

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira
Faculté de la Technologie



Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master Filière : électronique

Spécialité : instrumentation

Thème

Etude et réalisation d'un bracelet d'assistance médical pour enfant

Préparé par :

- REGRADJ Cylia
- OUHABI Amina

Dirigé par :

M. KACIMI

Examiné par :

- ✓ M.TAFININE
- ✓ M.SADJI

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des acteurs qui ont contribué à la concrétisation de ce mémoire de fin d'études. Mes sincères remerciements s'adressent tout d'abord à:

Monsieur KACIMI, mon directeur de mémoire, pour ses directives éclairées, sa disponibilité constante et son soutien indéfectible et sa compréhension remarquable tout au long de ce projet. Sa rigueur scientifique et ses encouragements avisés ont été des éléments déterminants dans l'avancement de ce travail de recherche.

Mesdames et Messieurs les membres du jury, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'évaluer ce mémoire. J'attends avec impatience leurs commentaires bienveillants et suggestions constructifs afin d'améliorer mon travail.

Je tiens également à remercier chaleureusement : Messieurs/Mesdames les enseignants et chercheurs qui m'ont transmis leurs connaissances .

A Monsieur l'ingénieur du laboratoire de recherche, pour son accueil chaleureux et son esprit d'entraide. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je suis reconnaissante pour les discussions enrichissantes que nous avons eues.

Et je ne remercierai jamais assez mes amis et ma famille, pour leur soutien moral et leur encouragement indéfectible tout au long de mes études. Je suis consciente que ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé sans leur présence bienveillante à mes côtés.

Je suis reconnaissant envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. Ce travail est le fruit d'une collaboration riche et stimulante, et je suis fier de le partager avec vous.

Regradj & Ouhabi

”

merci

Table des matières

Introduction générale

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

Chapitre I Bracelet électronique

I.1 INTRODUCTION.....	3
I.2 HISTORIQUE.....	3
I.3 LES BENEFICES DES BRACELETS DE SANTE.....	4
I.4 LES DEFIS DES BRACELETS DE SANTE	4
I.5 OBJECTIF DU PROJET	5
I.6 DESCRIPTION GENERALE DU BRACELET	5
I.7 GRANDEURS IMPORTANTES EN E-SANTE.....	5
I.7.1 Température corporelle.....	6
I.7.2 La fréquence cardiaque	6
I.7.3 Accélération linéaire.....	6
I.8 COMPOSITION TECHNOLOGIQUE	6
I.8.1 Capteur de Température LM35.....	6
I.8.2 Capteur MAX30102	7
I.8.3 Capteur MPU6050.....	7
I.8.4 Ecran OLED-I2C	8
I.9 CONCLUSION.....	9

Chapitre II Etude du système du bracelet de sante

II.1 INTRODUCTION	10
II.2 MESURE DE TEMPERATURE (LM35).....	10
II.3 MESURE DE FREQUENCE CARDIAQUE	11
II.4 DETECTION DE MOUVEMENT	12
II.5 PROTOCOLE DE COMMUNICATION DISPONIBLE.....	13
II.5.1 LM35.....	13
II.5.2 MAX30102 ET MPU6050.....	13
II.6 ETALONNAGE DES CAPTEURS.....	13
II.6.1 Etalonnage du LM35	13

II.6.2 Etalonnage du MAX30102	14
II.6.3 Etalonnage du MPU6050	14
II.7 CARTE ARDUINO UNO	15
II.7.1 FICHE TECHNIQUE.....	15
II.7.2 CHAINE ET PROTOCOL DE COMMUNICATION	16
I.7.2.1 Protocol de Communication série	16
II.7.2.2 Protocol de Communication I2C.....	16
II.7.2.3 CHAINE DE COMMUNICATION	16
II.8 CONCLUSION.....	17

Chapitre III Système logiciel

III .1 INTRODUCTION	18
III .2 ETALONNAGE ET MISE EN SERVICE	18
III .3 MACHINE LEARNING	20
III.3.1 Intelligence artificielle réseau de neurones	20
III.3.2 Fonctionnement du réseau MLP	20
III.4 CONCLUSION.....	26

CONCLUSION GENERALE.....	27
Bibliographie.....	28
RESUME	29
ABSTRACT	30
ملخص.....	31

Liste des figures

figure I.1 Bracelet et montre connectée.....	4
figure I.2 Présentation du capteur de température LM35	7
figure I.3 Présentation du capteur MAX30102	7
figure I.4 Présentation du capteur du MAX30102 et son principe de fonctionnement.....	8
figure I.5 Afficheur OLED-I2C	8
Figure II.1 Schéma synoptique interne du LM35	10
Figure II.2 Schéma synoptique interne du MAX30102	11
Figure II.3 Schéma synoptique interne du MPU6050	12
Figure II.4 Structure externe de la carte Arduino uno	15
Figure III.1 Etalonnage du LM35	18
Figure III.2 Etalonnage du MPU6050	19
Figure III.3 Etalonnage du MAX30102.....	19
Figure III.4 Couplage des capteurs	20
Figure III.5 1 STRUCTURE MLP	21
Figure III.5 2 BASE DE DONNEES	23
Figure III.5 3 ORGANIGRAMME DU FONCTIONNEMENT DU RNA	24
Figure III.6 Processus d'apprentissage du réseau de neurone	25
Figure III.7 Comportements du réseau de neurone au début de l'apprentissage.....	25
Figure III.8 Comportements du réseau de neurone à la fin de l'apprentissage	25

Liste des abréviations

ADC	Analog to Digital Converter
ARM	Advanced RISC Machine
DMP	Digital Motion Processor
DES	Dossier de Sante Electronique
IA	Intelligence Artificielle
ICSP	In Circuit Serial Programming
IMU	Inertial Measurement Unit
IR	Infra Rouge
LM	Learning Machine
MLP	Multilayer Perceptron
RED	Rouge
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
SI	Surveillance Intelligente
SPO2	Saturation Périphérique en Oxygène
TIC	Technologie de l'Information et de la Communication
UART	Universal Assynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus

Introduction générale

INTRODUCTION

La santé connectée, également connue sous le nom de santé numérique ou e-santé, représente l'application des technologies de l'information et de la communication (TIC) au domaine de la santé. Elle englobe un large éventail de dispositifs, de services et de solutions numériques conçus pour améliorer la prévention, le diagnostic, le traitement et la gestion des soins de santé. Ladite « santé connectée » comprend plusieurs aspects diverse et varié comme : les dispositifs portables et capteurs, les Applications mobiles de santé, la Télémédecine et consultations à distance, les Dossiers de santé électroniques (DSE), l'intelligence artificielle (IA) et analyse des données, les Systèmes de surveillance et de suivi des épidémies, l'éducation et sensibilisation à la santé.

De par cette diversité, la santé connectée offre un potentiel considérable pour améliorer l'accessibilité, L'efficacité et la qualité des soins de santé, tout en permettant aux individus de mieux comprendre et gérer leur santé grâce aux technologies numériques.

Ce point est d'autant plus sensible lorsqu'il est question de prendre soins de nos enfants, et le plus grand désire des parents est d'avoir un œil sur leur enfant que ça soit pendant la nuit ou la journée, idéalement sans même être dans le voisinage. Car beaucoup d'enfants souffrent de maladies chroniques qui nécessitent une surveillance et une assistance régulières. Cela peut être une charge considérable pour les parents, qui doivent souvent prendre en charge la gestion des soins de leur enfant en permanence, 24h/24 et 7j/7.

Dans ce sens, le bracelet médical d'assistance pour enfant vient comme une solution aux parents. Il s'agit d'un dispositif portable conçu pour aider les enfants qui ont des besoins médicaux spécifiques, grâce aux différentes fonctionnalités qui permettent de faciliter la vie aux parents mais aussi de détecter des éventuels problèmes de santé comme : la monté de température, l'arythmie cardiaque, et pas que, grâce à l'apprentissage automatique les informations récoltées sont analysées ce qui permet une aide au diagnostic .

L'intégration de capteurs avancés, tels que ceux mesurant la température, la fréquence cardiaque et les mouvements, permet une surveillance en temps réel de divers paramètres de santé. Par exemple, un bracelet d'assistance équipé d'un capteur de température peut détecter une fièvre émergente, alertant ainsi les parents ou les professionnels de la santé avant même l'apparition de symptômes évidents. De même, un capteur de fréquence cardiaque peut suivre l'activité cardiovasculaire d'un individu, offrant des informations précieuses sur la santé

cardiaque et le niveau d'activité physique. Enfin, un capteur d'accéléromètre peut détecter les chutes potentielles ou les mouvements inhabituels, offrant une tranquillité d'esprit aux utilisateurs et à leurs proches.

L'intelligence artificielle joue un rôle essentiel dans l'analyse et l'interprétation des données recueillies par ces dispositifs. Des algorithmes sophistiqués peuvent détecter des modèles subtils, prédire des tendances médicales et même recommander des interventions personnalisées. Par exemple, un système d'intelligence artificielle intégré à un bracelet d'assistance peut détecter des variations inhabituelles dans les paramètres de santé d'un enfant et recommander des mesures préventives ou un suivi médical approprié.

Cependant, l'adoption généralisée de ces technologies soulève des défis significatifs. Des questions concernant la confidentialité des données, la sécurité des dispositifs, l'interopérabilité des systèmes et l'acceptabilité sociale doivent être abordées de manière proactive pour assurer le succès et la durabilité de ces innovations.

Ce travail se propose d'explorer ces enjeux complexes et de proposer des recommandations pratiques pour surmonter les obstacles et exploiter pleinement le potentiel des bracelets d'assistance médicale dans le contexte élargi de la e-santé. En intégrant une analyse détaillée des technologies, des exemples concrets et une réflexion critique sur les implications sociétales, il aspire à contribuer de manière significative à l'évolution des soins de santé vers un avenir numérique et connecté.

Ce manuscrit est constitué de trois chapitres, le premier présente les différents composants permettant la conception d'un bracelet d'assistance médicale en prenant compte des bracelets déjà existant sur le marché, le second aborde l'étude technologique du bracelet. Le troisième mentionne l'apprentissage automatique et termine par une conclusion générale et quelques perspectives.

CHAPITRE 1

Bracelet électronique

I.1 INTRODUCTION

Dans le contexte de l'évolution rapide des technologies de la santé connectée, la conception de dispositifs portables intelligents joue un rôle crucial dans l'amélioration de la surveillance médicale personnalisée et proactive. Parmi ces innovations : les bracelets d'assistance médicale intelligents émergent comme des outils essentiels, offrant aux utilisateurs une surveillance continue de leur santé et un accès instantané à des données vitales.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents composants permettant la conception d'un bracelet d'assistance médicale en plus des différentes notions et grandeurs relatives à ce domaine.

I.2 HISTORIQUE

Dans les années 1980, les premiers bracelets électroniques ont été employés pour la surveillance électronique des détenus. Leur utilisation permettait de vérifier la présence des détenus chez eux aux heures fixées par l'autorité.

Les bracelets électroniques ont été utilisés dans le domaine sportif au début des années 1990. Les athlètes professionnels ont commencé à porter des bracelets afin de surveiller en permanence leur activité (rythme cardiaque, pression artérielle, etc.).

Grâce à l'apparition des montres connectées dans les années 2000, le grand public a pu bénéficier de ce genre de gadgets. La rapidité de l'évolution des bracelets et l'ajout de plus de fonctionnalités ont grandement favorisé leur utilisation à grande échelle. Les bracelets intelligents se sont multipliés depuis les années 2010 et sont devenus des outils de suivi essentiels pour les sportifs professionnels et amateurs. Ils sont aussi employés en matière de santé, en particulier pour le suivi des personnes âgées ou à mobilité réduite.

De nos jours, les grandes entreprises de l'électronique telles que Sony, Samsung et Huawei proposent leurs propres versions de bracelets connectés. Ces appareils regroupent diverses caractéristiques telles que le suivi de l'activité physique, la mesure de la fréquence cardiaque, le suivi du sommeil, et bien d'autres encore.



Figure I.1: Bracelet et montre connectée

1.3 LES BENEFICES DES BRACELETS DE SANTE :

Les bracelets médicaux offrent de multiples bénéfices, tels que :

- La possibilité de suivre en permanence la santé en collectant des données physiologiques, 24h/24 et 7j/7. Cela permet d'avoir une perspective globale sur la santé de l'utilisateur et de détecter précocement d'éventuels problèmes de santé.
- Améliorer la gestion des maladies chroniques en aidant les patients à gérer de manière efficace des affections chroniques comme le diabète ou l'hypertension artérielle. Les patients peuvent prendre des mesures préventives en surveillant de manière constante leurs données physiologiques afin d'éviter toute complication.
- Motivation à l'activité physique : Les bracelets médicaux peuvent jouer un rôle de motivation pour les utilisateurs en encourageant une activité physique accrue. Ils le font en suivant les progrès de l'utilisateur et en lui fixant des objectifs personnalisés.

1.4 LES DEFIS DES BRACELETS DE SANTE

- Précision des données : La précision des données collectées par les bracelets médicaux peut varier en fonction du modèle utilisé et de la manière dont il est porté.
- Confidentialité des données : Les données collectées par les bracelets médicaux peuvent être sensibles. Il est important de choisir un appareil qui garantit la protection de la confidentialité des données.
- Coût : Les bracelets médicaux peuvent être onéreux, en particulier les modèles les plus sophistiqués.

I.5 OBJECTIF DU PROJET

Les objectifs principaux du projet de réalisation d'un bracelet médical à plusieurs capteurs sont de :

- Créer un dispositif qui surveille plusieurs paramètres de santé.
- Fournit des mesures précises et fiables.
- Détecte les anomalies.
- Alerte les utilisateurs en cas de problème.
- Offre une expérience utilisateur conviviale et ergonomique.

I.6 DESCRIPTION GENERALE DU BRACELET

Le dispositif novateur proposé est un bracelet médical qui permet de surveiller en continu et de manière non intrusive différents paramètres physiologiques indispensables à la santé.

D'un point de vue scientifique, le bracelet est développé pour être ergonomique et agréable à porter, tout en incorporant des capteurs de haute précision pour mesurer des paramètres tels que la température corporelle, la fréquence cardiaque, et éventuellement d'autres paramètres tels que le niveau d'activité physique.

L'architecture technologique du bracelet est sophistiquée, avec des capteurs miniaturisés et des composants électroniques choisis avec soin pour garantir des mesures fiables et précises. Il est doté d'une intelligence artificielle, offrant aux utilisateurs une accessibilité facile à l'aide au diagnostic et à la détection des anomalies.

I.7 GRANDEURS IMPORTANTES EN E-SANTE

La e-santé exploite divers capteurs pour collecter une panoplie de données physiologiques, incluant la fréquence cardiaque, la pression artérielle, la température corporelle et le niveau d'activité physique. Ces données sont ensuite exploitées pour le diagnostic de maladies, le suivi de l'évolution de pathologies chroniques et la prévention de complications.

I.7.1 Température corporelle

La température corporelle correspond à la température intérieure d'un être vivant, restreinte par des mécanismes physiologiques de thermorégulation. L'organisme utilise ces mécanismes pour générer et dissiper la chaleur en fonction de ses besoins. La température corporelle normale chez l'homme varie habituellement de 36,1 °C à 37,8 °C. Les variations de cette plage peuvent être légères en fonction de divers facteurs.

I.7.2 La fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est une mesure essentielle de la santé physiologique qui reflète l'activité électrique du cœur et est étroitement liée à la santé cardiovasculaire et au bien-être global. Elle est mesurée en comptant les battements cardiaques en une minute. Différents facteurs l'influencent et elle est étroitement surveillée dans différents contextes médicaux afin d'évaluer la fonction cardiovasculaire et d'orienter les choix de traitement.

I.7.3 Accélération linéaire

L'accélération linéaire, aussi appelée accélération de translation, correspond au taux de variation de la vitesse linéaire d'un objet. C'est une quantité vectorielle qui représente le changement de vitesse en termes d'ampleur et de direction. On mesure l'accélération linéaire en mètres par seconde carrée (m/s²).

I.8 COMPOSITION TECHNOLOGIQUE

Le Bracelet de Surveillance Médicale est équipé d'une gamme de composants embarqués soigneusement sélectionnés pour fournir des fonctionnalités avancées de surveillance de la santé. Voici une présentation technique des principaux composants :

I.8.1 Capteur de Température LM35

Le LM35 est un capteur de température de haute précision à circuit intégré qui génère une tension de sortie qui est directement liée à la température Celsius. Ce capteur est polyvalent et fréquemment employé dans diverses applications de mesure de température.



Figure I. 2 Présentation du capteur de température LM35

1.8.2 Capteur MAX30102 :

Le MAX30102 est un capteur de fréquence cardiaque et de saturation en oxygène dans le sang (SpO₂) intégré dans une seule puce. Il utilise une combinaison de LEDs rouges et infrarouges ainsi que des photodétecteurs pour mesurer les variations de volume sanguin et la saturation en oxygène dans le sang. Le capteur MAX30102 offre une excellente précision et une faible consommation d'énergie, ce qui en fait un choix populaire pour les applications de surveillance de la santé portables.

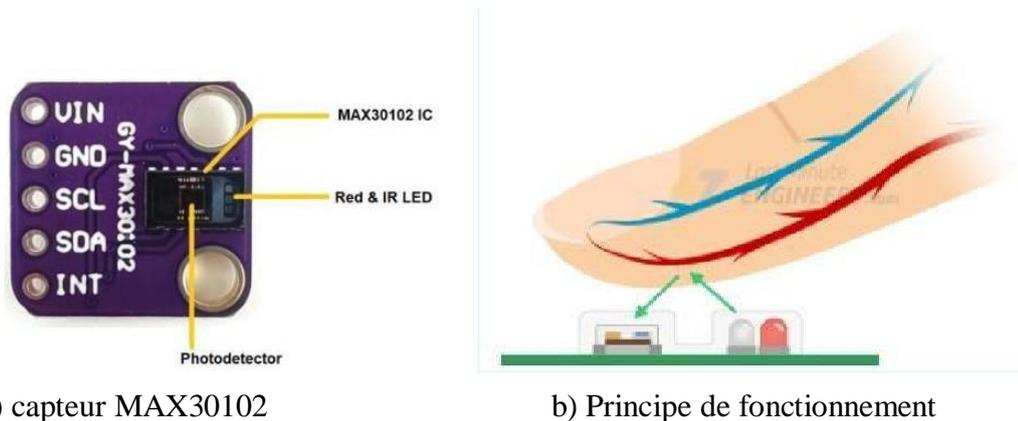


Figure I. 3 Présentation du capteur MAX30102

1.8.3 Capteur MPU6050 :

Le capteur MPU6050 est une unité de mesure inertielle miniature. Les capteurs IMU regroupent différents capteurs dans une seule puce afin de surveiller le déplacement et l'orientation d'un objet dans l'espace. Le MPU6050 intègre notamment deux caractéristiques essentielles :

- **GYROSCOPE à 3 axes** : Ce dispositif est utilisé pour mesurer la vitesse angulaire du capteur autour de chaque axe (x, y et z). La vitesse angulaire correspond principalement à la vitesse de rotation de l'appareil autour de chaque axe, généralement exprimée en degrés par seconde (°/s) ou en radians par seconde (rad/s).

- **ACCELEROMETRE a 3 axes** : appelé accéléromètre 3 axes, évalue l'accélération linéaire que le capteur subit le long de chaque axe (x, et, et z). La vitesse de l'appareil change dans chaque direction est appelée accélération linéaire, et elle est exprimée en mètres par seconde carrée (m/s²).

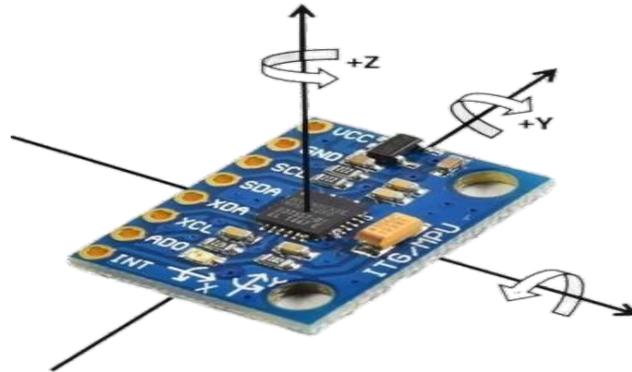


Figure I. 4 Présentation du capteur du MAX30102 et son principe de fonctionnement

En intégrant ces composants avancés dans le Bracelet de Surveillance Médicale, on obtient une solution complète et efficace pour la surveillance continue de la santé, offrant des mesures précises de la température corporelle, de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène dans le sang, et le mouvement le tout dans un format compact et portable.

I.8.4 Ecran OLED-I2C :

Il s'agit d'un écran d'affichage nommé OLED-I2C (voir figure I.5) de 0,96 pouces avec une résolution de 128x64 à très basse consommation (0,08W) et une tension d'entrée de 3-5VDC. Cet écran est Compatible avec divers contrôleurs tels qu'Arduino, ARM, STM32, MSP430. Il peut être facilement interfacé via la liaison I2C/IIC



Figure I. 5 Afficheur OLED-I2C

I.9 CONCLUSION

Dans ce premier chapitre nous avons établi les fondements de l'étude des bracelets d'assistance médicale en mettant l'accent sur leur potentiel prometteur dans le domaine de la santé connectée. Dans le chapitre prochain, nous examinerons en détails les aspects techniques, les applications cliniques et les questions éthiques associées à ces dispositifs.

CHAPITRE 2

Etude du système Bracelet de santé

II.1 INTRODUCTION

Dans ce second chapitre nous allons aborder l'étude technologique du bracelet médicale en parcourant le principe de chacun des composant constituant ce dernière et la façon dont ils ont été employés .

II.2 MESURE DE TEMPERATURE (LM35) :

Le LM35 est un dispositif de mesure de température analogique de haute précision, spécialement conçu pour assurer une mesure précise et linéaire de la température ambiante. Il fonctionne en exploitant la variation de la tension aux bornes d'une diode à semi-conducteur en fonction de la température. le LM35 est spécifiquement calibré en usine pour une sortie en degrés Celsius. Cela rend son utilisation plus facile et augmente sa précision. Sa tension de sortie augmente d'une manière linéaire avec la température ambiante. Les valeurs de sensibilité habituelles sont de $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Cela implique que chaque augmentation de 1 degré Celsius de la température entraîne une augmentation de 10 millivolts de la tension de sortie du capteur. Simplifiant ainsi son utilisation et garantissant une précision typique de $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ à 25°C et de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sur toute sa plage de fonctionnement, qui s'étend généralement de -55°C à 150°C pour le LM35 standard.

La figure Ci-dessous présente une vue interne du capteur avec les différents continuant intégrés

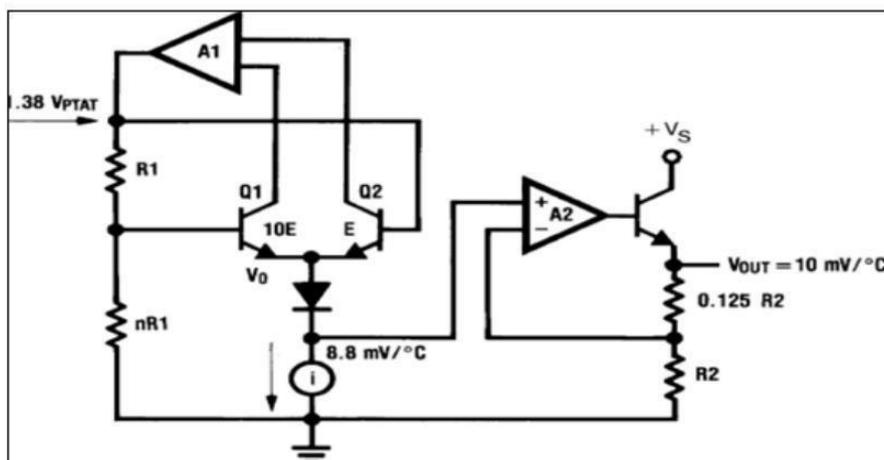


Figure II. 1 Schéma synoptique interne du LM35

Le LM35 est un dispositif intégré de mesure de température qui utilise un transistor bipolaire spécialement développé pour cette fonction. Un amplificateur opérationnel est relié au transistor et amplifie le signal de sortie en fonction de la température. Il emploie des résistances de polarisation afin de réguler les niveaux de tension et de courant dans le circuit.

II.3 MESURE DE FREQUENCE CARDIAQUE :

Le MAX30102 de Maxim Integrated est un dispositif optique qui enregistre la fréquence cardiaque et l'oxymétrie des pouls (SpO₂). Ce capteur exploite deux LED, l'une rouge et l'autre infrarouge, pour éclairer la peau (voir figure I.3-b). La lumière diffusée par les tissus est ensuite captée par un photodétecteur intégré. Le capteur utilise ensuite ces données pour calculer la fréquence cardiaque et le SpO₂ en analysant les variations de la lumière transmise et absorbée par le sang. La Figure

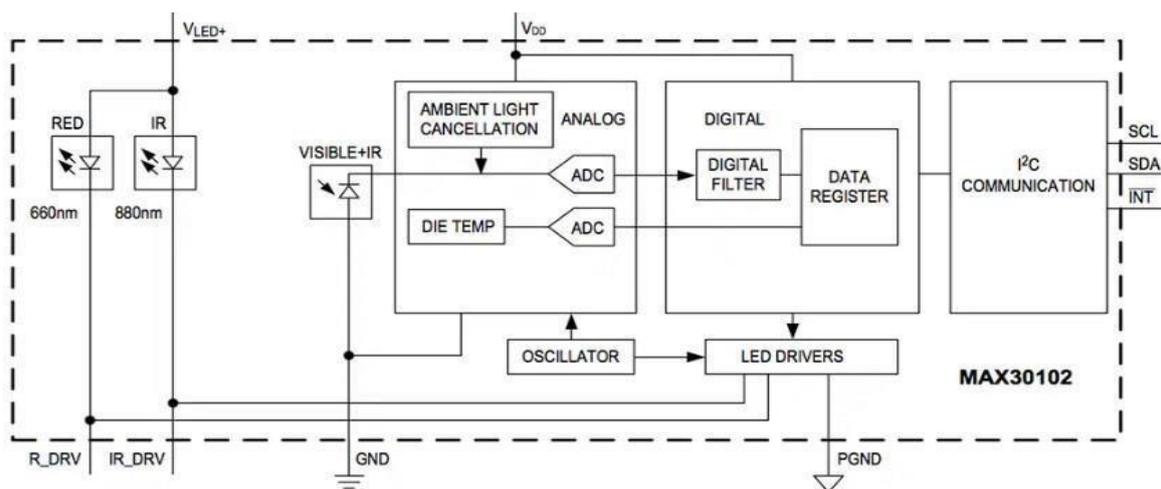


Figure II. 2 Schéma synoptique interne du MAX30102

Le capteur optique MAX30102 est spécialement conçu pour évaluer la fréquence cardiaque et la saturation en oxygène du sang (SpO₂). Il est composé de deux diodes électroluminescentes (LED) rouges et infrarouges contrôlées par un led drivers qui promènent de la lumière dans la peau, d'un photorécepteur qui détecte la lumière réfléchie et d'un circuit de traitement du signal intégré. Ce dispositif est composé d'un amplificateur à faible bruit, d'un convertisseur analogique-numérique et d'un microcontrôleur qui gère et traite les signaux des photorécepteurs afin de déterminer la fréquence cardiaque et la SPO₂.

Le MAX30102 dispose également de broches d'alimentation, de masse et de communication I2C pour permettre son interfaçage avec des microcontrôleurs comme l'Arduino.

II.4 DETECTION DE MOUVEMENT

Le capteur inertielle MEMS 6 axes MPU6050 a été créé par InvenSense. Le boîtier compact combine un accéléromètre 3 axes et un gyroscope 3 axes, ce qui le rend parfait pour une variété d'applications de détection de mouvement.

Le MPU6050 utilise plusieurs lois qui lui sont essentielles pour son fonctionnement. Les rotations autour des axes X, Y et Z sont détectées par le gyroscope (Voir Figure I.4). Les accélérations linéaires sont mesurées par l'accéléromètre dans les mêmes axes. Les mouvements et les rotations sont détectés par le capteur en utilisant des techniques de micro-électromécanique. La figure II.3 présente une vue interne du MPU 6050.

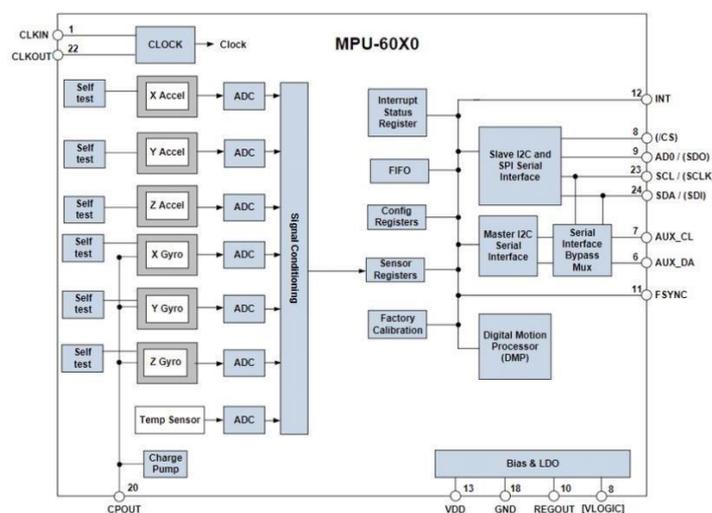


Figure II. 3 Schéma synoptique interne du MPU6050

Le capteur de mouvement et d'orientation MPU6050 est un dispositif intégré qui regroupe un accéléromètre et un gyroscope dans un seul appareil. Son objectif est d'évaluer les accélérations, les vitesses angulaires et l'orientation dans les trois directions. Un accéléromètre à 3 axes (X, Y, Z) mesurant les accélérations en g (gravity) et un gyroscope à 3 axes (X, Y, Z) mesurant les vitesses angulaires en degrés par seconde sont les principaux composants électroniques du MPU6050 avec un l'ADC qui convertit les signaux analogiques de l'accéléromètre et du gyroscope en valeurs numériques ceci pour qu'ils soient traités grâce à un processus de traitement de mouvement DMP . Le bus I2C est utilisé par le MPU6050 pour interagir avec les microcontrôleurs et les ordinateurs.

II.5 PROTOCOLE DE COMMUNICATION DISPONIBLE

L'intégration efficace des capteurs dans les systèmes électroniques nécessite une compréhension approfondie de leurs protocoles de communication.

II.5.1 LM35

Le LM35, un capteur de température de haute précision à circuit intégré, se démarque par sa simplicité et sa fiabilité. Il se débarrasse des subtilités des protocoles de communication numériques et choisit plutôt une sortie de tension analogique qui est linéaire à la température mesurée. Généralement reliée à un convertisseur analogique-numérique (ADC) dans le microcontrôleur, cette sortie analogique permet une conversion facile en représentation numérique.

II .5.2 MAX30102 ET MPU6050

Tout comme le MAX30102, le MPU6050 utilise le protocole I2C pour interagir avec le microcontrôleur. Le bus I2C est une interface bidirectionnelle de communication qui permet la communication entre plusieurs périphériques et un maître. Il propose une communication plus rapide et une plus grande souplesse que le bus 1-Wire. Toutefois, ce type de communication nécessite deux fils de données : SDA et SCL . Il est essentiel de mettre en place des résistances de pull-up afin de maintenir les lignes SDA et SCL à un niveau logique élevé lorsqu'elles ne sont pas utilisées. En règle générale, la résistance est de 4,7 k Ω .

II.6 ETALONNAGE DES CAPTEURS

L'étalonnage est une procédure très importante pour toute mesure, et l'électronique ne fait pas exception à ce constat. En effet, les différents capteurs employés en électronique peuvent être étalonné afin de s'assurer de leurs bons fonctionnements ou de concevoir des circuits permettant une lecture correcte des grandeurs mesurées.

II.6.1 Etalonnage du LM35

- Placer le capteur dans un environnement à température connue (bain d'eau glacée, four).
- Relever la valeur de la température fournie par le capteur.
- Comparer la valeur mesurée à la température réelle de l'environnement.
- Vérifier les formules de conversion tension-température.

II.6.2 Etalonnage du MAX30102

- Placez de manière stable le capteur MAX30102 sur un doigt ou une zone du corps où la pulsation peut être facilement détectée.
- Optez pour la mise sous tension et l'initialisation du capteur en suivant les consignes du fabricant. (Cela englobe la transmission de commandes I2C spécifiques afin de configurer le capteur.)
- Veillez à ce que le capteur se stabilise et commence à détecter le battement de cœur.
- Pour comparer la fréquence cardiaque affichée par le capteur, il est recommandé d'utiliser une mesure de référence, comme un oxymètre de pouls.
- Mettez à jour les réglages d'étalonnage du capteur (en utilisant les registres I2C) afin de synchroniser la mesure du MAX30102 avec la valeur de référence.

(la communication I2C)

- Maintenir une pression ferme en positionnant le capteur sur un doigt.
- Mise en marche d'un terminal et transmission de la commande suivante :
i2cset -y 10x57 0x00 0x01
- Attendez quelques instants pour que l'étalonnage se réalise.
- Pour vérifier la valeur d'étalonnage, veuillez envoyer la commande suivante :
i2cget -y 1 0x57 0x00

II.6.3 Etalonnage du MPU6050

L'étalonnage du MPU6050 consiste à ajuster les paramètres de fonctionnement pour obtenir des données précises et fiables. Voici quelques étapes pour l'étalonnage :

- Définir les Plages : Définir les plages d'accélération et de rotation en fonction des besoins spécifiques de votre projet.
- Définir les Bande Passante : Définir la bande passante de filtration pour réduire le bruit et améliorer la précision.
- Vérification des Données : Vérifier les données lues pour s'assurer qu'elles sont cohérentes et précises

II.7 CARTE ARDUINO UNO

L'Arduino Uno est une carte de prototypage électronique open-source basée sur un microcontrôleur ATmega328P. Cette plateforme de développement est largement utilisée pour créer des projets électroniques interactifs en raison de sa simplicité d'utilisation, de sa polyvalence et de sa grande accessibilité. Elle est programmée à l'aide de l'environnement de développement intégré (IDE) Arduino, qui utilise un langage de programmation simplifié basé sur C/C++. L'Arduino Uno est couramment utilisée dans une variété de domaines, y compris l'éducation, la robotique, l'Internet des objets, et le prototypage rapide de projets électroniques.



Figure II. 4 Structure externe de la carte Arduino uno

II.7.1 FICHE TECHNIQUE :

1. **Microcontrôleur:** ATmega328P
2. **Tension de fonctionnement:** 5V
3. **Tension d'entrée (recommandée):** 7-12V
4. **Tension d'entrée (limites):** 6-20V
5. **Broches d'E/S numériques:** 14 (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM)
6. **Broches d'entrée analogiques:** 6
7. **Courant continu par broche I/O:** 20 mA
8. **Courant continu pour la broche 3.3V:** 50 mA
9. **Mémoire Flash:** 32 KB (ATmega328P) dont 0.5 KB utilisés par le bootloader
10. **SRAM:** 2 KB (ATmega328P)
11. **EEPROM:** 1 KB (ATmega328P)
12. **Fréquence d'horloge:** 16 MHz
13. **Connectivité:** USB pour la programmation et l'alimentation

II.7.2 CHAINE ET PROTOCOL DE COMMUNICATION :

La carte Arduino uno utilise principalement deux protocoles de communication :

I.7.2.1 Protocol de Communication série

La carte Arduino uno utilise le protocole de communication série UART pour communiquer via son port micro-USB.

Ce protocole offre la possibilité de transférer et de recevoir des informations numériques entre la carte Arduino uno et un ordinateur ou un autre dispositif.

L'utilisation de la communication série permet de programmer la carte Arduino uno en utilisant le logiciel Arduino.

II.7.2.2 Protocol de Communication I2C :

La carte Arduino uno est équipée de broches spécialement conçues pour la communication I2C.

Un bus de communication série bidirectionnel appelé I2C est constitué de deux fils (SDA pour les données, SCL pour l'horloge).

Ce protocole autorise la connexion et la communication avec des capteurs, des actionneurs et d'autres périphériques compatibles avec le protocole I2C.

II.7.2.3 CHAINE DE COMMUNICATION :

- Émetteur : Ordinateur, capteurs, actionneurs, etc. connectés à la carte Arduino uno.
- Convertisseur numérique-analogique : Conversion des signaux numériques en signaux analogiques pour le traitement par la carte Arduino uno.
- Codage source : Mise en forme des données numériques selon les protocoles de communication utilisés (série, I2C, etc.).
- Multiplexage : Gestion de la communication avec les différents périphériques connectés.
- Convertisseur analogique-numérique : Conversion des signaux analogiques en signaux numériques pour le traitement par la carte Arduino uno.
- Récepteur : Carte Arduino uno recevant et traitant les données des différents périphériques.

II.8 CONCLUSION :

Dans ce deuxième chapitre nous avons exploré les composants clés du bracelet médical, en détaillant les principes de fonctionnement et les caractéristiques techniques de chacun des capteurs utilisés : LM35 , MAX30102 ,MPU6050 , en outre l'importance de l'étalonnage de ces derniers ainsi que leurs protocoles de communication , permettant l'interfaçage des capteurs avec la carte Arduino . Le chapitre qui suivra, abordera l'architecture logiciels , analyse des données et les perspectives .

Chapitre 3

Systeme logiciel

III .1 INTRODUCTION

Dans ce dernier chapitre, nous nous pencherons sur le côté pratique du projet, nous allons discuter de la mise en service des capteurs en premier temps et en second l'apprentissage du bracelet électronique.

III .2 ETALONNAGE ET MISE EN SERVICE

Après avoir effectué une étude approfondie des capteurs, nous passons à la phase de la mise en service :

Pour cela nous avons tout d'abord branché correctement le capteur pour établir une connexion fiable et précise avec le microcontrôleur, par la suite nous avons établi un code développé qui nous permet de lire les valeurs brutes de sortie de chaque capteur.

Ensuite, vient la phase du traitement et de l'étalonnage :

- Pour le LM35 nous avons convertit les valeurs brutes issues, du langage Arduino en équivalant en tension, puis en valeur température. Ensuite nous avons procédé à l'étalonnage du capteur en l'exposant a de différentes températures connues et comparant les mesures avec celles de deux différents thermomètres.



Figure III. 1 Etalonnage du LM35

- Pour le MPU6050 nous avons convertit les valeurs brutes d'accéléromètre suivant les différents axes du langage Arduino en équivalant en m/s^2 , pour calculer par la suite l'accélération résultante. Enfin on effectue des tests réels pour déterminer les différents seuils, sans oublier le calcul de la jerk pour détecter les chutes

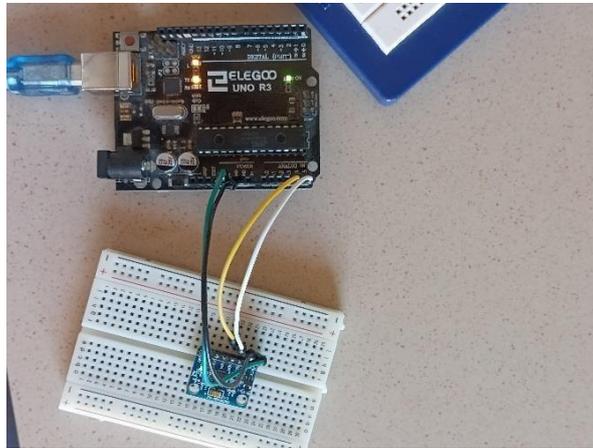


Figure III. 2 Etalonnage du MPU6050

- Pour le MAX30102 ça été plus complexe vue que ce dernier est plus élaboré, pour avoir des résultats stables et précis nous avons opté pour des filtres passe bas et passe hauts avec des fréquences précises qui nous permettent d'éliminer un maximum de bruit, le capteur récupère un échantillon de données, et extrait la valeur de la composante rouge (lumière rouge réfléchie) de cet échantillon. Après cela, on a exécuté une opération mathématique pour avoir la fréquence cardiaque en battements par minute, qui est par la suite comparée avec une référence.

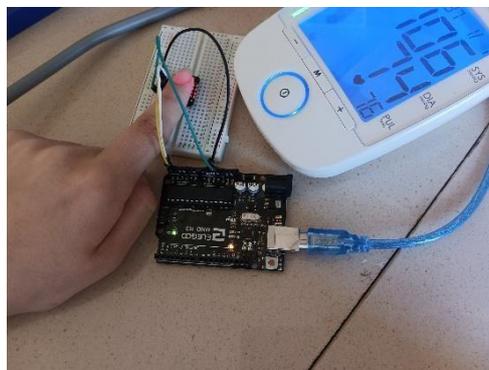


Figure III. 3 Etalonnage du MAX30102

Une fois que les capteurs bien étalonnés, nous avons fait en sorte de les associer et accorder correctement, en prenant compte des configurations, synchronisations et emplacements, certains capteurs sont des capteurs cutanés (LM35, MAX30102).

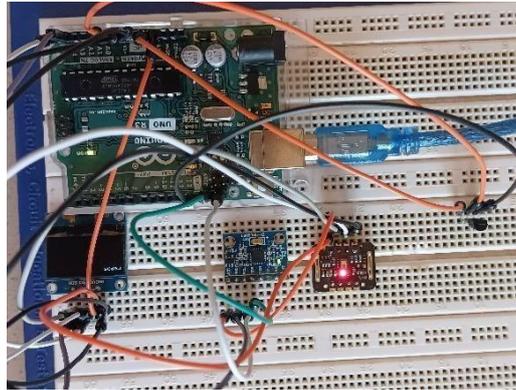


Figure III. 4 Couplage des capteurs

III.3 MACHINE LEARNING

III.3.1 Intelligence artificielle réseau de neurones :

L'intelligence artificielle utilise les réseaux de neurones pour reproduire le fonctionnement du cerveau humain. Ils sont constitués de neurones interconnectés qui échangent des signaux entre eux, ce qui permet de réaliser des tâches complexes comme la classification, la reconnaissance de formes ou la prédiction.

III.3.2 Fonctionnement du réseau MLP :

Notre bracelet est doté d'une intelligence artificielle qui apprend, s'améliore et prédit cela en se basant sur une base de données, et c'est ce qu'on appelle l'apprentissage automatique (LM).

LM correspond à des algorithmes capables d'analyser les données et de prédire ou prendre des décisions, ces algorithmes sont en forme de matrices, vecteurs réalisés en fonction d'une base de données, cette dernière doit être simple, précise, clair, riche et qualitative.

Les étapes suivies :

- Récolte de données fiables.
- Analyse et trie des données.
- Préparation de l'organigramme (Figure III.5.3) et des matrices des décisions
- Apprentissage automatique.
- Prédiction

Nous avons utilisé dans ce bracelet la méthode des perceptrons multicouches MPL, qui se distingue par sa structure en couches, le réseau MLP se compose de trois couches essentielles. La couche d'entrée, qui reçoit les données brutes à traiter, une ou plusieurs couches cachées, qui effectuent les calculs intermédiaires, dans notre cas nous avons utilisé deux couches, et finalement une dernière couche de sortie qui produit le résultat final et fait les prédictions.

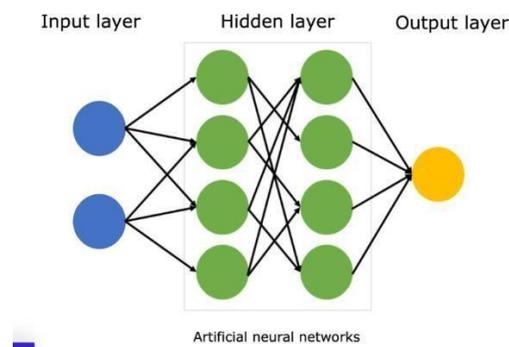


Figure III.5 1 STRUCTURE MLP

Les perceptrons multicouches (MLP) sont généralement formés à l'aide d'une approche d'apprentissage supervisé. Dans l'apprentissage supervisé, le MLP reçoit des données d'entraînement étiquetées (Figure III.5.2), où chaque entrée a une sortie souhaitée correspondante. L'objectif de la formation est de minimiser l'erreur entre les sorties prévues du MLP et les valeurs cibles réelles dans les données de formation. Ceci est réalisé grâce à l'utilisation de l'algorithme de rétro propagation, un puissant processus itératif qui ajuste le poids des connexions entre les neurones. Au fur et à mesure que la formation progresse, le MLP affine continuellement ses pondérations, lui permettant de faire des prédictions de plus en plus précises.

Un aperçu de la base de données :

Les trois grandeurs mesurées sont étiquetées avec des chiffres comme indiqué dans la méthode d'apprentissage supervisée.

La température = 1, Les BPM = 2, Le mouvement = 3.

Pour les différentes combinaisons et cas existants nous avons :

BIEN = 0.0

HYPERTHERMIE =0.1

HYPOTHERMIE=0.2

BRADYCARDIE=0.3

TACHYCARDIE=0.4

HYPERTHERMIE+BRADYCRDIE=0.5

HYPERTHERMIE+TACHYCARDIE=0.6

HYPOTHERMIE+BRADYCARDIE=0.7

HYPOTHERMIE+TACHYCARDIE=0.8

DANGE=0.9

11 : une plage de température qui annonce une hypothermie

12 : une plage de température qui annonce une température normale

13 : une plage de température qui annonce une hyperthermie

14 : une plage de température qui annonce un danger

21 : une plage de BPM qui annonce une bradycardie

22 : une plage de BPM qui annonce un état bien au repos

23 : une plage de BPM qui annonce un état bien au mouvement

24 : une plage de BPM qui annonce une tachycardie au repos

25 : une plage de BPM qui annonce une tachycardie au mouvement

31 : annonce un état de repos

32 : annonce un état de mouvement léger

33 : annonce un état de mouvement accéléré

```
BD=[12 22 33 0;  
12 23 32 0;  
12 23 33 0;  
13 22 31 .1;  
13 23 33 .1;  
12 24 31 .1;  
12 25 32 .4;  
12 25 33 .4;  
13 24 31 .4;  
13 25 31 .6;  
13 25 33 .6;  
13 25 32 .6;  
11 22 31 .2;  
11 23 32 .2;  
12 21 31 .2;  
12 21 32 .3;  
12 21 33 .3;  
13 21 31 .3;  
13 21 31 .5;  
13 21 32 .5;  
13 21 33 .5;  
11 21 33 .7;  
11 21 32 .7;  
11 21 33 .7;  
11 24 31 .8;  
11 25 32 .8;  
11 25 33 .8;  
14 21 31 .9;  
14 22 31 .9;  
14 24 31 .9;  
14 21 32 .9;  
14 23 32 .9;  
14 25 32 .9;  
14 21 33 .9;  
14 23 33 .9;  
14 25 33 .9];
```

Figure III.5 2 BASE DE DONNEES

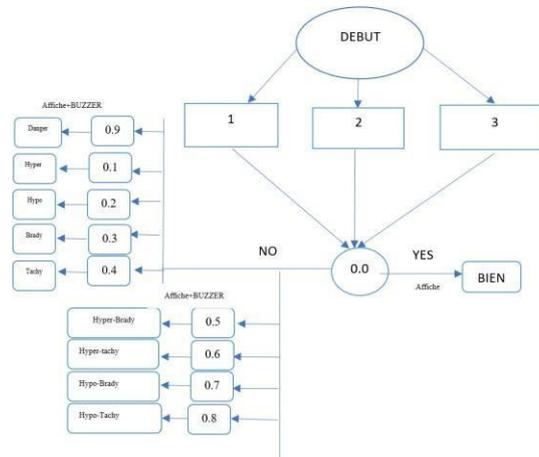


Figure III.5 3 ORGANIGRAMME DU FONCTIONNEMENT DU RN

La figure démontre que notre machine doit récolter d'abord les données (toutes les probabilités), les analyser et apprendre à réagir pour chaque cas pour les bons d'entre eux il affiche « BIEN » pour les moins bons en plus de l'affichage il active un buzzer.

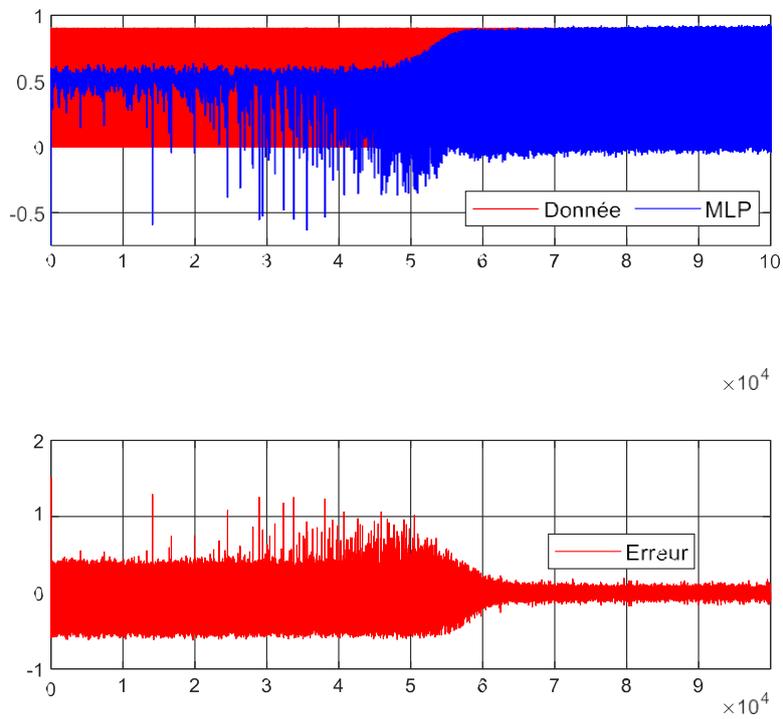


Figure III.6 Processus d'apprentissage du réseau de neurone

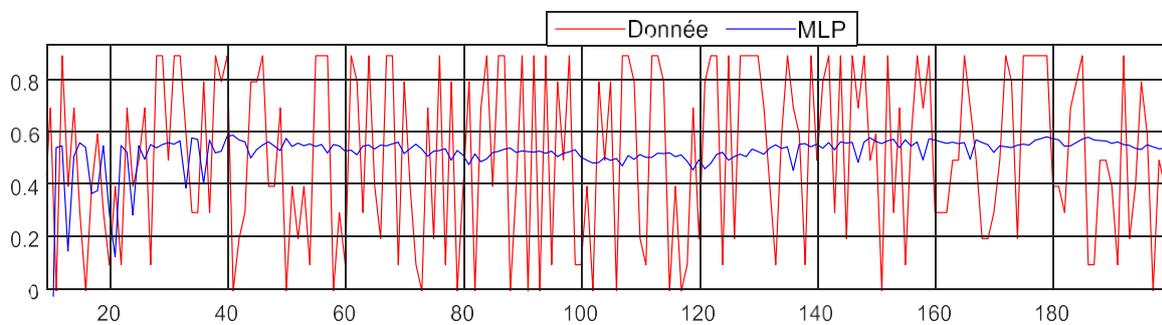


Figure III.7 comportements du réseau de neurone au début de l'apprentissage

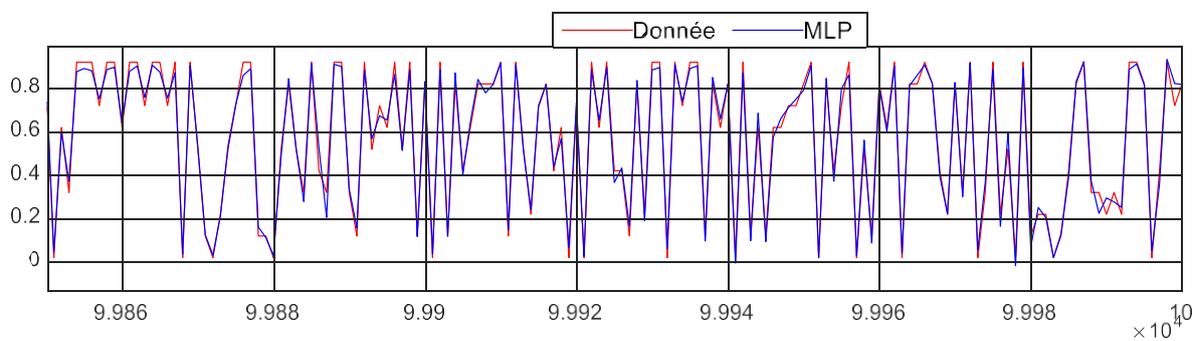


Figure III.8 comportements du réseau de neurone à la fin de l'apprentissage

Fréquence du signal

La figure III.6 montre l'évolution de la fréquence du signal d'entrée (bases de données) au cours du processus d'apprentissage. L'axe des x représente le nombre d'itérations d'apprentissage, tandis que l'axe des y représente la valeur de la fréquence.

On peut observer que la fréquence du signal converge vers une valeur stable au fil des itérations. Cela indique que le réseau a réussi à apprendre les caractéristiques fréquentielles du signal pertinentes pour la détection des anomalies.

Erreur

La deuxième partie de la figure montre l'évolution de l'erreur d'apprentissage au cours du processus. L'axe des x représente le nombre d'itérations d'apprentissage, tandis que l'axe des y représente la valeur de l'erreur.

On peut observer que l'erreur diminue progressivement au fil des itérations. Cela indique que le réseau s'améliore continuellement dans sa capacité à prédire le comportement du signal d'entrée.

Résultat

Les résultats présentés dans la figure III.7 démontrent le potentiel de Machine Learning pour la détection des anomalies de la santé. L'apprentissage des caractéristiques fréquentielles des signaux d'entrées permet au réseau de générer des sorties précises et de prendre des décisions selon l'état de l'enfant en temps réel. Cette technologie prometteuse peut contribuer à améliorer la précision, l'efficacité et la rentabilité de la e-santé.

CONCLUSION

Après avoir vu précédemment les études faites sur l'ensemble des composants électronique de ce bracelet, dans ce chapitre nous avons vu la mise en service de chaque capteur séparément : interfaçage, étalonnage et codage, et ensuite l'assemblage de l'intégralité des composants ainsi que l'implantation de l'apprentissage automatique et un aperçu de la base de données utilisée.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Dans le cadre de ce projet, nous avons conçu et réalisé un bracelet d'assistance médicale intégrant divers capteurs et technologies avancées afin de fournir une surveillance continue et en temps réel des paramètres vitaux des utilisateurs. En intégrant le capteur de fréquence cardiaque et de saturation en oxygène MAX30102, l'accéléromètre et gyroscope MPU6050, ainsi que le capteur de température LM35, nous avons pu concevoir un bracelet capable de collecter des données physiologiques cruciales. L'utilisation de l'Arduino pour le traitement des données en temps réel, combinée avec des réseaux de neurones pour l'analyse et la détection des anomalies, a permis de créer un système intelligent et réactif. Ce dispositif offre une solution innovante pour la surveillance médicale continue, avec des applications potentielles dans le suivi de patients chroniques, la prévention des urgences médicales et l'amélioration globale de la qualité des soins à domicile. Pour l'avenir, l'optimisation des algorithmes de machine Learning pour augmenter la précision des détections et l'élargissement de la gamme de capteurs pour une surveillance plus complète seront des étapes clés.

L'amélioration de l'autonomie et de la portabilité du bracelet, ainsi que le développement d'une applications connectées user-friendly, permettront de rendre ce dispositif plus pratique et accessible. La validation clinique et réglementaire sera cruciale pour une adoption à grande échelle . En conclusion, ce projet a démontré le potentiel d'un bracelet d'assistance médicale intelligent et connecté, ouvrant la voie à des avancées significatives dans la surveillance des paramètres vitaux et la prévention des urgences médicales, avec de nombreuses perspectives d'amélioration et d'évolution pour transformer ce prototype en un outil essentiel pour le suivi de la santé au quotidien.

Bibliographie

- [1] Licoppe, C., & Tuncer, S. (2020). *Analyser les interactions de travail. Le cas de la surveillance par bracelet électronique. Sociologie Du Travail*, 62(1–2).
- [2] *Toutes les actualités de la e-santé.* (n.d.). Agence Du Numérique En Santé
<https://esante.gouv.fr/actualites>
- [3] *National Institutes of Health (NIH).* (n.d.). *National Institutes of Health (NIH)*
- [4] *Libraries - Arduino Reference.* (n.d.). <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>
- [5] A. Benhamouda et S. Mouissat, *Initiation à Arduino, Constantine, 2018*
- [6] J. Oudry, «Qu'est-ce qu'un microcontrôleur ?» 2002. [En ligne] Available:
<http://www.igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2002/robotique/>. [Accès le 26 Mai 2019]
- [7] M.-C. Ray, «Définition | E-santé | Futura Sciences.,» [En ligne].
Available: <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-e-sante-15728/>. [Accès le 13 Juin 2019]
- [8] *ElectroSchematics: Circuits, Projects, Tutorials, and More*
- [9] P. Bouffaron, «Les Objets Connectés : la nouvelle génération d'Internet ?,» 13 Septembre 2013. [En ligne]. Available: <https://www.france-science.org/>. [- Recherche (bing.com)]
- [10] MAX30102 Datasheet (PDF). (n.d.). Maxim Integrated Products
https://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/859400/MAXIM/MAX3010_2.html
- [11] LM35 Datasheet (PDF). (n.d.). Texas Instruments
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/517588/TII/LM35.html>
- [12] MPU-6050 Fiches technique (PDF). (n.d.). List of Unclassified Manufacturers.
https://www.alldatasheet.fr/datasheet-pdf/pdf/517744/ETC1/MPU_6050.html
- [13] Fuller, J. (2022, August 1). SSD1306 128×64 Mono 0.96 Inch I2C OLED Display. Datasheet Hub. https://www.datasheethub.com/ssd1306-128x64-mono-0-96-inch-i2c-oled-display/#google_vignette

RESUME

La surveillance intelligente (SI) est un domaine en évolution constante, avec de nouvelles fonctionnalités et applications développées en permanence. La SI a fleuri dans plusieurs domaines notamment la gestion du trafic routier, l'environnement et la e-santé.

Dans ce travail, nous nous intéressons au domaine de la E-Santé, ainsi nous avons adopté une étude pour un développement d'un bracelet d'assistance médicale destiné aux enfants(2ans jusqu'à 12 ans).

Ce système réalisé intègre des capteurs étudiés profondément , pour notre cas ils s'agissent de : LM35 , MAX30102 et MPU6050 afin de prélever les valeurs des paramètres de surveillance de l'enfant , le choix de ces paramètres a été fait selon deux facteurs le premier étant le besoin des parents ainsi que le corps médical et le second est les paramètres non invasifs ,on citera alors : la température , la fréquence cardiaque et l'activité physique . un microcontrôleur ARDUINO est utilisé pour la gestion de ces capteurs. Par la suite un système d'apprentissage automatique a été employé afin d'établir un pré diagnostic médical selon l'avis du médecin .

ABSTRACT

Intelligent Surveillance (IS) is a constantly evolving field, with new features and applications being continuously developed. It has flourished in several areas, including road traffic management, the environment, and e-health. In this context, we focused on the field of e-health and conducted a study to develop a smart medical bracelet for children. This system integrates the LM35, MAX30102, and MPU6050 sensors to monitor the child's parameters.

These parameters were selected based on two factors: the needs of parents and healthcare providers, and their non-invasive nature. The monitored parameters include temperature, heart rate, and physical activity. An Arduino microcontroller is used to manage these sensors.

Additionally, a machine learning system was employed to provide a preliminary medical diagnosis based on the doctor's opinion.

ملخص

في مجال المراقبة الذكية، الذي يعتبر مجالاً متطوراً على الدوام، تم استعراض عدة ميزات وتطبيقات جديدة. وقد ازدهر هذا المجال في عدة مجالات منها إدارة حركة المرور على الطرق، والبيئة، والصحة الإلكترونية. وفي هذا السياق، ركزنا على مجال الصحة الإلكترونية وقمنا بإجراء دراسة لتطوير سوار طبي ذكي للأطفال. يدمج هذا النظام مجموعة من الحساسات لمراقبة معايير الطفل. تم اختيار هذه المعايير بناءً على احتياجات الأباء MPU6050 وMAX30102 وLM35 مثل ومقدمي الرعاية الصحية، بالإضافة إلى طبيعتها غير الغازلة. وتشمل المعايير المراقبة درجة الحرارة، معدل ضربات الدارة هذه الحساسات. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام نظام تعلم آلي Arduino القلب، والنشاط البدني. يتم استخدام متحكم لتقديم تشخيص طبي أولي بناءً على رأي الطبيب