

# SYSTÈME DE MESURE DES PARAMÈTRES PHYSIOLOGIQUES DU CORPS ET RÉCUPÉRATION DES DONNÉES SUR UNE APPLICATION



## ING2 INSTRUMENTATION

Rédigé par :

- Mylaine Jovanie MWOUANTCHEU FANKAM
- Eden RUIMY
- Jallaeddine OUICH

sous l'encadrement de :  
M. OSMANI

Année scolaire 2021 - 2022

# INTRODUCTION

Notre projet part d'une constatation simple, nous souhaitons centraliser la prise des paramètres vitaux d'un patient sur un seul appareil. Bien sûr, la prise de mesure devra se faire de façon non invasive, la récupération et la sauvegarde des données se fera à distance de manière sécurisée.

Pour cela, il nous faudra nous centraliser sur trois prises de mesure :

- La température corporelle .
- la Saturation pulsée en oxygène (SPO2).
- le pouls .

Nous avons donc étudié chaque paramètres, (emplacement optimal de la prise de mesure, les facteurs qui influencent la prise de mesure etc..).

Une fois cette analyse faite, nous avons réussi à obtenir une mesure fiable.

Une gestion des données commence alors qui relève d'un aspect plus technique sur le système embarqué (envoi des données, traitement des données et sécurisation des données).

# I. ETATS DE L'ART SUR L'EXISTANT

## ❖ Etude de l'art technique :

La fréquence cardiaque, l'amplitude et la fréquence de la respiration et la température corporelle offrent un aperçu essentiel sur l'état de santé d'une personne. Ils constituent des indicateurs cruciaux qui peuvent nous renseigner sur le bien être physique ou psychologique d'une personne. Lorsque les spécialistes de la santé prennent les signes vitaux, ils en apprennent davantage sur l'état dans lequel le patient se trouve.

### ★ La Saturation pulsée en oxygène (SPO2) :

Saturation Pulsée en Oxygène détectée par le capteur de l'oxymètre posé sur la peau du patient au niveau du doigt, de l'orteil, de l'oreille, du talon et parfois au front pour certains capteurs. La valeur normale est comprise entre 95 et 100% quel que soit l'âge. L'oxymétrie de pouls est une technique non invasive, transcutanée qui mesure la saturation de l'hémoglobine en oxygène par l'intermédiaire d'un capteur positionné au niveau d'un doigt, un orteil ou le lobe de l'oreille. L'appareil utilise une méthode spectrophotométrique grâce à l'émission d'ondes de deux fréquences différentes (rouge 660 nm et infrarouge 900 à 940 nm). L'absorption de la lumière à ces longueurs d'onde diffère de manière significative entre le sang chargé d'oxygène et le sang ne contenant pas d'oxygène. L'hémoglobine oxygénée absorbe plus de lumière infrarouge et laisse passer plus de lumière rouge. L'hémoglobine désoxygénée laisse passer plus de lumière infrarouge et absorbe plus de lumière rouge. Le capteur comporte une diode émettrice de lumière et de l'autre côté un récepteur de la lumière qui a traversé les tissus.

### ★ Le pouls ou fréquence respiratoire :

Le pouls est la perception du flux sanguin pulsé par le cœur par la palpation d'une artère. Chez un adulte au repos, le rythme cardiaque est compris entre 50 et 100 pulsations par minute ; il varie d'un individu à l'autre. Il peut augmenter ou diminuer selon l'état d'activité, la température extérieure ou la prise de médicaments, de café.

La main est vascularisée par deux **artères** principales: l'**artère** radiale et l'**artère** ulnaire. Chaque **doigt** est lui-même vascularisé par deux petites **artères**. C'est pourquoi une prise de mesure sur le doigt est tout à fait fiable.

La mesure de la fréquence cardiaque peut être réalisée à l'aide de matériel de prise de mesure automatique : Type « Dynamap ». Cependant il ne permet pas d'apprécier ni le rythme ni la force de celle-ci.

Notre appareil de mesure sera relié en bluetooth avec une application capable d'afficher un message d'alerte lors de la prise de mesure car nous avons incorporé une base de donnée pour comparatif :

- 50 et 100 pulsations par minute chez l'adulte au repos .
- À plus de 100 battements par minute au repos, on parle de tachycardie.
- En dessous de 50 battements par minute on parle de bradycardie
- Si les contractions sont irrégulières, on parle simplement d'arythmie.

★ La température :

En vieillissant, le corps perd des cellules adipeuses sous la peau ce qui explique qu'on devient frileux avec le temps. Mais les variations de température qui nécessitent plus qu'un chandail de laine doivent être contrôlées et analysées.

Sa prise permet de constater si le patient a de la fièvre ou non; de suivre l'évolution d'une maladie et l'efficacité de la thérapeutique; de vérifier le retour à une température normale.

La température varie selon :

- L'heure de la journée. La **température** interne est ainsi à son minimum entre 3 et 5 heures du matin, à 36,1 °C, et à son maximum entre 4 et 6 heures de l'après-midi, avec une moyenne de 36,7 °C.
- L'ingestion d'alcool, de drogue.
- Chez la femme, la température est plus élevée au cours de la 2<sup>ème</sup> partie du cycle menstruel et lors des 3 premiers mois de la grossesse (sécrétion de progestérone)
- La température varie aussi selon notre activité physique (sédentaire ou sportive).

Enfin, la prise de mesure sur le front est peu significative de la température moyenne du corps en revanche mais peu répandu la prise de mesure à l'oreille.

L'usage du thermomètre électronique à rouge (TYMPANIQUE), précis à 0,5°C. Il mesure la température de la membrane tympanique.

Les avantages de l'utilisation du thermomètre tympanique : -la rapidité de la mesure (8 secondes) - la fiabilité de la mesure -le confort mais aussi l'exposition à moins de risques infectieux.

Notre appareil de mesure sera relié en bluetooth avec une application capable d'afficher un message d'alerte lors de la prise de mesure car nous avons incorporé une base de donnée pour comparatif :

- Hypothermie modérée de 34 à 32°C.
- Hypothermie sévère au-dessous de 32°C.
- Hypothermie légère de 35 à 34°C.
- Hyperthermie légère au-dessus de 38°C ; elle peut être fatale pour  $T^{\circ} > 41,5^{\circ}\text{C}$ .

## ❖ Etude du marché :

En 2019, la valeur du **marché** mondial des dispositifs et équipements **médicaux** s'élevait à 446,9 milliards de dollars ; ce chiffre devrait augmenter de 5,4 % par an en moyenne **pour** atteindre 612,7 milliards de dollars en 2025.

Cette croissance est due à la demande du personnel hospitalier pour faciliter leur travail administratif ou encore une bonne prise en main du diagnostic mais aussi et essentiellement la croissance de nos connaissances sur les systèmes embarqués, le milieu hospitalier offre un champ des possibles assez vaste pour les applications aux systèmes embarqués.

C'est pourquoi la société leader des dispositifs médicaux est Medtronic. Medtronic est la première société de dispositifs médicaux au monde pour 2019 avec un chiffre d'affaires annuel impressionnant de près de 30 milliards de dollars en 2018. Son objectif premier : Contribuer au bien-être de l'homme en appliquant les principes de l'ingénierie biomédicale à la recherche, à la conception, à la fabrication et à la distribution de matériels ou d'appareillages qui soulagent la douleur, rétablissent la santé et prolongent la vie. Elle fournit dans le monde entier du thermomètre infrarouge aux appareils les plus sophistiqués.

A une échelle plus similaire sur notre produit, la société Caretaker.

Elle propose un dispositif innovant de surveillance des patients utilisant un simple capteur de doigt. Caretaker mesure la pression artérielle continue de chaque battement ( CNIB), la fréquence cardiaque, et d'autres paramètres physiologiques. Une surveillance sûre, sécurisée et précise du patient est affichée via une application Android sécurisée, un portail cloud conforme au HIPAA, ou des interfaces fonctionnant avec d'autres systèmes de surveillance du patient.



Caretaker est une plateforme complète de surveillance des signes vitaux conçue pour relier les médecins à leurs patients, que ces derniers soient en hospitalisation mobile ou à domicile. La solution Caretaker permet aux cliniciens de surveiller en permanence tous les principaux signes vitaux avec une précision du niveau des services soins intensifs, à l'aide d'un dispositif portatif et non invasif.

### Que peut surveiller Caretaker ?

En utilisant notre capteur de doigt et notre technologie brevetée d'analyse de décomposition du pouls, Caretaker mesure de manière non invasive et continue :

<p><b>cnIBP</b> Un capteur de doigt confortable mesure la pression systolique, diastolique et artérielle moyenne, de manière non invasive et continue à chaque battement de cœur (notamment les ondes de forme).</p>	<p><b>Fréquence cardiaque</b> Mesure de la fréquence cardiaque équivalente à l'ECG classique à 3 électrodes, permettant de visualiser les caractéristiques du rythme et du pouls.</p>
<p><b>Taux d'oxygène sanguin</b> Oxymétrie sans fil du pouls pleinement intégrée à l'application Caretaker et au cloud.</p>	<p><b>Fréquence respiratoire</b> Fréquence respiratoire sans fil grâce à notre capteur de doigt à faible pression.</p>
<p><b>ECG</b> Patch ECG sans fil, réutilisable, placé sur la poitrine, qui transmet les ondes d'électrocardiogramme à l'application Caretaker et au cloud.</p>	<p><b>Core Body Temperature</b> Le patch de température sans fil placé sur le creux axillaire transmet la température corporelle à l'application Caretaker et au cloud.</p>
<p><b>ETCO2</b> Le moniteur optionnel wETCO2 transmet sans fil les mesures de dioxyde de carbone de fin d'expiration à l'application Caretaker et au cloud.</p>	<p><b>Score d'alerte précoce</b> Le SAP est intégré dans la détection précoce du dispositif Caretaker.</p>
<p><b>Débit cardiaque et volume systolique</b> Le QC et le VES sont mesurés à partir de notre capteur de doigt à faible pression grâce à des algorithmes brevetés d'analyse de décomposition du pouls.</p>	<p><b>Autres paramètres</b> D'autres paramètres hémodynamiques, ainsi que le recueil de données peuvent être obtenus par le biais de dispositifs connectés par Bluetooth.</p>

**Clé de couleur**

Homologué par la FDA	En cours d'homologation par la FDA
----------------------	------------------------------------

La société *iHealth* propose aussi ces appareils plus ciblés aux professionnels de santé tout un package avec l'appareil de prise de mesure, l'application de traitement de celle-ci mais aussi la création d'un dossier patient informatisé (DPI). Bien sûr, ce dossier patient doit suivre en hôpital ou chez un professionnel plusieurs réglementations notamment au niveau de la sécurité et de la non diffusion des données. C'est pour cela que *iHealth* s'appuie sur ces certifications de protections des données en plus des réglementations liées aux dispositifs médicaux, on pourra donc retrouver sur leur site les déclaration de conformité des dispositifs médicaux.

*iHealth* Accesso\* "permet de prendre sept constantes en une minute environ", a affirmé le fabricant, mettant en avant le gain de temps engendré pour les équipes infirmières.

Leur point commun mais aussi leur atout est la digitalisation de la donnée après la prise de mesure. L'accès à une application permet non seulement de suivre sur votre smartphone vos paramètres mesurés mais aussi de tracer tout un historique de ceux-ci.

## II. MESURE DES PARAMÈTRES PHYSIOLOGIQUES DU CORPS

### A. composants :

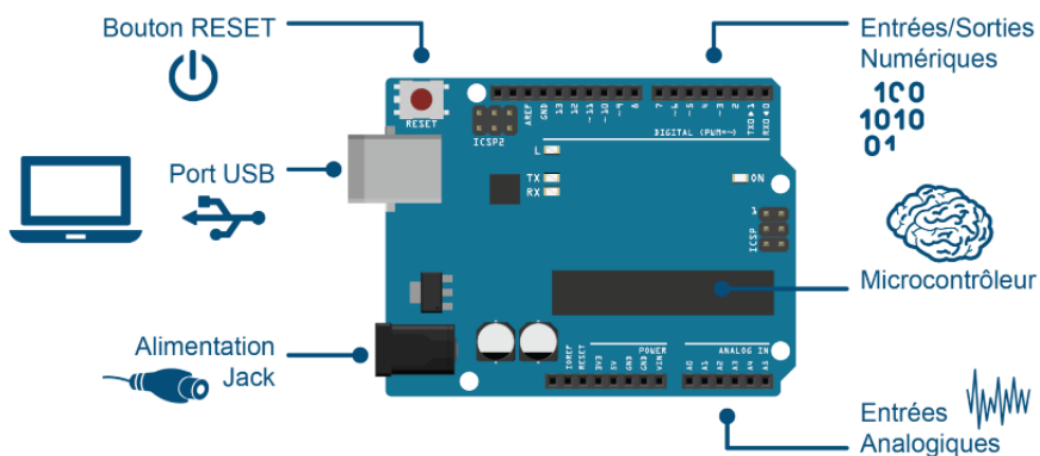
Pour mener à bout ce projet, nous avons utiliser les composants suivant:

- un capteur de température
- un capteur de SPO2
- une carte arduino
- un module bluetooth
- un écran LCD
- une breadboard
- 6 résistances
- des fils d'alimentation

### B. DESCRIPTION

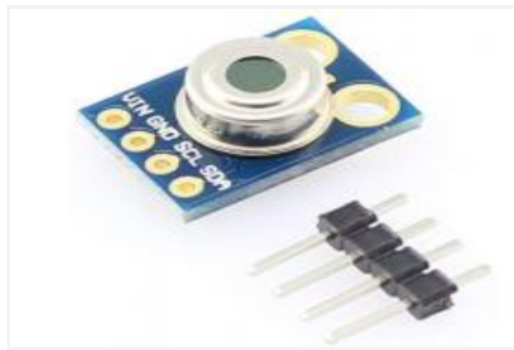
#### 1. Carte arduino

Arduino est une petite carte électronique qui permet de créer simplement des objets interactifs; elle possède un microcontrôleur qui agit comme un cerveau. À l'aide d'un ordinateur, l'utilisateur peut programmer le microcontrôleur pour que la carte se comporte comme il le souhaite. Enfin, il ne reste plus qu'à connecter les composants nécessaires à l'objet intelligent. Par exemple : des moteurs, des capteurs, des LED ou même un haut-parleur

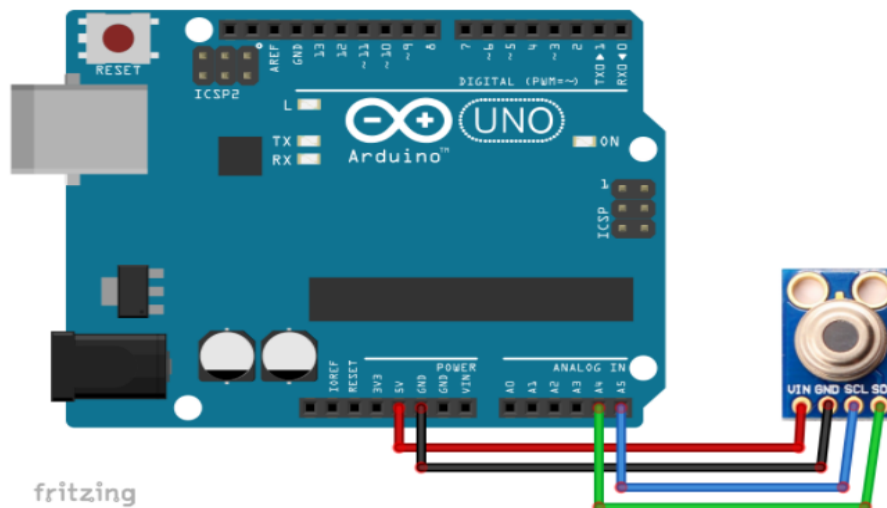


## 2. Capteur de température sans contact :

Nous avons utilisé le MLX90614ESF qui est un thermomètre infrarouge pour la mesure de la température sans contact. Les thermomètres infrarouges fonctionnent sur la base du rayonnement du corps noir, selon lequel tout matériau dont la température est supérieure au zéro absolu comporte des molécules en mouvement. Plus la température est élevée, plus les molécules se déplacent rapidement. Les molécules émettent un rayonnement infrarouge lorsqu'elles se déplacent, et émettent davantage de rayonnement, y compris de la lumière visible, lorsqu'elles deviennent plus chaudes.



Le circuit suivant montre son interfaçage avec la carte arduino.



## 3. Capteur de SPO2:

Nous avons utilisé le capteur MAX 30100 qui est une solution intégrée de capteur d'oxymétrie de pouls et de moniteur de fréquence cardiaque.





**Sous-système SpO2:** Il sur échantillonne en permanence les données des LED rouges et IR, qui ont été filtrées avec une annulation de la lumière ambiante (ALC) et appliquées à un convertisseur ADC sigma delta. Il comprend également un filtre temporel discret exclusif pour rejeter les interférences et le bruit ambiant résiduel basse fréquence.

**Méthode d'échantillonnage de la fréquence cardiaque:** pour obtenir un échantillon de données de fréquence cardiaque, seule la LED IR est utilisée pour capturer les données optiques. La LED rouge peut être inactive.

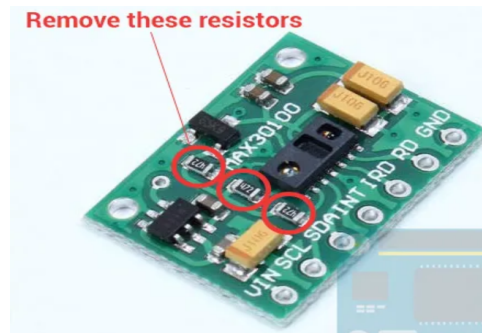
**Application:**

- Appareils portables
- Appareils pour assistant de fitness
- Dispositifs de surveillance médicale

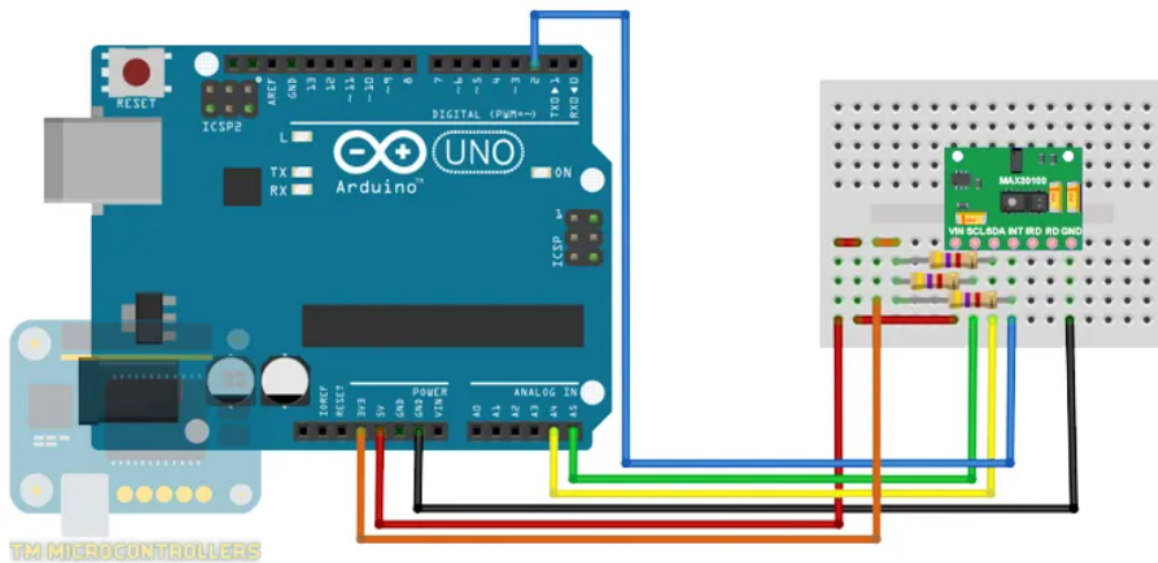
**communication avec l'arduino:**

Purple MAX30100 Module	Arduino UNO/Nano
VIN	5V
GND	GND
SCL	A5
SDA	A4
INT	D2

Nous avons rencontré un problème de mesure des données avec ce capteur (on n'arrivait pas à mesurer les données de SPO2 et de température). Pour régler ce problème, il fallait enlever les 3 résistances présentes sur le capteur et les remplacer par trois autres résistances extérieures.



après avoir retiré les 3 résistances, on a le circuit final suivant:



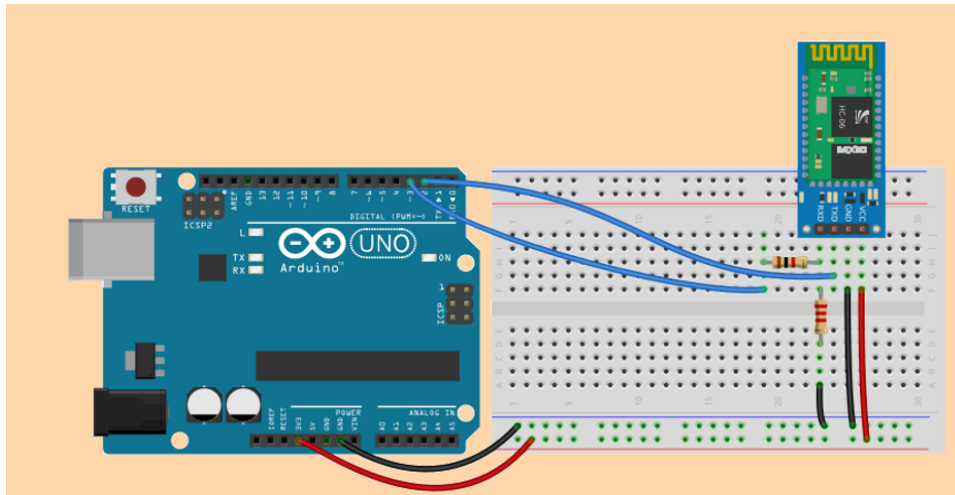
#### 4. Module bluetooth

Nous avons utilisé le HC-06 Il permet d'établir une liaison Bluetooth (liaison série) entre une carte Arduino et un autre équipement possédant une connexion Bluetooth (Smartphone, tablette, seconde carte Arduino, etc...)



La tension d'alimentation de ce module doit être comprise entre 3,3 et 5 V, mais la broche RX ne peut recevoir qu'une tension maximale de 3,3 V. Il faudra prévoir un pont diviseur de tension pour ramener la tension 5 V délivrée par la carte Arduino pour ne pas endommager la broche RX du module Bluetooth.

le schéma de câblage avec la carte arduino est le suivant:

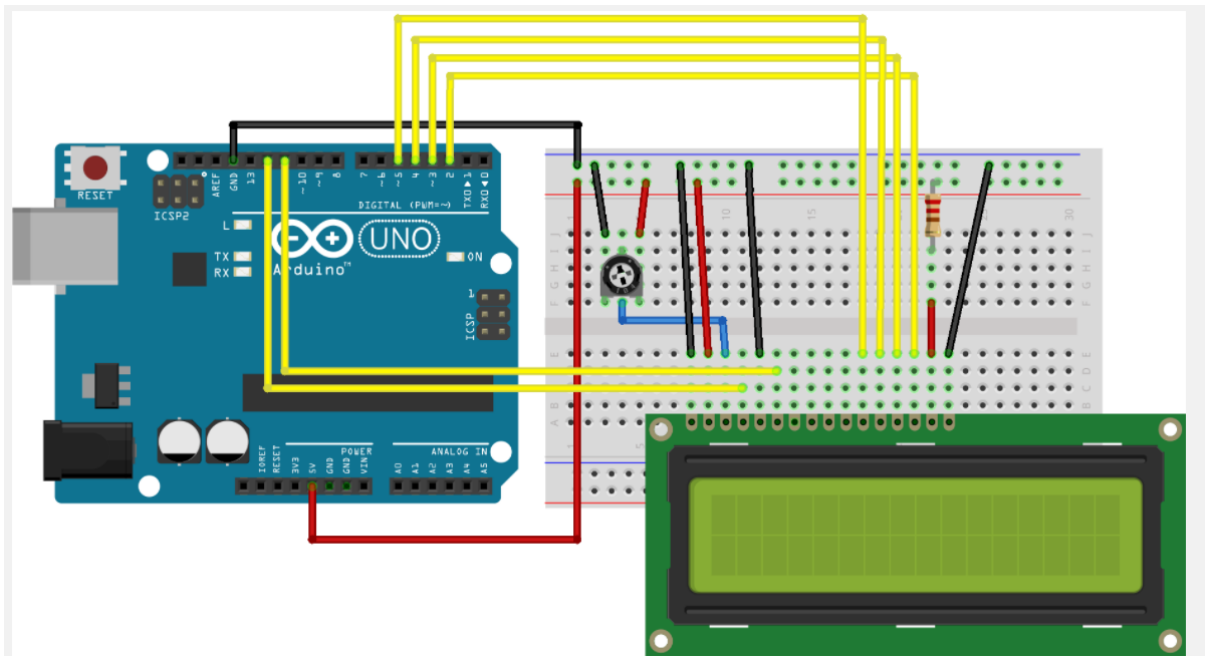


## 5. L'écran LCD

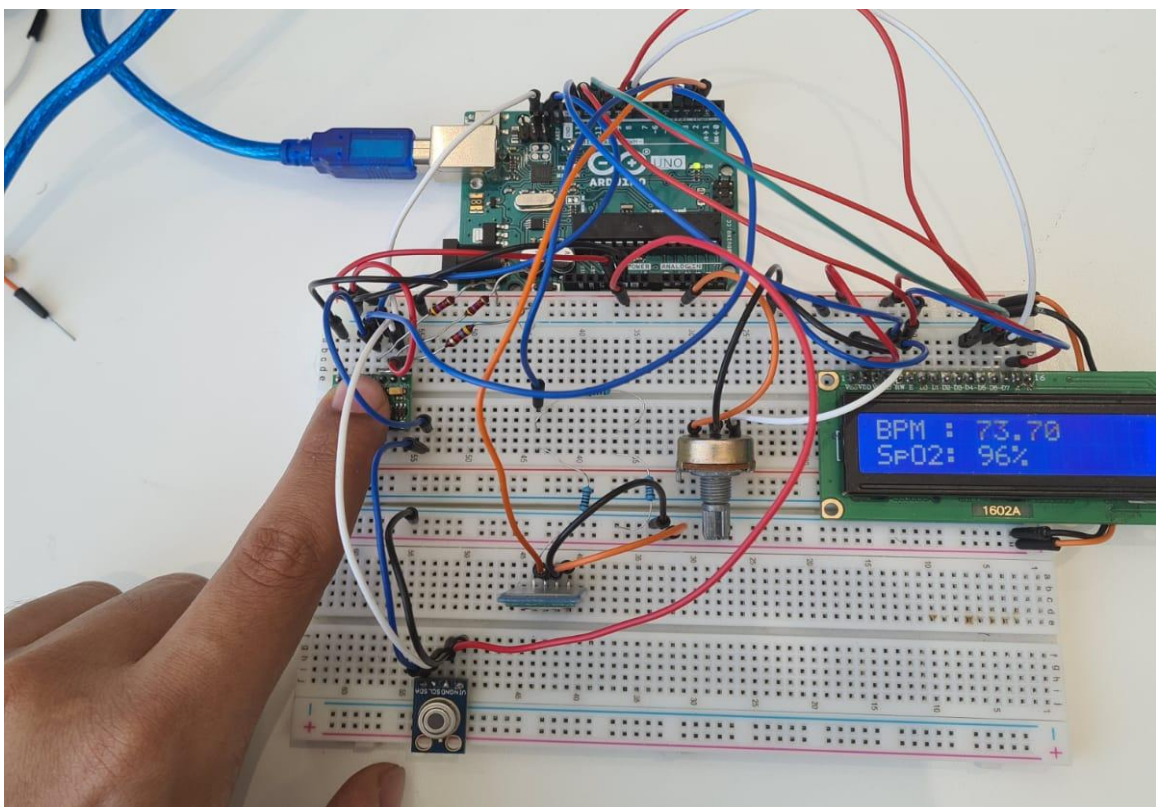
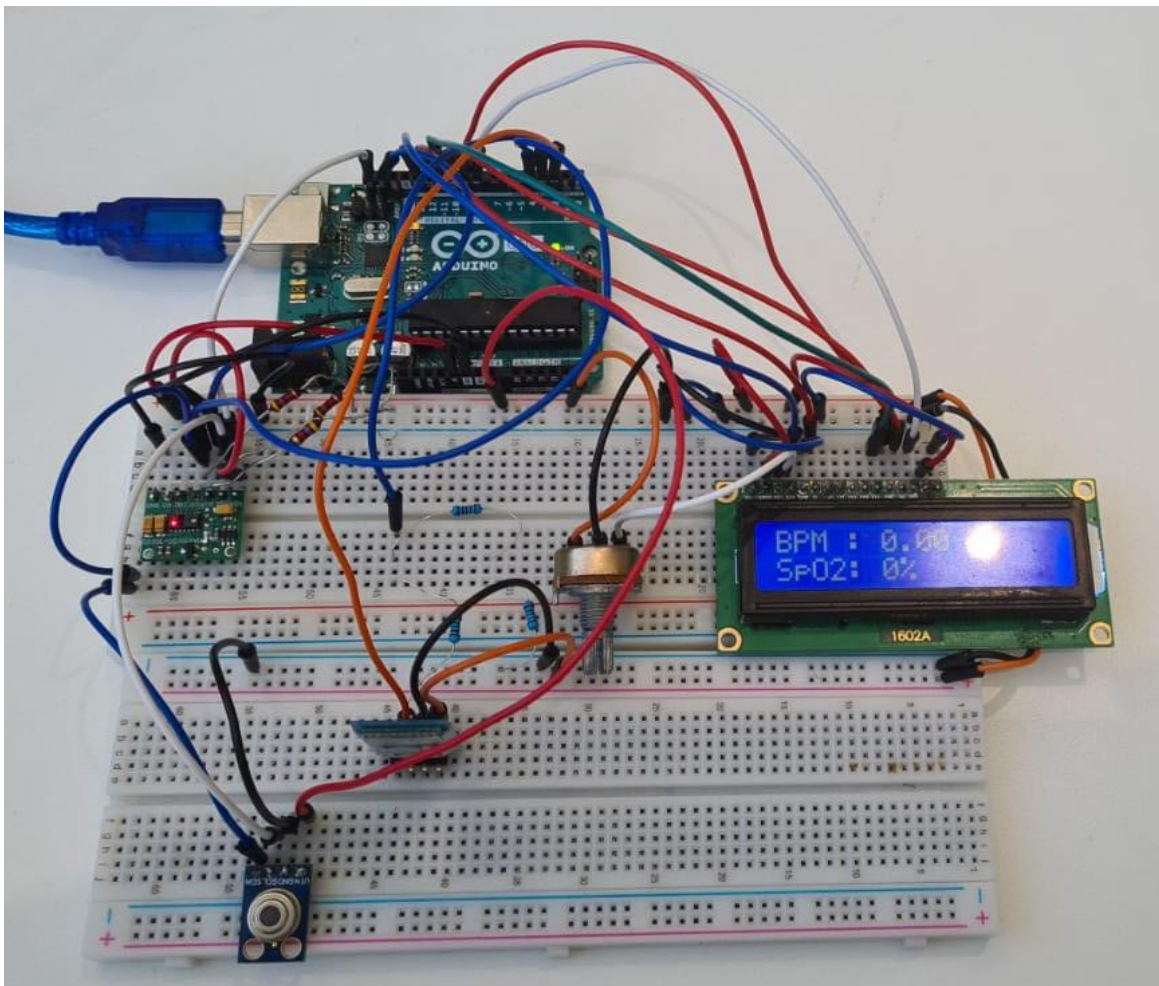
Un écran LCD (Liquid Crystal Display) ou affichage à cristaux liquides en français est un dispositif qui permet d'afficher des caractères tout en consommant assez peu d'électricité, c'est pourquoi on le retrouve dans de nombreux projets électroniques et sur tous types d'appareils.

Il en existe de différentes tailles : depuis une ligne de 16 caractères jusqu'à 4 lignes de 20 caractères

le schéma de câblage avec la carte arduino est le suivant:



Le montage final de mesure des données et d'envoi via bluetooth est le suivant:



### III. CONCEPTION DE L'APPLICATION

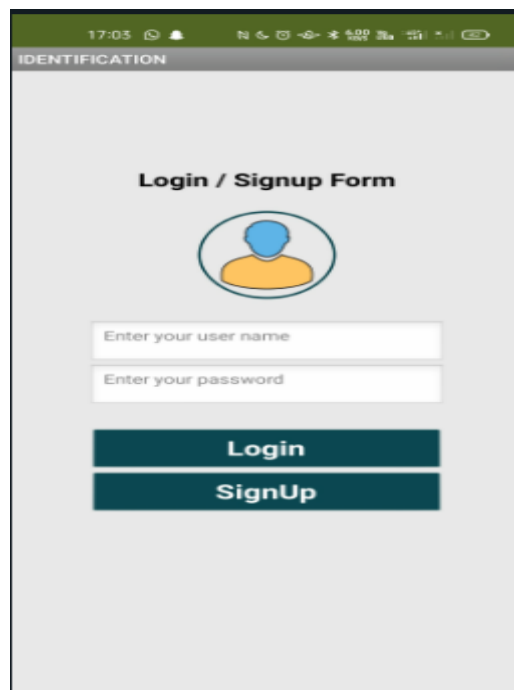
Nous voulons utiliser app inventor pour la conception de l'appareil android dans laquelle on pourra afficher et analyser les données mesurer avec les capteurs.

#### **Interface de connexion utilisateur:**

Puisque toute données personnelles et à usage médicale doit remplir une certaines norme de privacité, nous allons donc demander à l'utilisateur de se connecter à son espace afin d'avoir des informations sur ces paramètres physiologiques. à l'aide des modules button, label et textbox d'app inventor,

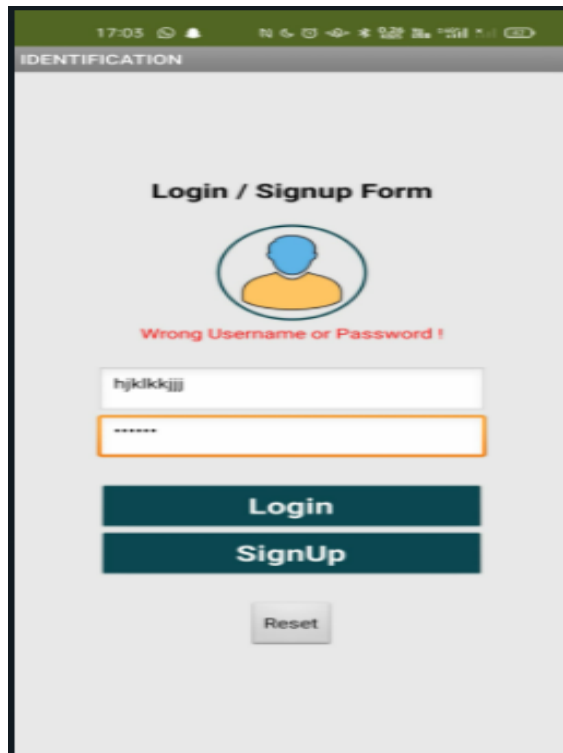
nous donnons la possibilité à l'utilisateur d'entrer son identifiant, mot de passe et de s'enregistrer une première fois; lorsqu'il clique sur le bouton sign up, ses données sont enregistrées dans une base de données qui sera utilisée par la suite pour vérifier les autres identifiants entrez.

Une fois l'enregistrement terminé, l'utilisateur doit à nouveau rentrer ses identifiant pour accéder à son interface.



- si les identifiants entrée sont incorrectes ou n'existent pas dans la base de données, un message d'erreur s'affiche



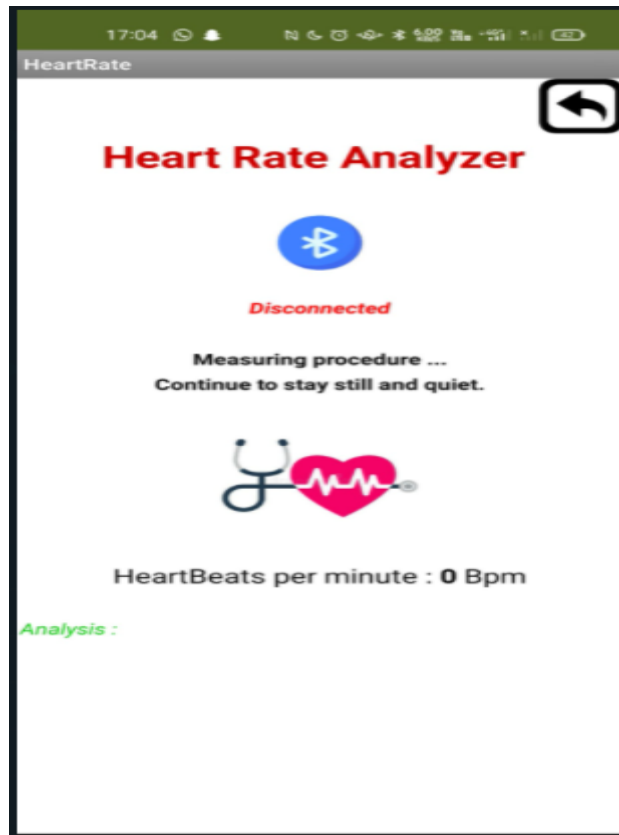


et un bouton reset pour tout effacer et entrer à nouveau les identifiants.

- Sinon, l'utilisateur est directement redirigé vers la page d'accueil ou ils pourra en fonction de ses besoins avoir accès à l'ensemble des données souhaitées.



- si l'utilisateur choisi d'avoir accès à sa fréquence cardiaque, il n'a qu'à cliquer sur le bouton heart rate et la page suivante s'affiche:



- s'il veut avoir accès à sa saturation pulsée en oxygène, il clique sur le bouton SPO2



- De même, il peut cliquer sur le bouton température pour avoir les détails de ce dernier.

Nous avons aussi le bouton retour qui permet de retourner à l'étape précédente.

## IV. ANALYSE FINANCIÈRE

La gamme de prix est très large, nous avons des appareils disponible sur amazon à moins de 50€ mais avec trois dispositifs différents pour les 3 paramètres vitaux différents.

Puis si l'on veut un appareil avec une application donc on sous entend avec un historique et un traitement des données mais aussi lié à des dispositifs plus précis et plus qualitatif on passe directement à plus de 100€ ( marque Wellue).

Il y a ensuite des dispositifs encore plus perfectionné cette fois-ci destiné exclusivement aux personnels hospitalier qui prendrai donc en compte tout le traitement d'un DPI ainsi que sa sauvegarde et la malheureusement les prix sont peu mentionné car réservé aux professionnels mais nous l'estimons de 150€ à plusieurs centaine d'euros (variant aussi selon le nombre de paramètres vitaux mesurés et donc de capteurs).

Concernant notre prototype : notre coût d'achat matériel est de 43€ sans compter la carte Arduino qui nous a gentiment été prêté par Monsieur Lecomte.

Nous avons donc estimé notre produit fabriqué à l'échelle d'une entreprise en prenant en compte les différents paramètres cités ci dessous.

Notre prix de vente sera de l'ordre de 160€

- Matière première brut (2 capteurs :  $14.99 + 5.75 = 20.74$  € + fils + arduino 27€) 40€
- TVA et charges patronal 15€
- Charges indirect (loyer, électricité, eau) 15€
- Main d'oeuvre de production, salaire, charges social 40€
- Main d'oeuvre de commercialisation, design et publicité 20€
- Marge 30€

Produit vendu à 160 € sur le marché entre (100€ et 250€)

Notre cible marketing :

Il existe en France 2 983 établissements de santé.

Selon les dernières données de la DREES sur les établissements de santé, on comptait 713 structures d'urgence qui ont pris en charge 21,4 millions de passages (13 millions de passages en 2000, 7,2 millions de passages en 1990).



Cette augmentation accroît le besoin de matériel perfectionné pour répondre rapidement aux besoins des urgentistes.

Le marché est donc en demande croissante.

## CONCLUSION

Ce projet nous a permis de mettre en application nos compétences techniques, nos connaissances sur les systèmes embarqués pour les dispositifs médicaux et l'humain en général ce qui nous a donné du sens mais aussi de la motivation tout au long de ce matin.

Notre projet nous a permis de mettre en perspective les difficultés techniques pour le développement d'un dispositif biomédical, au niveau de la transmission de données en temps réel vers une application mobile, mais aussi au niveau de la qualité de mesure souhaitée plus ou moins précise.

Nous remercions enfin notre professeur encadrant Monsieur OSMANI pour le temps qu'il nous a consacré mais aussi à Monsieur Lecomte pour le prêt du matériel (carte Arduino et divers fils de liaisons).

### perspective d'amélioration futur:

- augmenter le nombre de valeur à mesurer (être capable de mesurer le taux de glycémie, la pression artérielle,
- Faire un historique de suivi de données
- Faire une base de donnée qui permet d'enregistrer les données par patient
- Concevoir un mini dispositif portatif pour qu'il soit accessible à tous

# ANNEXES

The screenshot shows the MIT App Inventor interface for a project named "lot\_monitor". The top navigation bar includes "Projects", "Connect", "Build", "Settings", "Help", "My Projects", "View Trash", "Guide", "Report an Issue", "English", and the user email "ouich.jallal@gmail.com". Below the navigation bar, there are buttons for "IDENTIFICATION", "Add Screen...", "Remove Screen", and "Publish to Gallery". The main workspace is divided into "Blocks" and "Viewer".

**Blocks:** A sidebar on the left lists various block categories: Built-in, Control, Logic, Math, Text, Lists, Dictionaries, Colors, Variables, Procedures, IDENTIFICATION, VerticalArrangement1, and espace.

**Viewer:** The main workspace contains four event-driven logic blocks:

- when signupbutt .Click:** A "do" block containing "call FirebaseDB1 .StoreValue" with "tag" set to "TextBox1 .Text" and "valueToStore" set to "PasswordTextBox1 .Text", followed by "set Button1 .Visible to true".
- when loginbutt .Click:** A "do" block containing "call FirebaseDB1 .GetValue" with "tag" set to "TextB" and "valueIfTagNotThere" set to "NA".
- when FirebaseDB1 .GotValue:** A "do" block containing an "if" statement: "if get tag = TextBox1 .Text" then "if get value = PasswordTextBox1 .Text" followed by "Show Warnings" and "open another screen screenName Screen1".
- when Button1 .Click:** A "do" block containing "set Button1 .Visible to false", "set TextBox1 .Text to", "set PasswordTextBox1 .Text to", and "set Error .Visible to false".

The screenshot shows the Firebase console interface. The left sidebar lists various services: Authentication, Firestore Database, Realtime Database, Storage, Hosting, Functions, and Machine Learning. The main content area shows the "Données" (Data) view for the Realtime Database "formapp-15c0b-default-rtdb".

The URL bar shows "https://formapp-15c0b-default-rtdb.firebaseio.com/". The data structure is as follows:

```
formapp-15c0b-default-rtdb
├── lot_monitor
│   ├── Mylaine: "\12567\"
│   ├── jalal: "\12345\"
│   ├── jovanie: "\aaaa\"
│   └── jovanie: "\aaaaa\"
```