publicitaires et les relations publiques.

Support client : Une équipe de support client sera nécessaire pour répondre aux questions des clients, fournir une assistance technique et résoudre les problèmes rencontrés par les utilisateurs de notre bracelet.

4. Les principaux partenaires

- Les fournisseurs.
- Prestataires de soin de santé.
- L'incubateur de l'université Guelma 08 mai 1945.

Cinquième axe: Plan financier

1. Les coûts et charges

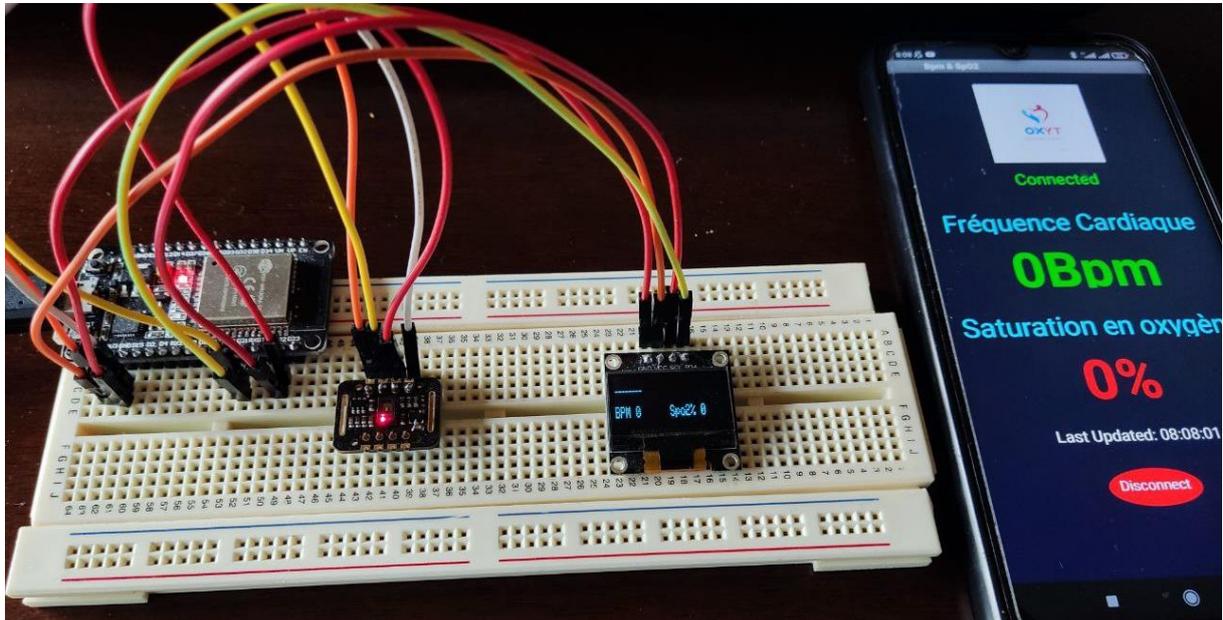
Les composants	Prix
ESP32	608 DA.
MAX30102	200 DA.
Display	160 DA.
Les fils de raccordement	60 DA.
Bracelet	150 DA.
Totale	1178 Da.

2. Le chiffre d'affaire

Prévision	Pessimiste		Optimiste	
Année	1	2	1	2
Prix HT (DA)	4000	4000	4000	4000
Ventes	250	500	700	1000
Chiffre d'affaires (DA)	1 000 000	2 000 000	2 800 000	4 000 000

Sixième axe : Prototype expérimentale

Prototype



Modèle d'affaires

 <p>Key Partners</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prestataires de soins de santé. • Entreprises technologiques. • Financiers 	 <p>Key Activités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développer et fabriquer le bracelet et l'application mobile. • Gérer l'application mobile. • Fournir un support technique aux utilisateurs. • Développer et commercialiser de nouvelles solutions. 	 <p>Value Propotions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivi continu des Indicateurs de santé . • Motivation et coaching pour adopter un mode de vie sain. • Détection précoce d'anomalies et prévention de problèmes de santé. • Amélioration de la qualité de vie et du bien-être général. • Améliorer l'efficacité du travail en réduisant le besoin de surveillance personnelle des patients. • La capacité de surveiller le plus grand nombre de patients à distance. • Détection précoce des cas d'urgence. • Améliorer la précision du diagnostic en analysant les données accumulées. 	 <p>Customer Relationship</p> <ul style="list-style-type: none"> • Support technique exceptionnel. • Fidéliser la clientèle. • Communautés en social media • Guide d'utilisation d'OXYT • Service clientèle 24/7 	 <p>Customer Segments</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les Hôpitaux. • Cliniques médicales. • Maisons de retraite. • Patients souffrant de maladies chroniques. • Personnes âgées • Individus soucieux de leur santé
 <p>Key Resources</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composants électronique. • Analyseur des données médical. • Spécialistes du marketing. 	 <p>Channels</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magasins vendant du matériel médical. • Magasin de vente privée. • Pharmacies. • Réseau de distributeurs. • Boutique en ligne. 			
 <p>Cost Structure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabrication du bracelet et de l'application mobile. • Budget marketing. • Ressources humaines. 		 <p>Revenue Streams</p> <ul style="list-style-type: none"> • La vente pour le bracelet intelligent. • Abonnements pour l'application. • Publicités ciblées sur l'application. • La maintenance 		