

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master

Filière : Électronique
Spécialité : électronique des Systèmes des embarque

Présenté par

AHMED SERIER Nesrine

Titre du mémoire

« **Moniteur Cardiaque et Saturomètre
connectés et embarqués** »

Proposé par : H. BOUGHERIRA

Année Universitaire 2020-2021

Remercîment

Je remercie tout d'abord ALLAH qui m'a donné l'aide, le courage, le pouvoir et surtout la patience pour finaliser ce travail.

*On voudrait dans un premier temps remercier mon père qui ma poussée pour travaillée plus et réussi dans tous au long de ma vie scolaire et universitaire,
et ma mère,*

*J'espère que vous trouvez en moi votre source de fierté,
Merci pour leur sacrifice, que Dieu vous garde et vous prête longue vie et bonne santé INCHA ALLAH*

*Je sincères remerciements s'adressent à mon encadreur Mme: Hamida BOUGHERIRA pour son soutien et ses conseils. Et d'avoir accepté de diriger mon travail, de
Leur aide
précieuse, leurs conseils bienveillants, et leur direction.*

*Je remercie mes chères sœurs qui étaient ma passionne et me donne le courage pour continuer jusqu'au bout
« Merieme , Faiza , Fatiha et Amira »
Que Dieu vous prête longue vie et bonne santé et qu'il garde notre solidarité et notre indéfectible attachement familial.*

A mes chers frères « Brahim, Ridha » qui étaient toujours m'a assisté dans tous les moments difficiles.

*Aussi un grand remercîment a tous mes amies surtout a mes chères amies « Manel , Maissa , Soumia » qui m'a toujours, soutenu, encourager,
conseiller et aider durant ces années universitaires
Que Dieu vous garde INCHA ALLAH*

Sommaire

Liste des abréviations.....	5
Liste des figures.....	6
Introduction General :	11

Chapitre 01 :

Généralité sur le monitoring de la santé embarque connectée le Cloud

1 Le système cardio-vasculaire :.....	13
2 Internet des objets (IoT) :.....	17
3 Cloud Computing :.....	18
4 Système embarque :.....	19
5 Conclusion :	23

Chapitre 02 :

Étude électronique

Introduction :	24
1 Architecture globale du système d'acquisition :	24
2 Interface Hardware :	25
3 Partie Algorithmique:.....	28
4 Conclusion :	32

Chapitre 03:

implémentation et résultats

Introduction :	33
1 Environnement :.....	33
2 Câblage AD8232 avec ESP8266 :.....	38
3 Le circuit Oled display avec l'ESP8266 :.....	43
4 Montage globale :	43
5 Implémentation :.....	46

6	Capteur d'écran de programme	46
7	Résultats Discussion :	52
8	Conclusion :	55
	Bibliographie :	57

Liste des abréviations

BPM → Battement Par Minute

ECG → Electrocardiogramme

RFID → Identification Radio Fréquence

NFC → Communication en champ proche

Liste des figures

Figure 1.1 : Le système cardio-vasculaire.

Figure 1.2 : Anatomie du cœur : Coupe frontale

Figure 1.3: ECG de rythme cardiaque normal

Figure 1.4 : système embarqué de temps réel

Figure 1.5 : Architecture générale d'un système de contrôle/commande

Figure 1.6 : fonctionnement de capteur

Figure 2.1 : Schéma synoptique du système moniteur

Figure 2.2 : image représente le module NodeMCU ESP8266 et les sorties.

Figure 2.3 : module MAX30102

Figure 2.4: module d'Electrocardiogramme AD8232

Figure 3.1 : les trois vues principales de logiciel Fritzing.

Figure 3.2 : L'interface du logiciel Arduino.

Figure 3.3 : entrée URL de gestionnaire de cartes esp8266.

Figures 3.4 : Organigramme représente le principe de fonctionnement de Plateforme Ubidots.

Figure 3.5 : schéma pour câbler le Node MCU et AD8232 dans le Fritzing

Figure 3.6 : l'emplacement des électrodes d'ECG de AD8232

Figure 3.7: Organigramme représente le principe de fonctionnement d'AD8232

Figure 3.8: Signal ECG avec le filtre (rouge) et sans filtre (bleu)

Figure 3.9 : MAX30102 et le Node MCU

Figure 3.10 : Organigramme représente le principe de fonctionnement de Max30102

Figure 3.11 : schéma pour câbler l'ESP8266 à l'écran OLED.

Figure 3.12 : montage Globale de notre projet

Figure 3.13: le prototype finale de notre système

Figure 3.14 : organigramme représente le principe de fonctionnement global du système

Figure 3.15: le signal ECG avec le SpO2 et le BPM sur le plateforme « ubidots »

Figure 3.16 : affichage de signal ECG dans Oled 0.96.

ملخص :

مع تفشي امراض القلب والامراض المزمنة التي تعتبر السبب الرئيسي في العديد من حالات الموت اصبح من الضروري متابعة الحالة الصحية للمريض يوميا ، مما يؤدي الى استلزام التنقل الى المشفى وخلق زحمة وسط المستشفيات، الى ان ظهرت انترنت الاشياء وتوسعت لتشمل المجال الطبي وغيرت تمامًا قرن صناعة الرعاية الصحية ، مما جعل من السهل عمل الأطباء والحفاظ على جهود المرضى والطاقم الطبي.

الكلمات المفتاحية: انترنت الاشياء، المراقبة الصحية ، التخطيط الكهرو قلبي ، مقياس التأكسج النبضي ، مراقبة القلب، نقطة دخول، لاسلكي، السحابة ، منصة الكترونية ...

Résumée :

Avec la propagation des maladies cardiaques et des maladies chroniques, principale cause de nombreux décès, la surveillance quotidienne de l'état des patients est devenue nécessaire, ce qui entraîne des déplacements et une surpopulation entre les hôpitaux. Jusqu'à l'émergence de l'Internet des objets et sa popularité dans le domaine médical, il a complètement changé le siècle de l'industrie de la santé, facilitant le travail des médecins et soutenant les efforts des patients et du personnel médical.

Les mots clés : surveillance de la santé, internet des objets, ECG, SpO2, moniteur cardiaque, point d'accès, wifi, informatique en nuage, plateforme en ligne...

Abstract:

With the spread of heart disease and chronic illness, which is the main cause of many deaths, it has become necessary to monitor the patient's condition on a daily basis, resulting in the need to travel to the hospital and creating overcrowding between hospitals. Until the emergence of the Internet of Things and its spread in the medical field, this completely changed the century of the healthcare industry, facilitating the work of physicians and supporting the efforts of patients and medical personnel.

Key Words: health monitoring, internet of things, ECG, SpO2, heart monitor, access point , wireless , Cloud Computing, online platform

Introduction General :

Avec le développement de la science et de la technologie, les systèmes de santé connaissent des progrès et un développement importants, car ils relient la technologie de communication mobile et la technologie de réseau sans fil, ce qui a conduit à l'amélioration et à la facilitation de la communication entre les patients et leurs médecins et autres employés paramédicaux sous le soi-disant Internet des objets médicaux ou en général l'Internet des objets. Il est devenu possible de transférer des informations médicales sur Internet et de surveiller les changements vitaux à distance en économisant des efforts et du temps, ce qui permet aux médecins de suivre des méthodes plus rapides, plus intelligentes et plus efficaces de diagnostic. D'autant plus que les appareils portables tels que téléphone, ordinateur portable, etc. font désormais partie intégrante de notre quotidien.

L'un des principaux facteurs qui ont poussé les scientifiques à développer l'Internet des objets dans le domaine médical sont les personnes atteintes de maladies graves ou chroniques, les personnes âgées, les personnes qui ne sont pas hospitalisées et les femmes enceintes. Ce système leur permet de diagnostiquer plus tôt et d'éviter les complications. Il utilise des capteurs ECG pour surveiller la fréquence cardiaque et des capteurs d'oxymètre de pouls, la pression artérielle et le glucomètre, l'état de santé du patient est surveillé depuis son emplacement et il n'a pas besoin d'être dans le service médical, ce qui a conduit à la mise en place d'un système médical intégré. Système qui fonctionne à distance via Internet en temps réel. Les informations médicales du patient, qui sont stockées dans le Cloud, sont accessibles sans fil via les technologies de connectivité Wi-Fi ou Bluetooth, par exemple, et les systèmes cellulaires.

Dans cette note, nous aborderons l'ECG utilisant les capteurs de fréquence cardiaque AD8232, ainsi que le calcul de l'impulsion de saturation en oxygène via le capteur MAX30102 connecté à la carte NodeMCU ESP8266, qui contient un microcontrôleur et un module de réseau sans fil WIFI qui peut être programmé avec le Logiciel IDE Arduino.

Ce microcontrôleur fonctionne avec la disponibilité de l'Internet Wi-Fi pour livrer les informations obtenues à une application ou serveur dans le téléphone,

l'ordinateur ou tout appareil intelligent, ce dernier se connecte au Cloud et envoie les informations et est stocké dans le Cloud, à partir duquel il contacte directement le médecin pour évaluer, analyser et surveiller l'évolution de la santé du patient. En outre, les parents et les proches peuvent suivre l'état du patient.

Cette recherche est divisée en trois chapitres :

- Le premier chapitre traite, en général, **sur le monitoring de la santé embarqué connecté le Cloud.**
- Le deuxième chapitre pour la **Conception matérielle et logicielle.**
- Le troisième chapitre pour **l'Implémentation et résultats**

CHAPITRE 01 :

Généralités sur le monitoring de la santé embarqué connecté le Cloud

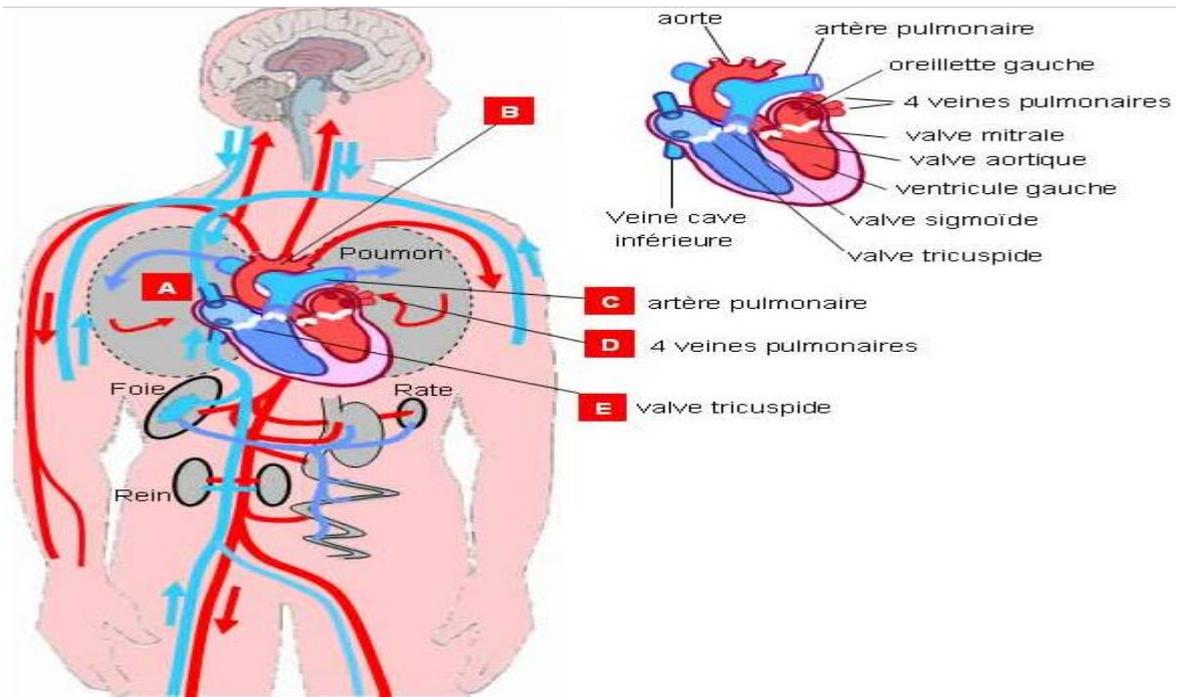
1 Le système cardio-vasculaire :

Le cœur est un organe musculaire qui fonctionne comme une pompe. Il est divisé en deux parties : le côté droit, constitué du ventricule droit et de l'**atrium** droite, anciennement appelé **oreillette** droite, chargés du transport du sang pauvre en oxygène, et le côté gauche constitué du ventricule gauche et l'oreillette gauche. Ce côté est responsable du transport du sang riche en oxygène vers toutes les parties du corps. Cette division empêche le mélange du sang saturé en oxygène (sang rouge) avec du sang pauvre en oxygène (sang bleu).

Les vaisseaux sanguins et le cœur forment ensemble le système cardiovasculaire ou le système circulatoire.

La circulation sanguine commence par pomper le sang riche en hémoglobine saturée en oxygène (sang rouge) du poumon vers le cœur en passant par l'oreillette gauche vers le côté gauche, puis il est pompé par le ventricule gauche vers l'aorte vers les différents tissus et organes de l'organisme doit être approvisionné en oxygène et en substances vitales. Ce cycle est appelé cycle systémique.

Le deuxième cycle commence par le retour du sang vers le cœur. L'oxygène présent sur l'hémoglobine a été épuisé après avoir traversé tout le corps pour devenir bleu. Il pénètre dans le côté droit du cœur pour s'accumuler et est pompé vers les poumons. à travers les artères pulmonaires. Les poumons chargent l'hémoglobine en oxygène, de sorte que le sang devient rouge et se sature en oxygène. Ce cycle est le cycle pulmonaire.



1- [A] : +Veine cave inférieure

2- [B] : Aorte

Figure 1.1 : Le système cardio-vasculaire. [1]

Le cœur pompe 5 litres de sang par minute, et il bat entre 60 et 100 battements par minute chez une personne en bonne santé qui est au repos, ce qui équivaut à environ 100 000 battements par jour.

Lorsque le cœur bat, il se contracte puis étend. Pendant la contraction, les ventricules se contractent, ce qui pousse le sang de l'intérieur vers les vaisseaux sanguins qui le distribuent aux poumons et au corps. Ainsi la fréquence cardiaque dépend donc du nombre de contractions ventriculaires, En termes médicaux, la fréquence cardiaque est le nombre de battements par unité de temps, généralement par minute (BPM). Le rythme peut être trop rapide (tachycardie) ou trop lent (bradycardie).

Il existe un réseau de conduction électrique dans le cœur et il maintient le pouls. Ces signaux électriques commencent dans le « nœud sinusal » situé au-dessus de l'atrium droit, Plus précisément autour de l'entrée de la veine cave supérieure dans cet atrium, Il stimule la contraction des atrioms, C'est un groupe de cellules nerveuses qui ne peuvent être distinguées à l'œil nu du reste du cœur.

Mais il peut être distingué par son activité électrique distincte, car il émet un courant électrique qui régule le rythme cardiaque, et c'est ce qui accélère le cœur en colère et en jogging, c'est aussi ce qui le ralentit lorsqu'il dort, et c'est la principale station électrique du cœur.

Les signaux se déplacent ensuite vers le nœud auriculo-ventriculaire, se trouve au niveau de la portion postéro-inférieure de la cloison inter-atriale, dans l'atrium droit, en avant de l'abouchement du sinus coronaire. [2]

Ensuite, il y a des connexions nerveuses à l'intérieur du muscle cardiaque, qui délivrent de l'électricité sous forme de fibres nerveuses aux ventricules [3], pour délivrer le signal avec le début de la pression. Le dispositif de conduction électrique maintient le cœur battre avec la contraction et la relaxation du muscle cardiaque à un rythme coordonné et sain, ce qui permet au sang de circuler correctement.

Il est étrange que les cellules du cœur aient deux points qui les distinguent des autres cellules du corps, voire du cerveau : le premier est qu'elle peut produire de l'auto-électricité qui conduit à la contraction, et la seconde est qu'elle conduit cette électricité aux cellules voisines. [3]

Le rythme cardiaque peut être ressenti dans le poignet, le côté du cou, l'arrière des genoux, le dessus du pied, l'aîne et d'autres endroits du corps où l'artère est proche de la peau.

Deux classes de capteurs sont utilisées pour mesurer la fréquence cardiaque : des capteurs pour l'activité électrique du cœur (dans un électrocardiogramme) et un microphone pour un stéthoscope électronique.

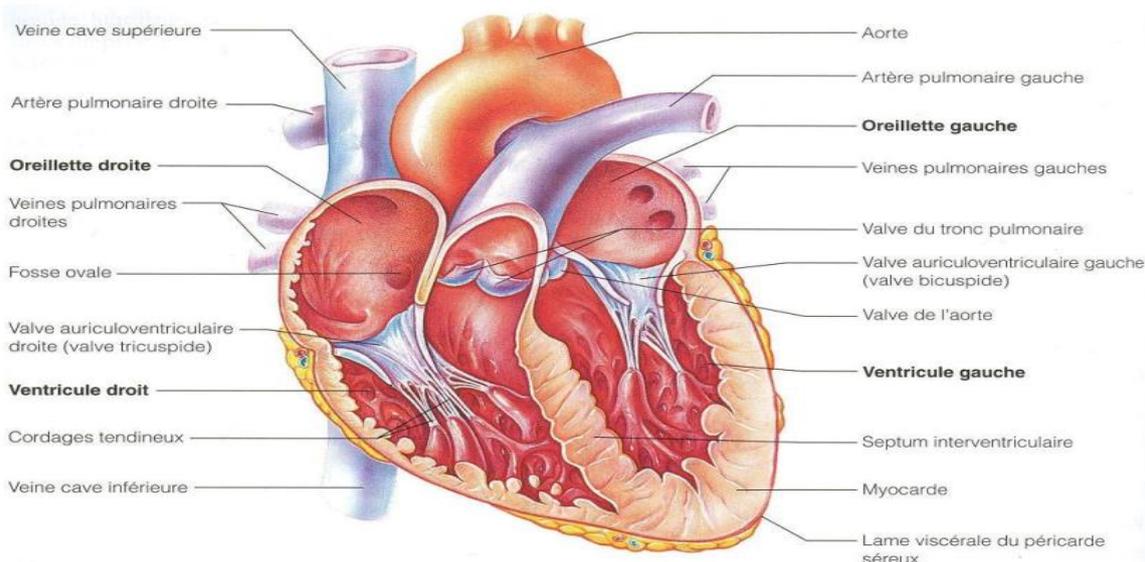


Figure 1.2 : Anatomie du cœur : Coupe frontale. [4]

1.1 Electro-diagramme (ECG) :

Le Hollandais (Willem Eindhoven) a inventé en 1903 une machine pour enregistrer le courant électrique généré par l'activité du cœur, puis cette machine a évolué pour devenir un appareil pour l'électrocardiogramme (ECG) que nous connaissons aujourd'hui.[23]

L'électrocardiogramme est un enregistrement de l'activité électrique du cœur, la stimulation électrique de la cellule du muscle cardiaque produit l'apparence d'une activité électrique et mécanique qui peut être enregistrée. Le diagramme apparaît sous la forme d'ondes dessinées sur un papier millimétré qui se déplacent dans l'ECG à une vitesse spécifique. L'activité électrique du cœur est enregistrée grâce à plusieurs électrodes, qui sont des capteurs fixés à la poitrine, aux pieds et aux bras, ces électrodes tentent de détecter de très petits courants, il est donc nécessaire de maintenir un bon contact avec la peau et d'utiliser un gel pour améliorer cela lors de la conduite. [5][6]

Lors de l'enregistrement de l'ECG, le patient est allongé et cette méthode s'appelle (l'ECG en état de sommeil). Parfois, l'ECG est enregistré pendant que le patient fait de l'exercice, ou après avoir pris un traitement ou une stimulation cardiaque, et l'électrocardiogramme dans ce cas est appelé (ECG en cas d'effort),

ce qui est utile pour savoir si le cœur reçoit suffisamment d'oxygène lors de grands efforts. [23]

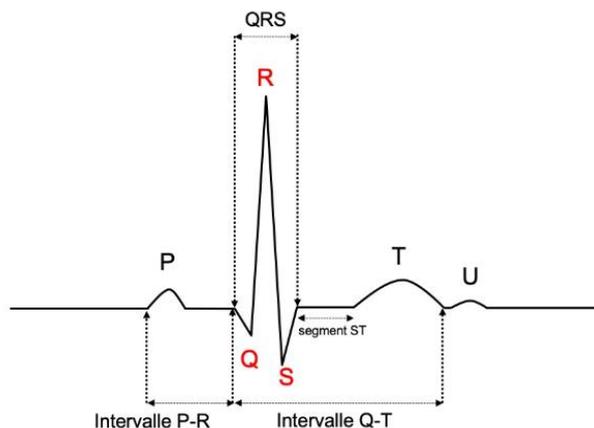


Figure 1.3 : ECG de rythme cardiaque normal

Le rythme cardiaque normal se compose d'une onde P, d'un complexe QRS, d'une onde et d'un segment ST.

- L'onde P est la représentation de la contraction des oreillettes ;
- L'espace entre P et Q est le temps nécessaire à l'influx nerveux pour aller des oreillettes aux ventricules ;
- Le complexe QRS traduit la contraction des ventricules ;
- Le segment ST représente la fin de la contraction ventriculaire ;
- L'onde T correspond à la relaxation des ventricules.[7]

2 Internet des objets (IoT) :

« Internet of Things » en anglais ou « Internet des Objets » est symbolisé par (IoT) ou (IdO) est une tendance technologique émergente et cela signifie l'état de réseau complexe dans lequel les objets de notre environnement sont connectés les uns aux autres, "Objets" telles que les appareils électroménagers, les outils électriques, médicaux, industriels, automatiques et électroniques ... et d'autres, et c'est grâce à des mécanismes de communication, de logiciels, de capteurs, de technologies d'intelligence artificielle et des ordinateurs géants pour que des processus intensifs d'échange des informations

et des données, de réception de commandes et de communication entre les objets connectés de manière indépendante sans intervention humaine, et pour y parvenir, trois composants principaux doivent être disponibles : Internet, un objet physique connecté au Internet et un programme qui contrôle les choses matérielles, soit automatiquement, soit par intervention humaine.[8][9],

Les mécanismes de communication sont : Wi-Fi, Bluetooth, RFID, NFC ... etc.

L'IoT génère d'énormes quantités de données, ce qui fait peser une lourde charge sur l'infrastructure Internet, et c'est là qu'intervient le Cloud computing.

3 Cloud Computing :

Le Cloud computing est une technologie moderne, flexible et basée sur Internet qui fournit des services informatiques, notamment des serveurs, du stockage, des bases de données, des outils de gestion de réseau, des logiciels et des outils d'analyse en ligne (le Cloud). Il est considéré comme la nouvelle forme de stockage de données au XXIe siècle. Un fichier ou un contenu personnel (photos, vidéos, musique, documents, etc.) peut être stocké dans le Cloud via un lien Internet sécurisé et accessible partout dans le monde depuis n'importe quel terminal connecté, sans avoir à le stocker sur un ordinateur personnel. De plus, une fonctionnalité du Cloud permet aux utilisateurs autorisés d'accéder à vos données de n'importe où et à tout moment. Par exemple, dans notre projet, un patient stocke ses données et l'évolution de sa santé à l'aide de l'ECG et de l'oxymétrie de pouls dans le Cloud pour évaluation et transmission par le personnel médical, et les utilisateurs autorisés sont le patient et le médecin. La famille et les proches peuvent également suivre l'état du patient si cela est autorisé.

Les principaux services proposés en Cloud computing sont le SaaS (Software as a Service), le PaaS (Platform as a Service) et le IaaS (Infrastructure as a Service) ou le MBaaS (Mobile Backend as a Service). On distingue généralement trois types de Cloud : le Cloud public — accessible par Internet —, le Cloud d'entreprise ou privé : accessible uniquement sur un réseau privé, le Cloud intermédiaire ou hybride : qui est une combinaison entre le Cloud public et le Cloud privé. Le Cloud computing permet aux entreprises de minimiser les coûts d'infrastructure informatique [24] et de bénéficier d'une adaptation des

ressources en fonction des fluctuations de l'usage, avec cependant une augmentation notable des coûts d'exploitation du réseau.

Le Cloud est comme le « cerveau » de la plupart des opérations IoT car la plupart des données collectées peuvent être traitées et analysées dans le Cloud.[10]

4 Système embarqué :

Un système embarqué est un système électronique et informatique autonome, qui est combiné en un autre objet pour effectuer des tâches spécifiques, souvent en temps réel. Le système embarqué est de taille extrêmement petite et utilise une faible consommation d'énergie à l'aide de microprocesseurs ou microcontrôleurs à basse consommation d'énergie. La conception de systèmes embarqués nécessite des compétences en électronique, en informatique industrielle et en automatisation. [11]

L'électronique embarquée est utilisée dans des nombreux domaines où ils font désormais partie de notre vie quotidienne. En plus des ordinateurs qui sont les systèmes embarqués les plus connus, on trouve aussi les téléphones mobiles, l'aéronautique, l'électroménager, les lecteurs de musique, les PDA et des cartes de paiement, il est presque impossible de tourner la tête sans voir au moins une application. . Sans oublier les applications moins « voyantes » mais non moins répandues : auto-assistance, monitoring du trafic, contrôles d'accès, systèmes de sécurité, etc. ... Pour arriver à ce résultat, l'électronique a dû s'adapter progressivement pour devenir portable, puis ultra-miniaturisée : c'est la naissance des systèmes embarqués.[12]

Les domaines d'application de l'électronique embarquée sont nombreux, parmi lesquels :

- **Domaine de transport :** GPS, navigation, voitures, avions, trains, bateaux, automobiles et Ferroviaire, etc.
- **Domaine médical:** Imagerie (rayons X, échographie, IRM), caméra, monitoring, perfusion, laser, stimulateur cardiaque

- **Domaine de communication:** station mobile, routeur, Gateway, satellite ; téléphone portable.
- **Domaine industriel:** Production automatisée, systèmes de contrôle de puissance et équipements de stockage
- **Domaine de construction:** Ascenseurs, contrôle d'accès et système de contrôle, systèmes d'éclairage...
- **Astronautes :** fusée, satellite, sonde spatiale, etc.

Tout système appartenant à un domaine de systèmes embarqués peut être divisé en deux parties

Système contrôlé et système de contrôle

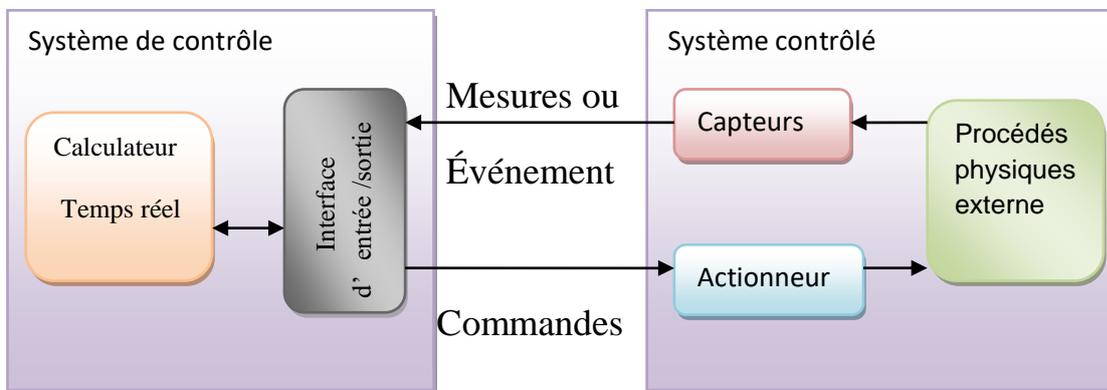


Figure 1.4 : système embarqué de temps réel

- **Système contrôlé :** C'est l'environnement du système réactif. C'est un procédé équipé d'une instrumentation qui réalise l'interface avec le système de contrôle.
- **Le système de contrôle :** éléments matériels (microprocesseurs...) et logiciels dont la mission est d'agir sur le procédé via les actionneurs en fonction de l'état de ce procédé indiqué par les capteurs de manière maintenir ou conduire le procédé dans un état donné. [13]

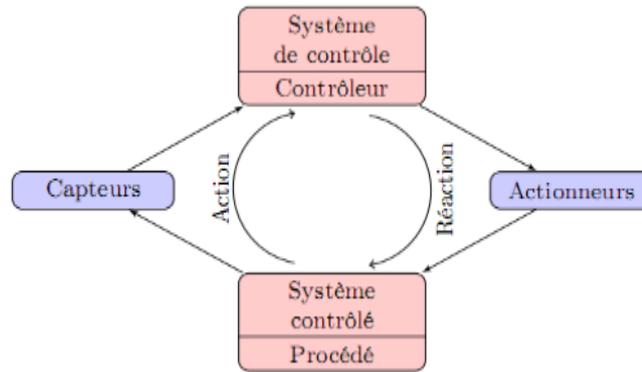


Figure 1.5 : Architecture générale d'un système de contrôle/commande

4.1 Les capteurs :

Un capteur est un dispositif permettant de mesurer la grandeur physique d'un phénomène particulier et de la convertir en une grandeur physique d'une autre nature utilisable, souvent une tension ou un courant électrique. Le signal électrique du capteur est transformé en un signal numérique qui peut être utilisé à des fins de mesure ou de commande.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Mis en œuvre dans le domaine du matériel.

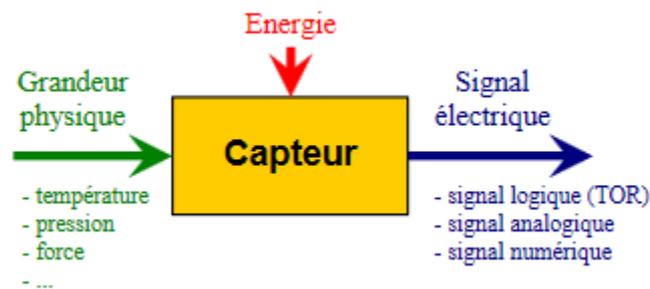


Figure 1.6 : fonctionnement de capteur

4.1.1 Les capteurs médicaux :

Les capteurs sont des dispositifs qui détectent les signaux physiques, chimiques et biologiques et fournissent un moyen de mesurer et d'enregistrer ces signaux. Les dispositifs utilisés pour diagnostiquer, surveiller ou traiter les maladies dans

le domaine médical sont appelés capteurs médicaux. Dans le secteur médical, on trouve des capteurs de température, des détecteurs de pression, des capteurs de débit, des capteurs acoustiques, des capteurs de gaz et de liquide, des caméras, des capteurs d'images et des capteurs de champ magnétique.

Avec l'augmentation de la population, le vieillissement et les maladies chroniques, les systèmes de surveillance automatique des patients deviennent de plus en plus courants. Sa popularité découle de sa cohérence et de sa répétabilité ainsi que de son faible coût.

Les capteurs biomédicaux peuvent détecter des processus biologiques, chimiques ou physiques spécifiques, puis transmettre ou rapporter des données. Ces capteurs pourraient également être des composants de systèmes qui traitent des échantillons cliniques, tels que les appareils de laboratoire de plus en plus courants. Des capteurs biomédicaux sont utilisés pour obtenir des informations sur le corps et la pathologie. Les gens comptent de plus en plus sur les services de soins à domicile en raison des coûts croissants des traitements médicaux dans les hôpitaux et les cliniques Medicare. Avec cela, la demande pour divers appareils de santé devrait augmenter au cours des prochaines années. [14]

Dans ce projet, nous étudierons deux capteurs issus du domaine médical, le capteur de fréquence cardiaque (ECG) AD8232 et le capteur de saturation en oxygène (SpO₂) MAX30102.

5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons identifié les éléments les plus importants de notre projet, et nous avons révélé la généralité du système embarqué et de l'Internet des Objets que nous retrouvons de différentes manières et facettes dans notre vie quotidienne, et bien sûr l'Internet des objets. Internet des Objets que l'on retrouve souvent connecté au cloud d'une certaine manière, nous mentionnons dans ce projet l'Internet des Objets qui a touché le secteur de la santé. Donc, dans ce chapitre, nous avons fait une petite présentation sur les fonctions du cœur humain qui est le composant le plus important du corps et dans le système cardiovasculaire, dans ce système, nous pouvons trouver le rythme cardiaque qui affiche le nombre de battements cardiaques à chaque fois ou en général il est calculé par minute par unité BPM (battements par minute) . Nous définissons un électrocardiogramme (ECG) qui affiche le travail électrique des cœurs représenté par ensembles des ondes sur une feuille métrique. Nous avons également présenté les articles les plus importants échangés et utilisés dans ce projet. Nous reviendrons plus en détail sur le projet dans les chapitres suivants

CHPITRE 02 :

Etude Electronique

Introduction :

Ce chapitre détaille le projet et fournit un schéma fonctionnel du projet qui montre une étude électronique de la façon dont les composants sont connectés et une série d'événements qui correspondent au transfert d'informations dès le premier instant. Scène jusqu'à la fin.

1 Architecture globale du système d'acquisition :

Cette figure représente un schéma synoptique qui explique le principe de fonctionnement de notre projet. Quand il le voit, il nous apparaît clairement que le circuit du système basé principalement du nodeMCU pour transmettre Et affichez les données cryptées de manière claire et facilement compréhensible sur le téléphone ou le PC. Ces données sont représentées dans l'électrocardiogramme que nous obtenons de la connexion des électrodes ad8232 à la poitrine humaine. De plus, les informations sur la saturation en oxygène dans le sang et le pourcentage de la fréquence cardiaque en plaçant un doigt sur le capteur max30102 qui fonctionne par ondes photoélectriques. Ces deux capteurs ad8232 et max30102 sont connectés au nodeMCU, qui exécute et mesure à l'aide du programme que nous avons saisi et conserve à l'intérieur de celui-ci les informations cryptées qu'il reçoit des deux capteurs.

Le nodeMCU connecté au Cloud et transmet et stocke ces données dans le Cloud en utilisant le réseau sans fil en temps réel. Alors nous pourrons afficher et voir ces données médicales obtenues sur un Smartphone, un ordinateur portable ou tout autre appareil intelligent, et atteindre l'objectif du projet en apportant ces informations à la partie souhaitée, l'hôpital.

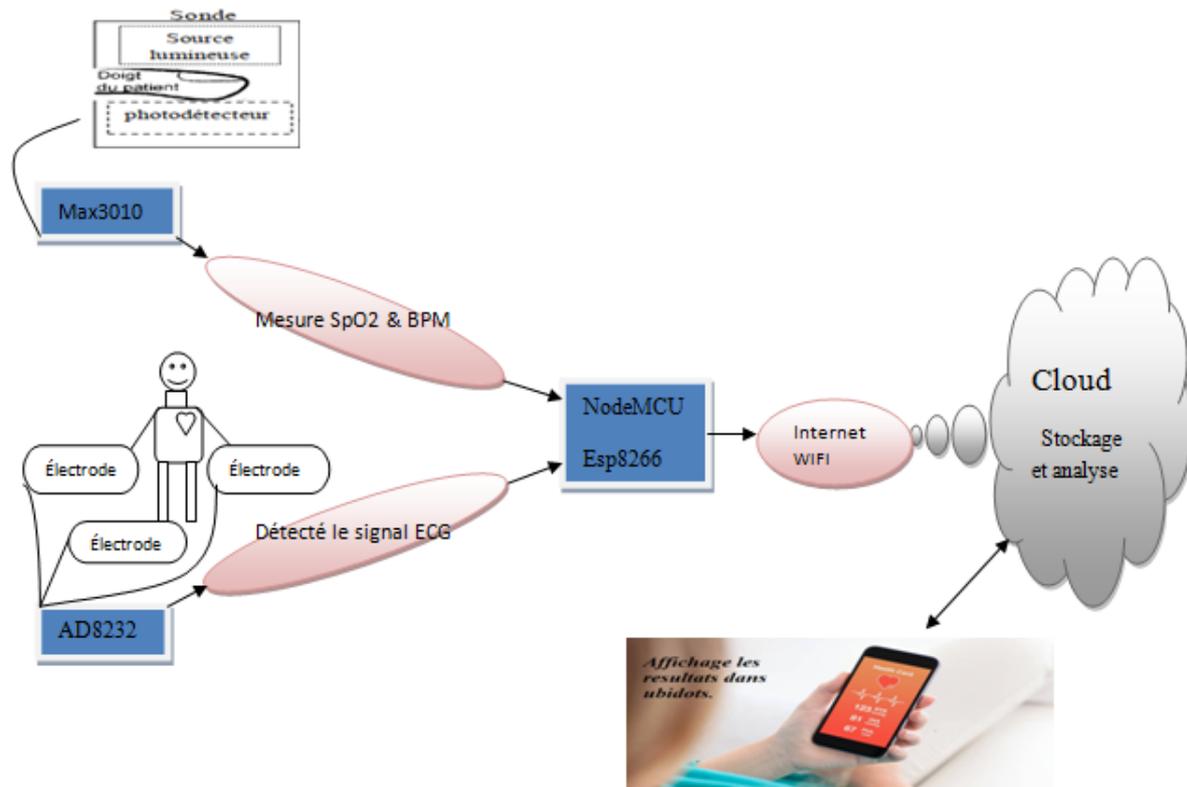


Figure 2.1 : Schéma synoptique du système moniteur

2 Interface Hardware :

2.1 Node MCU ESP8266 :

Node MCU (Node Micro Controller Unit) : est un environnement de développement logiciel et matériel open source construit autour d'un système sur puce (SoC) peu coûteux appelé ESP8266, conçu et fabriqué par des systèmes espressifs.

Node mcu est un circuit intégré à microcontrôleur (32-bit RISC CPU Tensilica Xtensa LX106 à 80 MHz) avec connexion WiFi développé par le fabricant chinois Espressif.

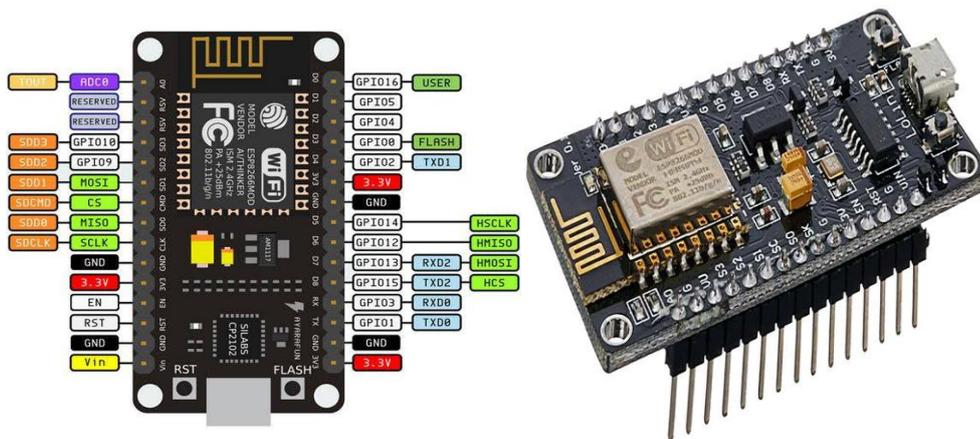
L'ESP8266 possède une capacité de traitement interne et de mémoire RAM de 64 Kb et une mémoire flash de 4MB pour la programmation et l'enregistrement des données.

Pour créer des objets connectés, est de les connecter à un réseau comme le réseau WiFi. L'émetteur et l'antenne WiFi intégrés au microcontrôleur permettent la connexion à Internet. Grâce à cela, il est possible de créer un serveur qui héberge une page Web permettant de piloter le microcontrôleur à distance. Cette page peut servir à afficher des valeurs mesurées par le Node MCU ou bien piloter des entrées/sorties du microcontrôleur. ce que Faire de la carte Node MCU un excellent choix pour les projets d'Internet des objets toutes sortes. [16]

L'ESP8266 peut se programmer de plusieurs façons :

- avec des scripts Lua avec le *firmware* NodeMCU
- en C++ avec l'IDE Arduino (Linux)
- en C avec le SDK d'Espressif
- en C avec le SDK *esp-open-sdk* basé sur la chaîne de compilation GCC

Remarques : il existe aussi des possibilités avec Javascript et Python. [15]



par une alimentation 1,8 V et une alimentation séparée 5,0 V pour les lumières LED d'intérieur. Le MAX30102 est un appareil portatif pour les doigts, le lobe de l'oreille et le poignet. N'importe quel microcontrôleur Arduino et ESP32, ESP8266 peut être utilisé pour mesurer facilement les paramètres de santé du patient en termes de calcul de la fréquence cardiaque et de l'oxygène dans le sang.

Par rapport à la génération précédente MAX30100, la puce intègre un cache en verre qui élimine efficacement les interférences lumineuses internes et externes et offre les meilleures performances fiables.[17]



Figure 2.3 : module MAX30102

2.3 Capteur AD8232 :

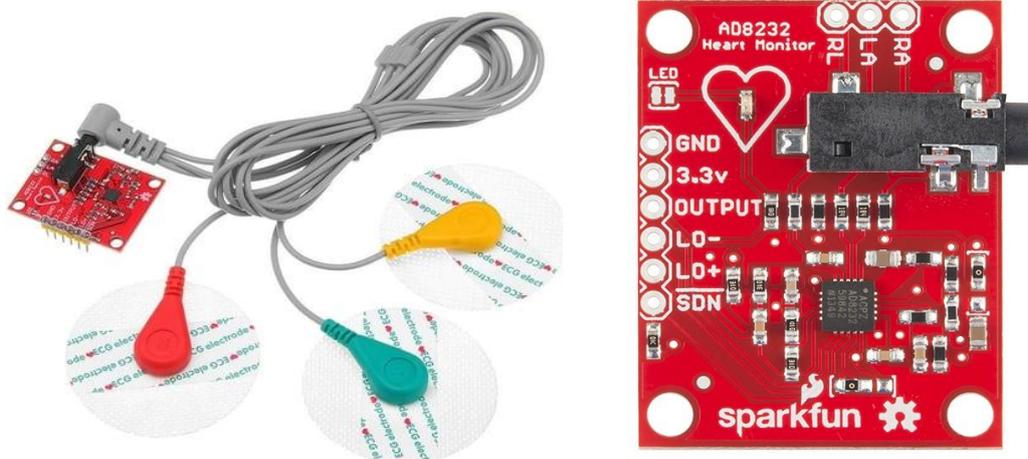


Figure 2.4: module d'Electrocardiogramme AD8232

Le module AD8232 permet d'enregistrer l'activité électrique du cœur, en obtenant un électrocardiogramme. Il est conçu pour extraire et filtrer l'amplification de petits signaux vitaux en présence de conditions bruyantes, telles que celles causées par le mouvement ou le placement d'électrodes distales. Ce capteur obtient ECG grâce à des électrodes placées sur la peau, en particulier à l'avant de la poitrine, sur les bras et les jambes. Il dispose d'un indicateur LED qui bat au rythme du battement cardiaque.

2.4 Monochrome 0.96" 128x64 OLED Graphic Displays:

L'acronyme 'OLED' signifie « Organic Light-Emitting Diode » une technologie qui utilise des LED qui utilise des led partir de molécules organiques. Ces LED organiques sont utilisées pour fabriquer des panneaux d'affichage considérés comme les meilleurs au monde. Ce module d'affichage OLED de 0,96 pouce a une résolution de 128×64 pixels. Ils sont beaucoup plus fins que les écrans LCD avec une bonne luminosité et peuvent également produire des couleurs meilleures et réalistes.

Le module d'affichage OLED est très compact et ajoutera une excellente expérience d'interface utilisateur aux les projets d'Arduino. Le modèle que nous utilisons a quatre broches et utilise le protocole de communication I2C pour communiquer avec n'importe quel microcontrôleur. Certains modèles ont une broche RESET supplémentaire ou utilisent le protocole de communication SPI pour la communication.

Il existe plusieurs bibliothèques qui peuvent être utilisées pour contrôler les écrans OLED à l'aide de l'ESP8266. Dans ce tutoriel, nous utiliserons deux librairies Adafruit : la bibliothèque Adafruit_SSD1306 et la bibliothèque Adafruit_GFX.

3 Partie Algorithmique:

1- Initialisation: Le système doit d'abord initialiser et mettre tous les capteurs dans l'état initial, c'est-à-dire qu'à $t = 0$, nous mettons l'électrode AD8232 sur la poitrine du patient, et nous mettons le doigt dans le détecteur avec MAX30102

pour lire l'ECG Maladie état du signal cardiaque et de la saturation du pouls (oxymètre).

2- Lecture : Le détecteur lit l'électrocardiogramme du patient et spo2 pour obtenir les informations médicales du patient. Ces informations sont envoyées au nodeMCU pour traitement. Ces informations lisibles sont chargées de certaines impuretés et externes, de sorte que l'étape de filtrage en provient.

3- Le filtrage

Le filtre est une technologie qui supprime le "bruit" autour du "signal" généré par l'électrocardiographe. Le bruit à haute fréquence est causé par l'activité musculaire extracardiaque et les interférences des équipements électroniques. Le bruit à basse fréquence est causé par les mouvements du corps liés à la respiration, les changements physiques et chimiques causés par les électrodes placées sur la peau et de petits changements dans le flux sanguin. Pour réduire ces bruits (parasites), le patient doit respirer calmement et éviter de bouger ou de toucher du métal. Avant de placer les électrodes, la peau doit être parfaitement préparée (rasage, simple lavage et frottement pour améliorer le flux capillaire des électrodes périphériques, ne pas utiliser d'alcool). Il est également nécessaire d'éviter le chevauchement des fils d'enregistrement (boucles). [18]

Il existe plusieurs types de filtres, dont les plus connus sont :

- Filtre passe-haut
- Filtre passe-bas
- Filtre passe-bande
- Filtre moyenne glissante ou mobile :
- Filtre exponentielle

Dans notre projet on va travailler avec le filtrage avec la moyenne mobile

- **Filtre moyenne glissante :**

La moyenne mobile ou moyenne mobile est une moyenne statistique utilisée pour analyser des séries de données ordonnées, la plus courante étant les séries chronologiques, qui élimine les fluctuations instantanées pour mettre en évidence les tendances à long terme. La raison pour laquelle cette moyenne est dite mobile est qu'elle est constamment recalculée et que chaque calcul utilise un sous-ensemble d'éléments, où de nouveaux éléments remplacent les éléments les plus anciens ou sont ajoutés au sous-ensemble.

Ce type de moyenne est généralement utilisé comme méthode de lissage des valeurs, en particulier dans plusieurs autres secteurs de l'industrie, du commerce et de l'économie, tels que l'établissement de prévisions de demande de produits ou de services, la détermination de prévisions de ventes, 1 pour vérifier des séries chronologiques macroéconomiques (produit intérieur brut, emploi ou autre).

Mathématiquement, toute moyenne mobile est un exemple de convolution. Physiquement parlant, la moyenne mobile est un filtre passe-bas, elle a donc une connexion profonde avec le traitement du signal. En particulier, la moyenne mobile exponentielle, dont nous parlerons plus tard, est un filtre passe-bas linéaire du premier ordre très classique. [19]

La formule de calcul de la moyenne mobile simple est :

$$\bar{X}(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X(n)$$

4- Connexion : Avec le logiciel que nous avons créé et placé sur le nodeMCU, nous pouvons nous connecter sans fil à Internet via WIFI, le nodeMCU transmettra et stockera les informations traitées dans le Cloud. Aussi nous pouvons afficher les informations oled si et seulement si la connexion est réussie d'après mon projet.

5- Affichage : Les informations stockées dans le Cloud sur les Smartphones, ordinateurs et autres appareils intelligents sont affichées sur la page ubidots. Sur cette page, vous pouvez voir les données au repos pour l'ECG, le pouls d'oxygène et la fréquence cardiaque MAX30102. Vous pouvez également vérifier l'évolution et mettre à jour l'état du patient directement sur cette page.

La visualisation dans le Cloud est l'objectif de ce projet. Les médecins peuvent observer les progrès médicaux d'un patient et évaluer son état de santé.

On peut aussi suivre l'information moment par moment par l'Oled.

4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous décrivons les différentes étapes qui ont contribué à la réalisation du projet. Nous avons révélé tout ce qui devait être fait dans la partie pratique et la partie algorithmique, et les étapes impliquées dans chacune d'entre elles. Nous avons présenté le principe de fonctionnement de chaque circuit que nous avons réalisé et la méthode de liaison avec le microcontrôleur. En général, nous avons résumé l'étude de projet électronique.

Chapitre 03 :

Implémentations et résultats

Introduction :

Dans ce chapitre, nous définirons la nature de l'environnement utilisé pour réaliser notre travail, réalisation électronique et logicielle. Nous utiliserons le programme Fritzing pour la recherche électronique et l'assemblage de circuits, et nous utiliserons également un logiciel pour programmer nos projets, Arduino IDE est utilisé pour écrire des programmes de simulation informatique et configurer node MCU.

1 Environnement :

1.1 Fritzing :

Fritzing est une initiative matérielle open source qui donne à tous l'accès aux appareils électroniques en tant que ressource créative. En fournissant des outils logiciels, des sites Web et des services communautaires axés sur le traitement, Arduino promeut un écosystème créatif qui permet aux utilisateurs de documenter des prototypes et de les partager avec d'autres. [20]

Le logiciel à trois vues principales.

- La « Platine d'essai », Affichez les composants tels qu'ils sont et construisez l'assemblage.
- La « Vue schématique », qui représente un schéma fonctionnel d'un circuit.
- Le « Circuit imprimé », qui représente l'image d'un circuit d'impression affichée dans un PDF à imprimer. [2]

La bibliothèque de composants a un format ouvert "Fritzing Part Format", extension .fzp,

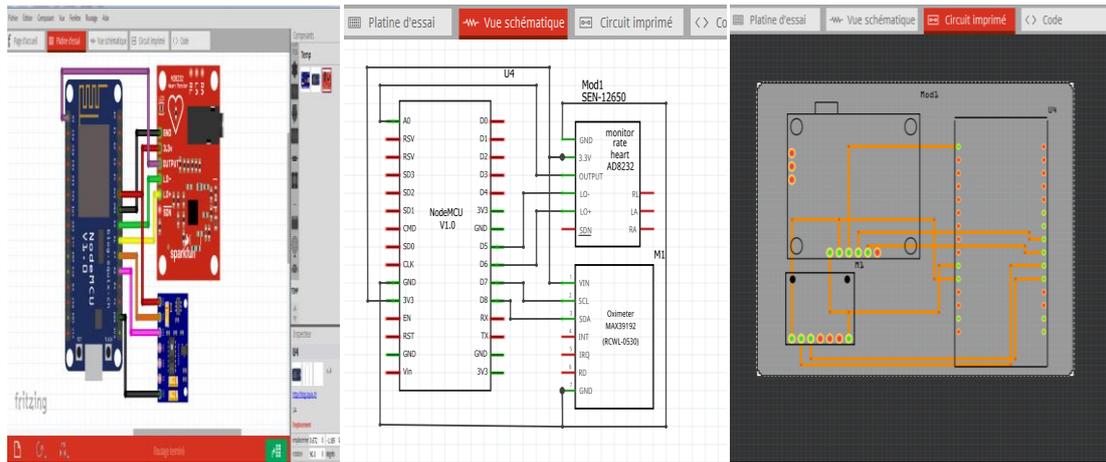


Figure 3.1 : les trois vues principales de logiciel Fritzing.

1.2 Arduino :

Arduino IDE (Integrated Development Environment) : Il s'agit d'un environnement informatique de développement intégré disponible sur les plateformes Linux, Mac et Windows, utilisé pour écrire et télécharger du code de l'ordinateur vers la carte de développement programmable (microcontrôleur, Arduino...), ce logiciel dépend du langage C / C++ dans les logiciels d'édition et d'écriture de codes.

Il peut être téléchargé sur le site officiel « <http://arduino.cc/en/Main/Software> »

Ce logiciel contient dans son interface un éditeur de texte pour écrire le code et une barre d'outils pour contrôler les paramètres, Il contient également une zone pour vous alerter des erreurs et problèmes et de leur type qui se sont produits pendant le processus de programmation pour les corriger.

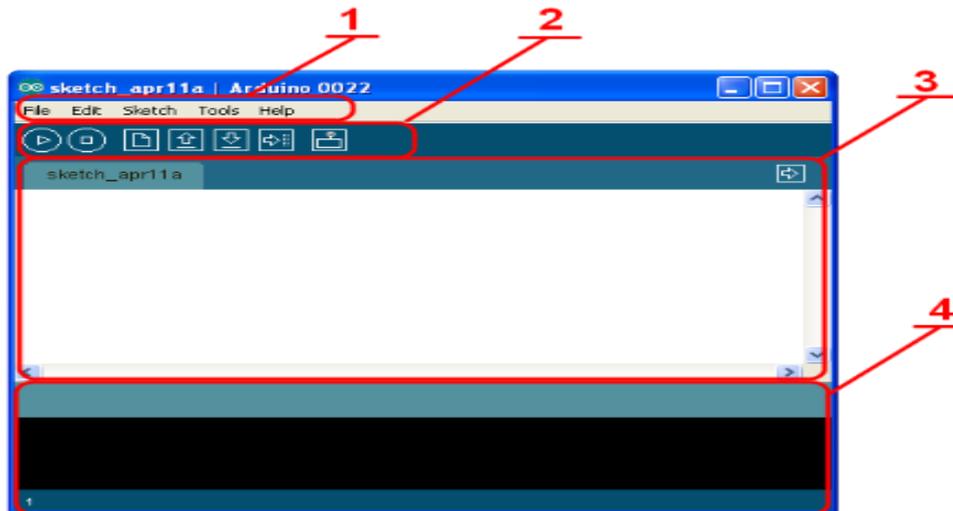


Figure 3.2 : L'interface du logiciel Arduino. [22]

- 1 → option de configuration du logiciel
- 2 → boutons pour la programmation des cartes
- 3 → programme à créer
- 4 → débogueurs (affichage des erreurs de programmation)

Le logiciel Arduino IDE représente le compilateur qui convertit le code dans un langage que l'appareil programmé peut comprendre.

Afin de télécharger les fichiers logiciels sur la carte de développement (microcontrôleur), la carte doit être connectée à l'ordinateur via un câble USB. De plus, vous devez choisir le type de carte utilisé et le numéro de port utilisé avant de télécharger le code sur la carte, à travers les deux options « type de carte » et « porte » sur le menu « outils ».

Dans ce projet, lors de la première utilisation du logiciel Arduino IDE, il n'y a aucune information sur la carte de développement esp8266, elle doit donc être téléchargée.

Vous devez d'abord aller dans le menu « fichier ». Et en choisissant "préférences", saisissez ensuite dans "l'URL de gestionnaire de cartes supplémentaires" le texte « http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json », alors ok. Comme le figure 8.

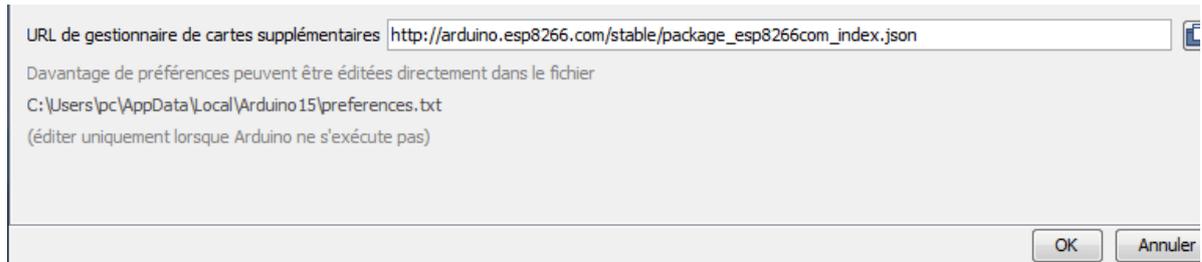


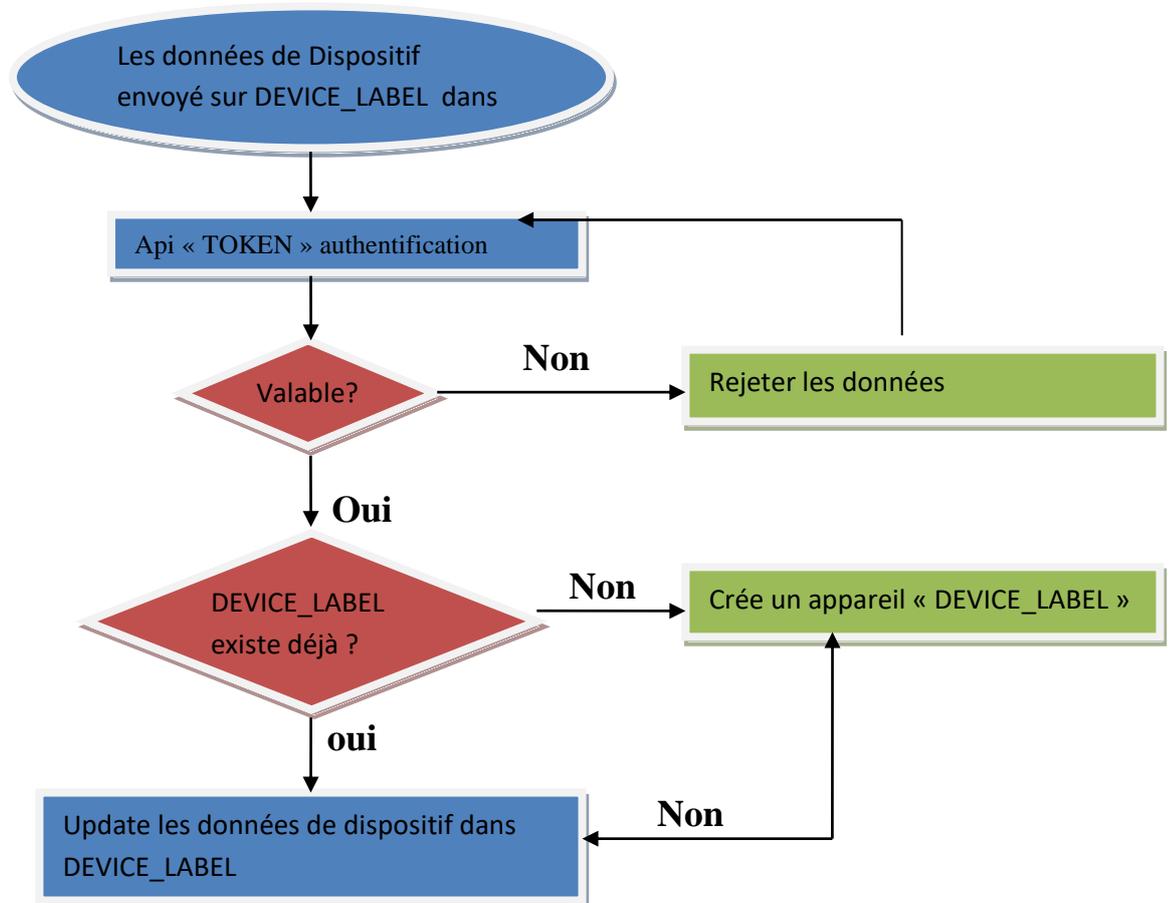
Figure 3.3 : entrée URL de gestionnaire de cartes esp8266.

Allez ensuite dans les paramètres depuis le menu « **outils >> type de carte >> gestionnaire de carte** » et entrez ‘ESP8266’ dans le bouton de recherche et installez-le, l’installation prendra quelques minutes. Maintenant, après l’installation, le type de plaque ESP8266 et le numéro de porte peuvent être déterminés.

1.3 Le server web Ubidots :

Ubidots est fondée en 2013, est une startup soutenue par des investisseurs qui fournit une plate-forme d’applications IoT pour les créateurs, les éducateurs et les professionnels. C’est une société de visualisation et d’analyse de données Internet des objets (IoT). Nous convertissons les données des capteurs en informations clés pour la prise de décision commerciale, l’interaction machine à machine, l’éducation et la recherche, et fournissons aux utilisateurs des données et une visualisation en temps réel via une plate-forme facile à utiliser, personnalisable et prenant en charge les applications, économiser les ressources mondiales. Utilisez une entrée Cloud sécurisée. Leur plate-forme prend en charge la plupart des options matérielles, des protocoles de communication et des backends de séries chronologiques pour créer une plate-forme IoT complète, des prototypes IoT imaginatifs aux systèmes de capteurs complets. Ils offrent également un niveau commercial, permettant aux intégrateurs de systèmes de personnaliser leurs applications IoT, de gérer les clients et les utilisateurs, et les Ubidots existent comme un moyen simple et abordable d’apporter la puissance de l’IoT dans votre entreprise ou votre bureau.

Les composants de base de toute application Internet des objets alimentée par Ubidots sont : les appareils, les variables, le moteur de variables synthétiques, les tableaux de bord et les événements.



Figures 3.4 : Organigramme représente le principe de fonctionnement de Platform Ubidots.

2 Câblage AD8232 avec ESP8266 :

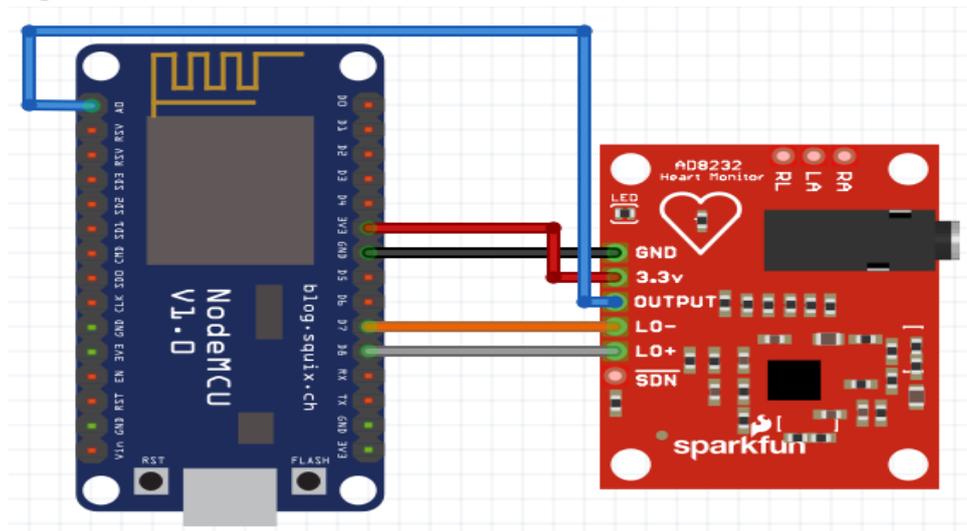


Figure 3.5 : schéma pour câbler Node MCU et AD8232 in Fritzing

Ce circuit mesure et affiche l'électrocardiogramme du signal d'électrocardiogramme pour étudier l'activité électrique du cœur. Le nodeMCU Esp8266 contient une broche ADC 10 bits pour la conversion analogique-numérique, qui est connectée à la broche OUTPUT de l'AD8232 pour transmettre les informations détectées sous forme de signal analogique. Les portes LO- (Leads-Off Detect -) et LO + (Leads-Off Detect +) sont connectées aux portes d'E/S D5 et D6 du NodeMCU esp8266 pour notifier si l'une des trois électrodes a perdu la connexion avec le patient et si lorsque la déconnexion se produit, envoyez un signal élevé au microcontrôleur.

La porte SDN (Shut Down) est utilisée pour fermer le capteur pour économiser la batterie. Il s'agit d'une broche basse active, le microcontrôleur est automatiquement éteint, il n'est donc pas connecté.

- GND → GND
- 3.3V → 3.3V
- LO- → D7
- LO+ → D8
- SDN → ne pas connecter

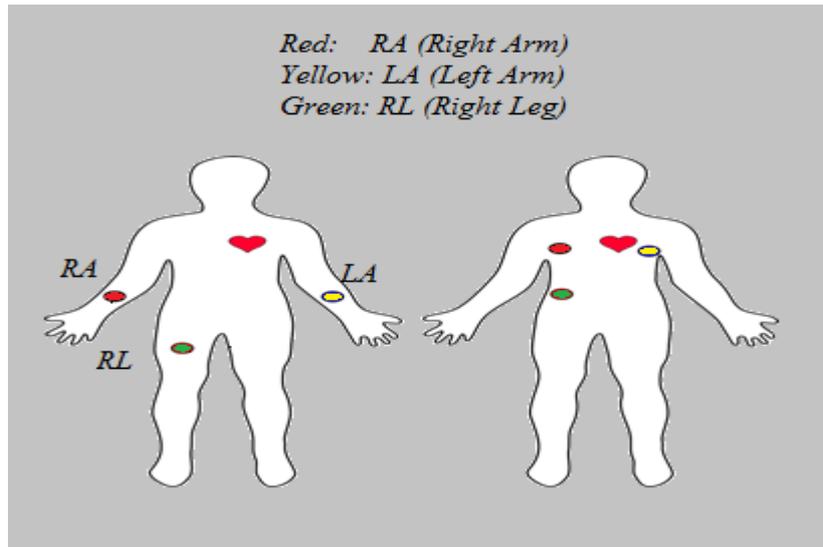


Figure 3.6 : l'emplacement des électrodes d'ECG de AD8232

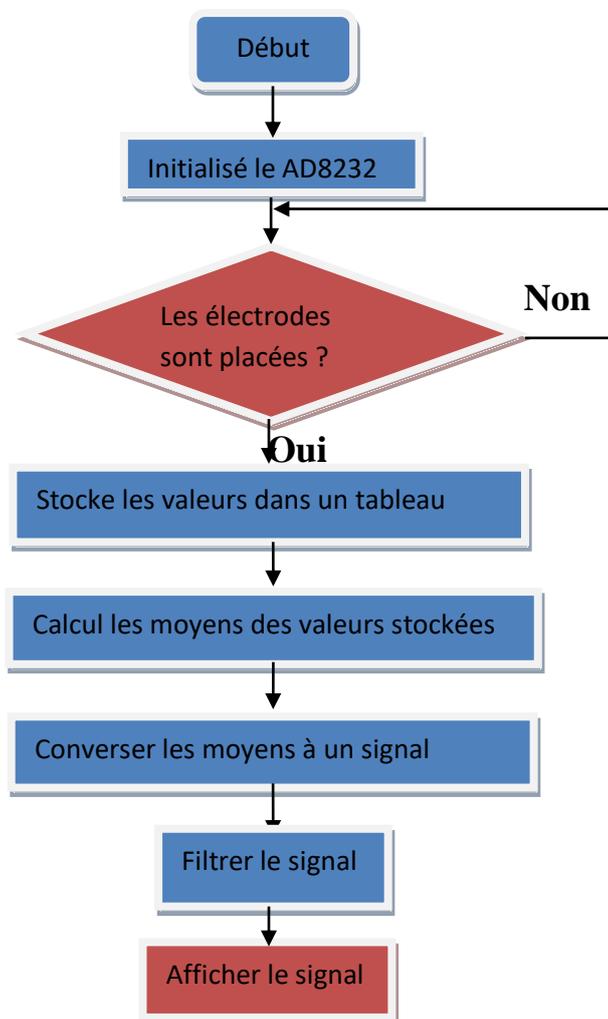


Figure 3.7: Organigramme représente le principe de fonctionnement d'AD8232

```
const int N=10;      // Définition du nombre d'échantillons
int ecg[N];         // un tableau pour stocker les échantillons lus
int n= 0;          // l'indice de l'échantillon courant
float ecgmoy =0 ;   // la moyenne des échantillons mémorisés
float somme =0;     // la somme des échantillons mémorisés

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(ecgpin, INPUT);
  for (int i=0 ; i<N ; i++)
  {   ecg [i] = 0;   }
}

void loop() {
  somme = somme - ecg [n];      // Soustraction de l'échantillon précédent
  ecg[n] = analogRead(A0);    // Lecture du capteur
  Serial.print(ecg[n]);
  somme = somme + ecg [n];     // Ajout du dernier échantillon
  n++;                       // Incrémentation de n
  // si on est à la fin du tableau ...
  if (n >= N) {
    // ...retour au début
    n = 0;
  }
  // calcul de la moyenne
  ecgmoy = somme / N;
  Serial.print(", ");
  Serial.println(ecgmoy);
  delay(10);
}
```

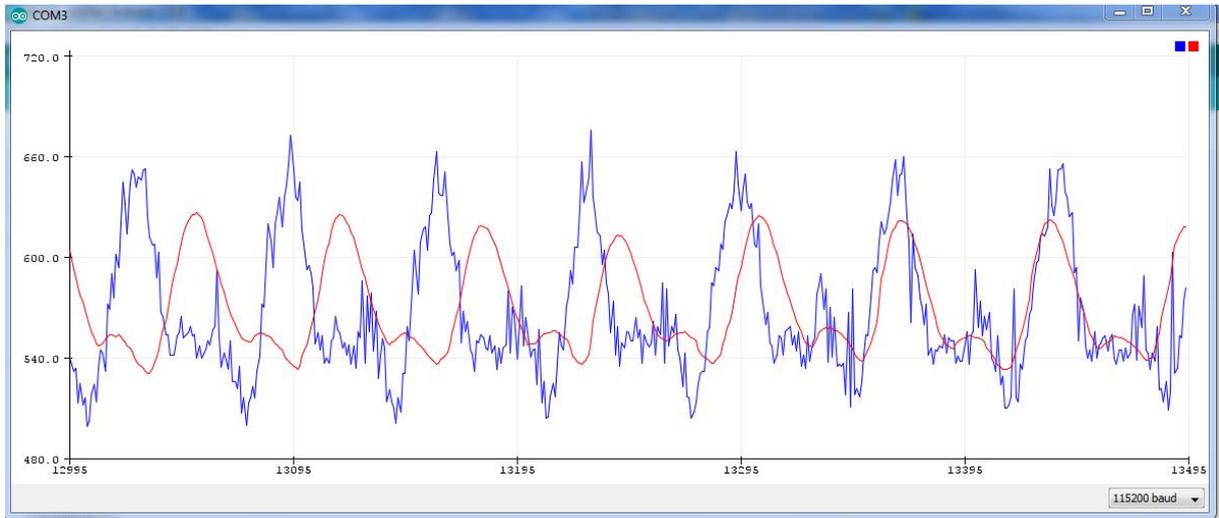


Figure 3.8 : Signal ECG avec le filtre (rouge) et sans filtre sous l'influence de la tension (bleu)

2.1.1 MAX30102 avec ESP8266:

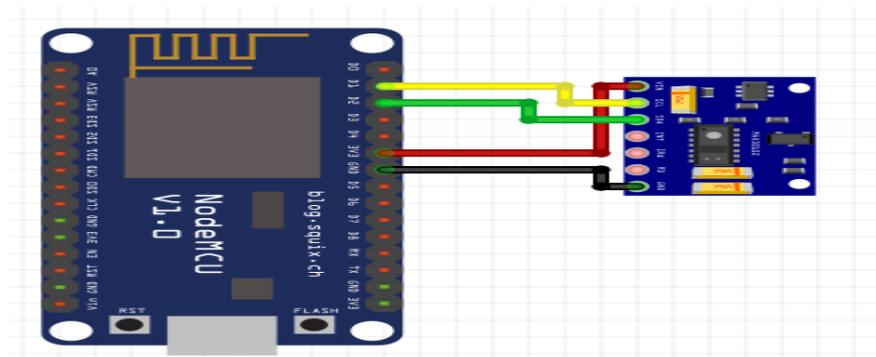


Figure 3.9 : MAX30102 et le Node MCU

Cette circuit crée pour détectée et mesurée la saturation d'oxygène dans le sang et le battement de cours en connecté les deux MAX30102 et le Node MCU composant comme suite :

GND	—————→	GND
SCL	—————→	D1
SDL	—————→	D2
VIN	—————→	3.3V

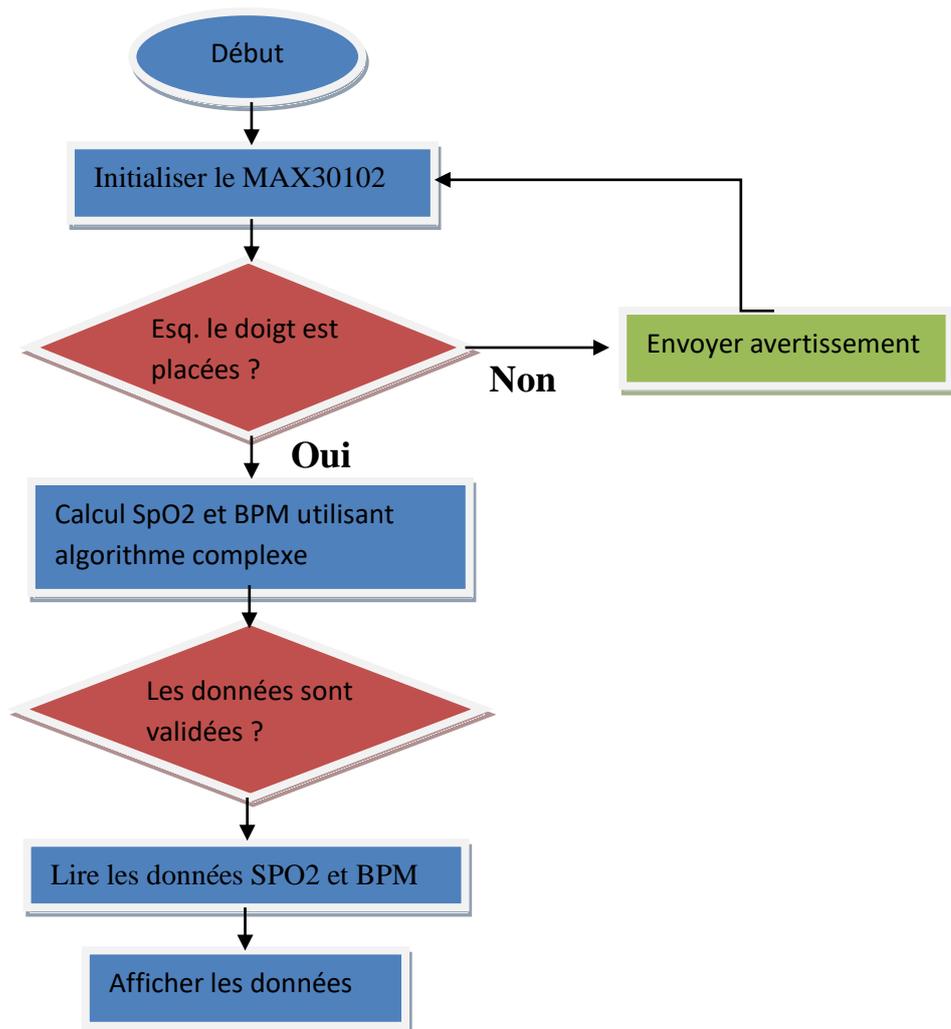


Figure 3.10 : Organigramme représente le principe de fonctionnement de Max30102

On Install la bibliothèque de « **SparkFun Max301x** ». Dans l’option « gérer la bibliothèque » de logiciel IDE on utilise la même programme dans qui ce trouve dans l’option "fichier >>> exemple >>> sparkFun MAX3010x >>> SPO2"

Dans ce code, l'ajout de la bibliothèque ainsi que le réglage de la vitesse et du taux de transfert de données sont effectués. le calcul de l'oxygène sanguin commence après avoir placé le doigt.

3 Le circuit Oled display avec l'ESP8266 :

Vin -----→ 3.3V

GND ----→GND

SCL -----→D1

SDA -----→D2

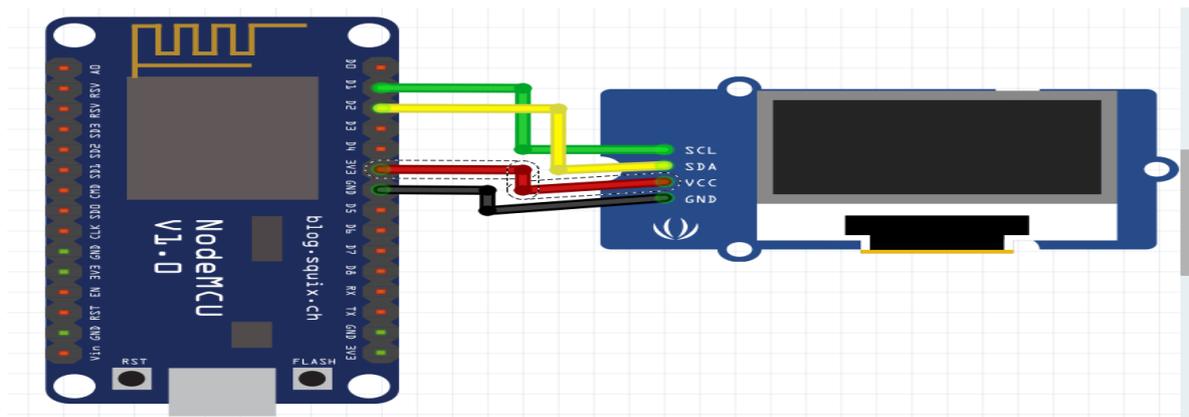


Figure 3.11 : schéma pour câbler l'ESP8266 à l'écran OLED.

4 Montage globale :

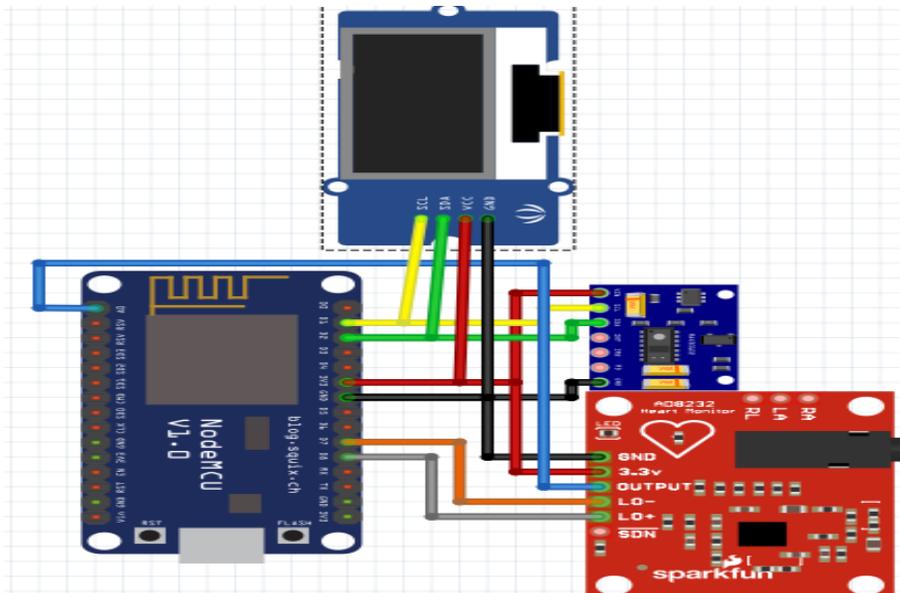
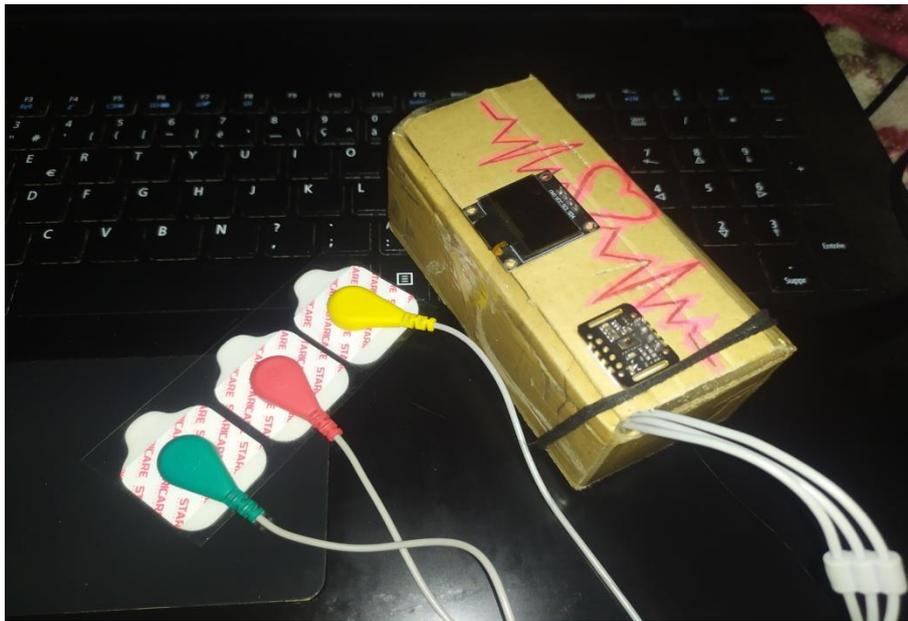


Figure 3.12 : montage Globale de notre projet

- Le principe de fonctionnement de notre système est un peu complexe, il est constitué :
- D'un capteur ad8232 pour désigner le tracé de l'activité électrique du cœur « ECG ».
 - D'un capteur de rythme cardiaque max30102 pour la mesure de la fréquence cardiaque et aussi pour simuler l'essoufflement et la saturation d'oxygène dans le sang appelé SPO2.

Ce montage présenté notre système c'est le circuit générale de projet.

**Figure 3.13:** le prototype finale de notre système

La figure représente le prototype final de notre projet, notre système est basé sur la mesure de divers paramètres, le Node Mcu ESP8266 sera le cerveau et le centre de tous les équipements utilisés et permet d'adopter la connexion de notre système avec Internet en Afin d'assurer une surveillance à distance, afin que les informations soient stockées dans le Cloud, l'application mobile Ubidots effectuera toutes les mesures qui sont déjà incluses dans l'espace de stockage et les afficher sur le Smartphone en temps réel.

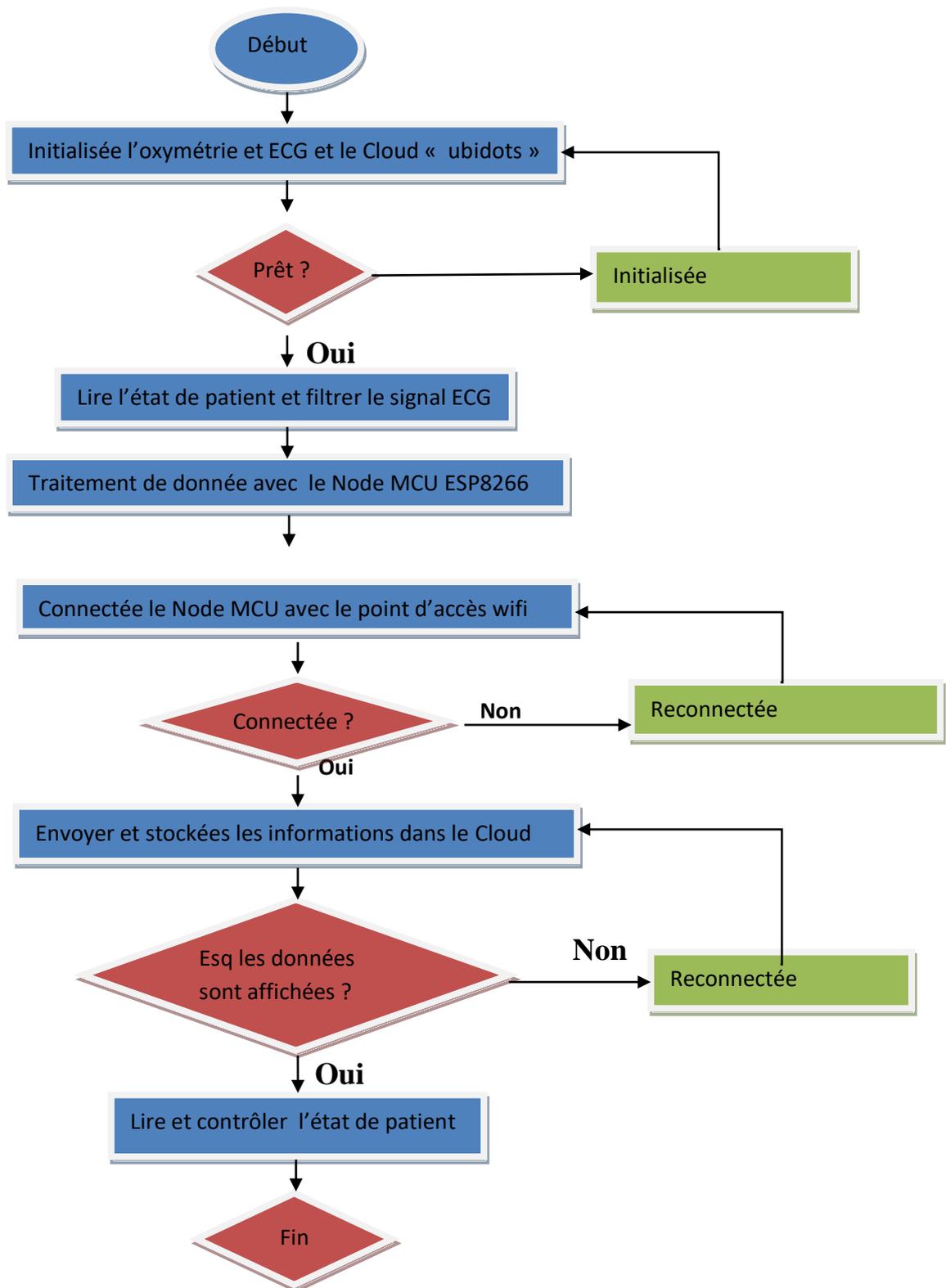


Figure 3.14 : organigramme représente le principe de fonctionnement global du système

L'organigramme montre le principe de fonctionnement du système, il comporte donc cinq points principaux de fonctionnement : initialisation, lecture, filtrage, connexion et affichage.

5 Implémentation :

On commence par configurer le capteur. Nous avons trois électrodes pour le capteur ad8232. Elles ont trois couleurs différentes (rouge, vert et jaune) et sont placées sur le patient comme indiqué. Ces électrodes mesurent l'activité électrique du cœur, Nous avons également le capteur max30102, qui contient le capteur spectral le plus couramment utilisé sur les doigts ou les oreilles, c'est-à-dire dans la zone la plus fine de la peau pour favoriser la pénétration de la lumière à travers le tissu cutané, le capteur envoie deux ondes de fréquences différentes (rouge 660 nm et infrarouge 900 Jusqu'à 940 nm), il est utilisé pour mesurer la teneur en oxygène dans le sang. Pour les impulsions, nous n'utilisons que des rayons infrarouges. L'absorption lumineuse de ces longueurs d'onde est très différente entre le sang oxygéné et désoxygéné. Lorsque le cœur pompe le sang, le sang oxygéné augmente en raison de l'augmentation du flux sanguin. Au fur et à mesure que le cœur se détend, la quantité de sang oxygéné diminue également. Nous pouvons déterminer la fréquence du pouls en connaissant le temps entre l'augmentation et la diminution du sang oxygéné. Il s'avère que le sang oxygéné (hémoglobine oxygénée (O₂Hb)) absorbe plus de lumière infrarouge et laisse entrer plus de lumière rouge, tandis que le sang désoxygéné (hémoglobine pauvre en oxygène (Hb)) absorbe plus de lumière rouge et laisse entrer plus de lumière.

6 Capteur d'écran de programme

- **Bibliothèque**

Tout d'abord on doit inclure les bibliothèques des modules additif à l'arduino et utilisées dans notre programme.

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>      // for publish/subscribe messaging with server MQTT
#include <Wire.h>
#include "MAX30105.h"         //MAX3010x library
#include "heartRate.h"        //Heart rate calculating algorithm
#include "spo2_algorithm.h"   // oxygen_saturation calculating algorithm
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>     // for the oled display
#include <Adafruit_SSD1306.h>

```

- **Déclaration des constantes :**

Ici on a défini nos constantes :

- premièrement on définit les paramètres de notre réseau wifi duquel le module ESP8266 va accéder à Internet.
- Aussi on précise également l'adresse du serveur web qui nous connectera à la plateforme ubidots.

Paramètre de point d'accès wifi et le serveur :

```

#define WIFISSID "Nesrine"           // Put your Wifissid here
#define PASSWORD "ahmed serier"     // Put your wifi password here
#define TOKEN "BBFF-NP4fKVCwiPzYLeIEgNChwlp9SgeNgc" // Put your Ubidots' TOKEN
#define MQTT_CLIENT_NAME "myecgsensor" // MQTT client Name, please enter
                                     //your own 8-12 alphanumeric character ASCII string;
                                     | //it should be a random and unique ascii string and different from all other devices

```

➤ ECG :

Ici, on définit également les constantes AD8266 pour le signal cardiaque :

- d'abord ; on définit la broche A0 qui est responsable de la sortie du signal, puis on définit la variable N qui affiche le nombre d'échantillons, nous stockerons les échantillons trouvés dans une table appelée "ecg[N]"
- Deuxièmement, on définit les variables des axes x et y pour tracer le signal ECG en 0,96. Affichage OLED

```

#define ecgpin A0 // Set the A0 as output
const int N=10;    // Définition du nombre d'échantillons
int ecg[N];       // un tableau pour stocker les échantillons lus
int n= 0;         // l'indice de l'échantillon courant
float ecgmoy =0 ; // la moyenne des échantillons mémorisés
float somme =0;    // la somme des échantillons mémorisés

int x=0; //--> Variable axis x graph values to display on OLED
int y=0; //--> Variable axis y graph values to display on OLED
int lastx=0; //--> The graph's last x axis variable value to display on the OLED
int lasty=0; //--> The graph's last y axis variable value to display on the OLED

```

➤ Pulse oxymétrie :

```

MAX30105 particleSensor;
uint32_t irBuffer[100]; //infrared LED sensor data
uint32_t redBuffer[100]; //red LED sensor data
int32_t bufferLength; //data length
int32_t spo2; //SPO2 value
int8_t validSPO2; //indicator to show if the SPO2 calculation is valid
int32_t heartRate; //heart rate value
int8_t validHeartRate; //indicator to show if the heart rate calculation is valid

```

➤ BPM :

```

const byte RATE_SIZE = 4; //Increase this for more averaging. 4 is good.
byte rates[RATE_SIZE]; //Array of heart rates
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0; //Time at which the last beat occurred
float beatsPerMinute;
int beatAvg;

```

➤ Oled :

Ici on définit les paramètres d'oled :

```

42 //-----Configure OLED screen size in pixels
43 #define SCREEN_WIDTH 128 //--> OLED display width, in pixels
44 #define SCREEN_HEIGHT 64 //--> OLED display height, in pixels
45 //-----
46
47 //-----Declaration for an SSD1306 display connected to I2C (SDA, SCL pins)
48 #define OLED_RESET -1 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset pin)
49 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
50 //-----

```

➤ Initialisation dans la fonction setup :

- Initialisé la connexion :

Ici on est dans la fonction `setup ()` à l'intérieur de laquelle les instructions s'exécutent une seule fois. Ces instructions permettent de faire la connexion wifi et on a envoyé un message « Connecting » sur le moniteur série, aussi on définit la vitesse de transmission du port série sur 115200.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(WIFISSID, PASSWORD);
  Serial.println();
  Serial.print("Waiting for WiFi...");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
}
```

- Initialisée le capteur MAX30102 pour calculé Spo2 et BPM:

```
// ===== WIRE =====
if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST)) //Use default I2C port, 400kHz speed
{
  Serial.println("MAX30102 was not found. Please check wiring/power. ");
  while (1);
}
Serial.println("Place your index finger on the sensor with steady pressure.");

byte ledBrightness = 60; //Options: 0=Off to 255=50mA
byte sampleAverage = 4; //Options: 1, 2, 4, 8, 16, 32
byte ledMode = 2; //Options: 1 = Red only, 2 = Red + IR, 3 = Red + IR + Green
byte sampleRate = 100; //Options: 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 1600, 3200
int pulseWidth = 411; //Options: 69, 118, 215, 411
int adcRange = 4096; //Options: 2048, 4096, 8192, 16384
particleSensor.setup(ledBrightness, sampleAverage, ledMode, sampleRate, pulseWidth, adcRange); //Configure sensor with these settings

particleSensor.setup(); //Configure sensor with default settings
particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A); //Turn Red LED to low to indicate sensor is running
particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0); //Turn off Green LED
```

- ECG

La fonction `pinMode` détermine si un pin particulier est utilisé pour la lecture ou l'écriture, dans notre cas on définit un pin à laquelle nos capteurs AD8266 se connectent à "INPUT" pour dire qu'à travers cette broche ARDUINO lira les valeurs capturées, on remplit le tableau d'échantillon avec des 0 .

```
208 pinMode(ecgpin, INPUT);
209 for (int i=0 ; i<N ; i++)
210 {   ecg [i] = 0;   }
211
```

➤ Oled :

Cette partie, nous configurons 0.96 oled à afficher, on utilise l'adresse 0x3c avec le format 128.64.

```
// Address 0x3C for 128x32 and Address 0x3D for 128x64.  
// But on my 128x64 module the 0x3D address doesn't work. What works is the 0x3C address  
// So please try which address works on your module.  
if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {  
  Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));  
  for(;;); //--> Don't proceed, loop forever  
}
```

➤ Filtrage d'ECG avec la méthode moyenne mobile :

- Ici, on est à l'intérieur de la fonction `loop()` : on crée d'abord une fonction pour calculer la somme qui soustraira l'échantillon précédent, puis ajoutera le dernier échantillon, on peut trouver les échantillons en lisant la sortie "A0 à l'aide de la fonction "`analogRead`"

```
    somme = somme - ecg [n];  
    // Lecture du capteur  
    ecg[n] = analogRead(A0);  
    // Ajout du dernier échantillon  
    somme = somme + ecg [n];  
    // Incrémentation de n  
    ecgmoy = somme / N;  
    n++;
```

➤ Calcul la saturation d'oxygène et le BPM :

```

bufferLength = 100; //buffer length of 100 stores 4 seconds of samples running at 25sps
//read the first 100 samples, and determine the signal range
for (byte i = 0 ; i < bufferLength ; i++)
{
    while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
        particleSensor.check(); //Check the sensor for new data
    redBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    irBuffer[i] = particleSensor.getRed();
    particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample
}
//calculate heart rate and SpO2 after first 100 samples (first 4 seconds of samples)
maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2, &validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);
//Continuously taking samples from MAX30102. Heart rate and SpO2 are calculated every 1 second
while (1)
{
    //dumping the first 25 sets of samples in the memory and shift the last 75 sets of samples to the top
    for (byte i = 25; i < 100; i++)
    {
        redBuffer[i - 25] = redBuffer[i];
        irBuffer[i - 25] = irBuffer[i];
    }
    //take 25 sets of samples before calculating the heart rate.
    for (byte i = 75; i < 100; i++)
    {
        while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
            particleSensor.check(); //Check the sensor for new data
        redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
        irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
        particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample
    }

    // ===== Heart Rate
    long ir = particleSensor.getIR();
    if (checkForBeat(ir) == true)
    {
        //We sensed a beat!
        long delta = millis() - lastBeat;
        lastBeat = millis();
        beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);
        if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20 )
        {
            rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute; //Store this reading in the array
            rateSpot %= RATE_SIZE; //Wrap variable
            //Take average of readings
            beatAvg = 0;
            for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
                beatAvg += rates[x];
            beatAvg /= RATE_SIZE;
        }
    }
    //After gathering 25 new samples recalculate HR and SpO2
    maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2, &validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);
}

```

➤ Affichage :

- Pour l’affichage d’ECG sur Oled 0.96 : on définit les axes x et y pour tracer le signal ECG ; ensuite pour afficher les données on utilise la fonction display

```

if (x > 127) {
  display.fillRect(0, 0, 128, 42, BLACK);
  x = 0;
  lastx = x;
}
//-----Process signal data to be displayed on OLED in graphic form
// int ySignal = analogRead (A0);
  int ySignal = ecgmoy;
if (ySignal > 850) ySignal = 850;
if (ySignal < 350) ySignal = 350;
int ySignalMap = map(ySignal, 350, 850, 0, 40); //--> The y-axis used on OLEDs is from 0 to 40
y = 40 - ySignalMap;
//-----Displays the heart rate graph
display.drawLine(lastx,lasty,x,y,WHITE);
display.display();
//-----
lastx = x;
lasty = y;
  x++;

```

- Stockée et Publier le résultat dans Cloud

Avec cette dernière partie, on va stocker les données dans un tableau à l'aide de la fonction 'dtostrf' et après cela on les affichera dans le Cloud à l'aide de la fonction 'client.publish'.

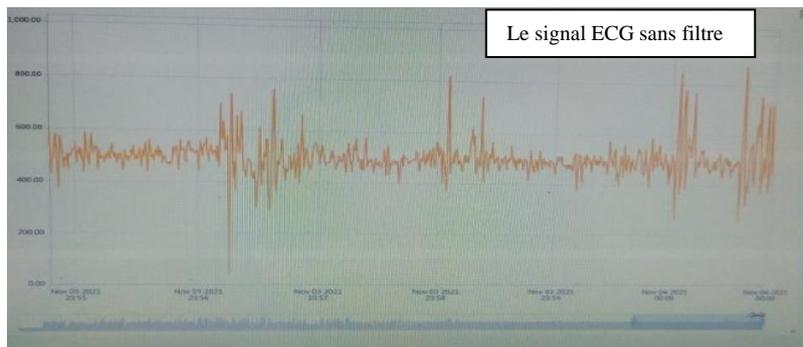
```

dtostrf ( ecgmoy , 4,2, str_ecg);
dtostrf ( spo2, 4,2, str_sp);
dtostrf (beatAvg , 4,2, str_beat);

sprintf(topic, "%s%s", "/v1.6/devices/",DEVICE_LABEL);
sprintf(payload, "%s", ""); // Cleans the payload
sprintf(payload, "{\"%s\":%s,",VARIABLE_LABEL_1,str_ecg );
sprintf(payload, "%s \"%s\":%s,", payload,VARIABLE_LABEL_2, str_sp); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s \"%s\":%s}", payload, VARIABLE_LABEL_3, str_beat);
Serial.println("Publishing data to Ubidots Cloud");
  client.publish(topic, payload);
  client.loop();
  delay (10) ;|
}
}

```

7 Résultats Discussion :



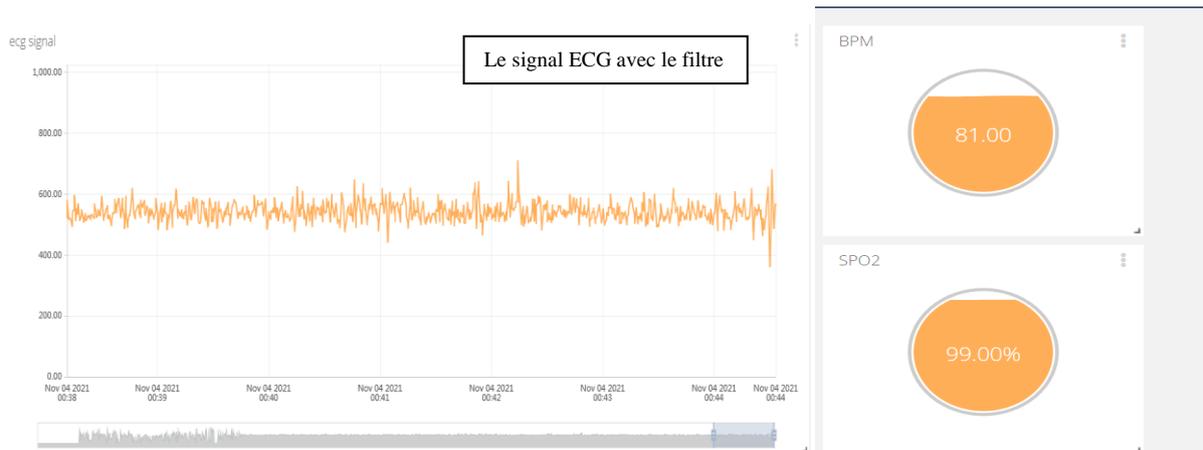


Figure 3.15: le signal ECG avec le BPM et le SpO2 sur le plateforme « ubidots »

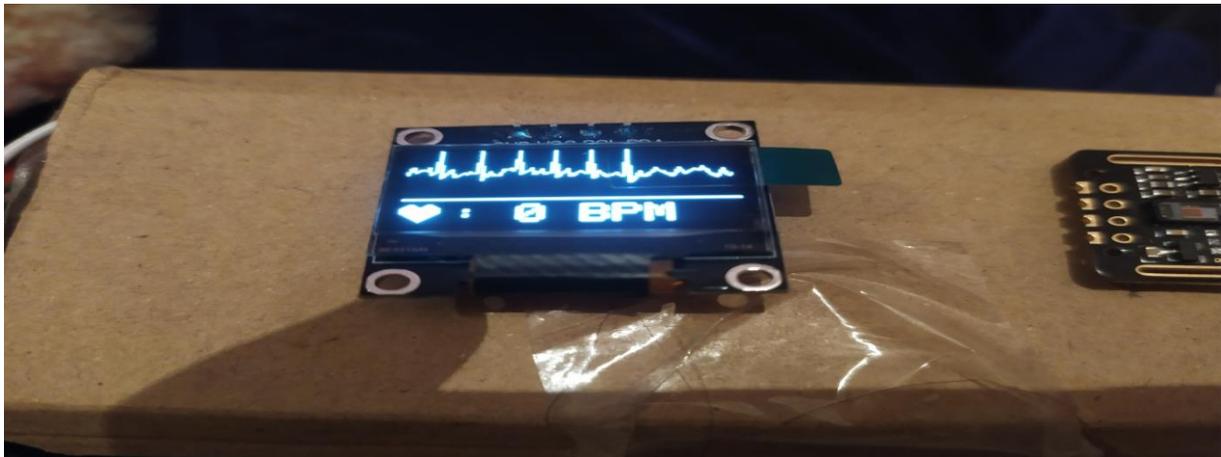


Figure 3.16 : affichage de signal ECG dans Oled 0.96.

L'objectif de notre projet est que nous puissions surveiller à distance notre santé et celle de nos proches, le système Cela ne fonctionne que lorsque le wifi est valide ou ne fonctionne pas. La fonction de ce programme est d'afficher les informations mesurées par le capteur sur le Cloud de la plateforme Ubidots et sur l'écran Oled 0.96, les informations mesurées sont l'électrocardiogramme et l'oxymétrie de pouls et le nombre de battement par minute. Les utilisateurs autorisés peuvent accéder à ces informations n'importe où sur la terre à travers celui-ci. A tout moment par téléphone ou ordinateur, etc. le système permet aux

patients de déterminer leur propre état de santé et de l'afficher sur le Cloud via la plateforme ubidots pour recevoir les instructions et suggestions du médecin traitant.

Ces informations sont tirées d'un adulte à l'âge de 25 ans.

8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une implémentation des fonctionnalités clés et des interfaces conçues. Nous avons introduit l'interface algorithmique et la programmation système, et avons commencé à décrire et à mettre en place des environnements de développement. Nous avons fourni les définitions des logiciels utilisés (fritzing et arduino), et des capteurs d'écran pour les parties de programmation les plus importantes du projet (connexions, filtrage, affichage...). Ainsi, chaque personne peut connaître sa fréquence cardiaque et le débit d'oxygène dans le sang avec l'oxymètre, et suivre les activités du rythme cardiaque à l'aide de l'électrocardiogramme (ECG). A travers ce chapitre, nous pouvons dire que nous avons fini de réaliser notre projet.

Bibliographie :

- [1] dilingco. (2009). Récupéré sur dilingco:
http://www.dilingco.com/DilingcoPro/contenttf/a1_4.htm
- [2] Fritzing. (2020, octobre 11). Wikipédia, l'encyclopédie libre. Page consultée le 16:28, octobre 11, 2020 à partir de
<http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fritzing&oldid=175484646>.
- [3] Al-Nimr, K. A. (2018, Octobre 31). Le cerveau contrôle le rythme cardiaque en cas de colère, d'émotion, de repos et de sommeil. alriyadh.
- [4] Zeller, M. (s.d.). Système cardiovasculaire:. université de Bourgogne.
- [5] Hassan, H. A. (2016). أسرار القلب: أسرار القلب بين القرآن والعلم. Dans H. H. Haï, & 2. EL HASSEN (Éd.). EL HASSEN.
- [6] Giorgetta, J. (2019, 10 09). ECG : principes du test, interprétation d'un électrocardiogramme. journal des femmes.
- [7] D, Charlin. (2017, octobre 23). sante-sur-le-net. Récupéré sur sante-sur-le-net:
<https://www.sante-sur-le-net.com/maladies/examens-medicaux/electrocardiogramme-ecg/>
- [8] Fayçal, C. d. (Éd.). (2015, Jan 1). Magazine Al-Faisal : numéros 465-466. L'Internet des objets enflamme la concurrence entre les grandes entreprises, p. 44.
- [9] Abboud, R. (2016). digitology. (2. Al Manhal, Éd.) Shibin El Kom, Égypte: Al Manhal.
- [10] al-Dossari, M. (2019, Decembre 17). الاتحاد المثالي بين إنترنت الأشياء والحوسبة السحابية. (I. d. numérique, Éditeur) Récupéré sur العطاء الرقمي: <https://attaa.sa/library/view/231>
- [11] elyzee-consortium. (2018, Jan 22). Les domaines d'application de l'électronique embarquée. elyzee-consortium.
- [12] Portolan, M. (19 Jul 2007). Conception d'un Système Embarque Sur et Sécurisé. these pour obtenir le grade de DOCTEUR DE l'INPG, INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE.
- [13] Hatem, A. (2017). Cours Systèmes Embarqués. Automatisme et Informatique Industrielle.
- [14] Singaravel, A. (23 décembre 2019). Types of Sensors in Medical Devices.

- [15] Vaira, T. (2018, 01 21). Récupéré sur <http://tvaira.free.fr/esp8266/nodemcu-lolin-esp8266.html>
- [15] Vaira, T. (2018, 01 21). Récupéré sur <http://tvaira.free.fr/esp8266/nodemcu-lolin-esp8266.html>
- [16] Grokhotkov, I. (2021, Sep 04). ESP8266 Arduino Core Documentation. p. 41. Récupéré sur Kaizen Web: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/esp8266wifi/readme.html>
- [17] abra-electronics. (s.d.). Récupéré sur abra-electronics: <https://abra-electronics.com/sensors/sensors-biometrics-en/sens-max30102-heartbeat-frequency-tester-sensor-module-for-arduino-max30102.html?sl=fr>
- [18] Taboulet, P. (2021, janvier 26). e-cardiogram. Récupéré sur <https://www.e-cardiogram.com/filtre-ecg/>
- [19] Moyenne mobile. (2021, mars 13). Wikipédia, l'encyclopédie libre. Page consultée le 20:32, mars 13, 2021 à partir de http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Moyenne_mobile&oldid=180841286.
- [20] fritzing electronics made easy. (2021, September 24). Récupéré sur fritzing: <https://fritzing.org/>
- [22] Bouaziz, N. (2019). Classes_de_2nde_SI-CIT_et_de_première_SI Arduino. p. 5. Récupéré sur <http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/arduino.pdf>
- [23] Kobasa, P. (2016). Inventions and Discoveries: Medicine. Dans ECG, & 2. Éditions Obeikan (Éd.), Inventions and Discoveries: Medicine (pp. 20-21). USA, América: Obeikan.
- [24] Cloud Computing. (2022, février 08). Wikipédia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#cite_note-4