

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

**En Electronique**

**Spécialité Instrumentation**

Par *M<sup>lle</sup>*. **BOUDJANI Imane**

*Mr.* **BOUREGUEBA Oussama**

### **Sujet**

**Etude et réalisation d'un robot aide-soignant**

Soutenu le 21/ 06 / 2023, devant le jury composé de :

|  |     |               |           |
|--|-----|---------------|-----------|
| Mr. LACHACHI Djamal                            | MCB | Univ. Tlemcen | Président |
| Mr. BRIXI NIGASSA Mohammed El Amine            | MCB | Univ. Tlemcen | Examineur |
| M <sup>lle</sup> . BAAKAK Yettou Nour El Houda | MCA | Univ. Tlemcen | Encadreur |

**Année Universitaire 2022/2023**

# REMERCIEMENTS

*Louange et gratitude à Dieu qui nous a accordé cela, car nous n'aurions pas réussi et achevé notre travail sans Sa facilité et Son soutien dans nos affaires.*

*Un immense merci à nos parents et à tous ceux qui nous ont favorisés.*

*Il est juste de dire que sans la compréhension, le soutien et le soutien de notre encadreur et sa patience avec nous, ainsi que ses conseils dans les moments de confusion et ses réponses à toutes nos questions, nous n'aurions pas accompli ce travail. Un grand merci à notre encadreur « Dr. Baakak Yettou Nourelhouda ». Nous avons eu l'honneur immense de travailler sous sa supervision et si l'opportunité nous était offerte à nouveau, nous choisirions de travailler avec elle avec plaisir.*

*Nous souhaitons également remercier les membres du jury pour leur disponibilité à analyser notre travail et pour leur regard critique qui a contribué au succès de notre projet scientifique.*

*Nous exprimons notre gratitude sincère au président « Dr. Lachachi Djamal » et au examinateur « Dr. Brixi Nigassa Mohammed El Amine ».*

*Afin de n'oublier personne, nous tenons à remercier sincèrement tous ceux qui nous ont soutenus pendant cette période de travail. Nous n'oublions pas de nous remercier nous-mêmes pour notre sérieux et notre persévérance pendant ce projet.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes parents,*

*Mon frère aîné,*

*A ma sœur et mes frères*

*BOUREGUEBA OUSSAMA.*

# Table des matières

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| Liste des figures .....    | I   |
| Liste des tableaux .....   | III |
| Glossaire .....            | IV  |
| Introduction générale..... | 1   |
| L'état de l'art.....       | 3   |

## Chapitre I: Généralité sur les robots

|     |  |           |
|-----|--|-----------|
| I.1 | Introduction .....                                       | 5         |
| I.2 | Classification des robots.....                           | 5         |
|     | <i>I.2.1 Robot mobile autonome (AMR) .....</i>           | <i>6</i>  |
|     | <i>I.2.2 Véhicules à Guidage Automatique (AGV) .....</i> | <i>7</i>  |
|     | <i>I.2.3 Robots articulés .....</i>                      | <i>8</i>  |
|     | <i>I.2.4 Robot humanoïde .....</i>                       | <i>10</i> |
|     | <i>I.2.5 Cobots.....</i>                                 | <i>11</i> |
|     | <i>I.2.6 Robots hybrides .....</i>                       | <i>12</i> |
| I.3 | Domaines d'application de la robotique.....              | 13        |
|     | <i>I.3.1 Industrie.....</i>                              | <i>13</i> |
|     | <i>I.3.2 Agriculture.....</i>                            | <i>13</i> |
|     | <i>I.3.3 Armé.....</i>                                   | <i>14</i> |
|     | <i>I.3.4 Exploration spatiale.....</i>                   | <i>15</i> |
|     | <i>I.3.5 Utilisation civil et domestique .....</i>       | <i>15</i> |
|     | <i>I.3.6 Services publics .....</i>                      | <i>16</i> |
|     | <i>I.3.7 Education.....</i>                              | <i>16</i> |
|     | <i>II.3.8 Environnement.....</i>                         | <i>17</i> |
|     | <i>I.3.9 Santé .....</i>                                 | <i>17</i> |
| I.4 | Structure d'un robot .....                               | 20        |
|     | <i>I.4.1 Structure physique et mécanique .....</i>       | <i>21</i> |
|     | <i>I.4.2 Capteurs.....</i>                               | <i>21</i> |
|     | <i>I.4.3 Alimentation.....</i>                           | <i>21</i> |
|     | <i>I.4.4 Actionneurs.....</i>                            | <i>22</i> |

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| I.4.5 | Processeur ..... | 22 |
| I.5   | Conclusion ..... | 23 |

## **Chapitre II: Structure robot aide soignant**

|        |  |    |
|--------|--|----|
| II.1   | Introduction .....   | 24 |
| II.2   | Alimentation solaire .....                                 | 24 |
| II.2.1 | Panneau solaire.....                                       | 25 |
| II.2.2 | Module TP 4056.....  | 26 |
| II.2.3 | Batteries Li-ion 18650.....                                | 27 |
| II.3   | Microcontrôleur ATmega328 .....                            | 28 |
| II.3.1 | Carte Arduino Uno.....                                     | 28 |
| II.3.2 | Environnement de développement.....                        | 30 |
| II.4   | Driver.....  | 30 |
| II.4.1 | Caractéristiques .....                                     | 32 |
| II.4.2 | Schéma de câblage du Module L298N.....                     | 32 |
| II.5   | Actionneurs.....   | 33 |
| II.5.1 | Description de moteur courant continue.....                | 33 |
| II.5.2 | Principe de fonctionnement de moteur courant continu ..... | 33 |
| II.5.3 | Choix moteur courant continue.....                         | 34 |
| II.5.4 | Caractéristiques .....                                     | 34 |
| II.6   | Communication autonome.....                                | 35 |
| II.6.1 | Capteur Bluetooth HC-05 .....                              | 35 |
| II.7   | Capteurs .....   | 38 |
| II.7.1 | Compteur Geiger.....                                       | 38 |
| II.7.2 | CapteurMLX90614.....                                       | 41 |
| II.7.3 | Capteur MAX30102.....                                      | 44 |
| II.8   | Conclusion .....   | 48 |

## Chapitre III: Conception et réalisation d'un robot aide soignant

|                                 |  |           |
|---------------------------------|--|-----------|
| III.1                           | Introduction .....   | 49        |
| III.2                           | Conception d'un robot aide-soignant .....  | 49        |
| III.2.1                         | <i>Partie Hardware</i> .....   | 49        |
| III.2.2                         | <i>Partie software</i> .....   | 50        |
| III.3                           | Réalisation d'un robot aide-soignant .....   | 54        |
| III.3.1                         | <i>Réalisation de la plateforme électronique de robot aide-soignant</i> .....                | 54        |
| III.3.2                         | <i>Réalisation de partie médicale du robot aide-soignant</i> .....                           | 55        |
| III.3.3                         | <i>Réalisation final de robot aide-soignant</i> .....  | 55        |
| III.4                           | Résultats et discussion.....   | 57        |
| III.4.1                         | <i>Résultats de mesure de température</i> .....  | 57        |
| III.4.2                         | <i>Résultats de mesures des battements cardiaques HR et le taux d'oxygénation SPO2</i> ..... | 59        |
| III.5                           | Organigramme de code global .....  | 61        |
| III.6                           | Conclusion.....  | 62        |
| <b>Conclusion général</b> ..... |  | <b>63</b> |
| <b>Perspectives</b> .....       |  | <b>65</b> |
| <b>Références</b> .....         |  | <b>66</b> |
| <b>Annexe</b> .....             |  | <b>69</b> |

# Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure I.1 : Véhicule Autoguidé.....   | 7  |
| Figure I. 2 : Véhicule à guidage Laser .....   | 7  |
| Figure I.3 : Guidage infrarouge .....  | 8  |
| Figure I.4: les robots articulés, (a) : robot articulé à six axes, (b) : robot articulé simple .....               | 9  |
| Figure I.5: Types des robots articulés, (a) : robot SCARA, (b) : robot DELTA .....                                 | 10 |
| Figure I.6: Robot humanoïde innovantes nommé Figure01 .....  | 11 |
| Figure I.7: Robot Cobots dans le domaine médical .....   | 12 |
| Figure I.8: Robot de nage Sofi qui conçu par le MIT Institute .....  | 12 |
| Figure I 9: Différents robots dans le domaine industriel .....   | 13 |
| Figure I.10: la robotique dans le domaine agricole .....   | 14 |
| Figure I.11: Robotique militaire .....   | 14 |
| Figure I.12: Robots dans les domaines civil et domestique .....  | 15 |
| Figure I.13:Robots dans les services des hôtels et les restaurants .....   | 16 |
| Figure I.14: les robots dans le domaine de l'éducation.....  | 16 |
| Figure I.15: Robots environnementaux .....   | 17 |
| Figure I.16 : le robot chirurgical Da Vinci .....  | 18 |
| Figure I.17 : UVD Robots .....   | 19 |
| Figure I.18: Tele-Robotic Intelligent Nursing Assistant (TRINA) .....  | 20 |
| Figure I.19 : les composants principaux d'un robot .....   | 20 |
| Figure I.20: Capteurs de détections les obstacles et le chemin .....   | 21 |
| Figure I.22: des actionneurs mécaniques et hydrauliques .....  | 22 |
| Figure II.1:Schéma bloc d'un robot aide soignant avec alimentation solaire .....                                   | 24 |
| Figure II.2:Schéma bloc d'alimentation solaire d'un robot aide soignant .....                                      | 25 |
| Figure II.3:Panneau Solaire $U= 3.7 \text{ v}$ , $P= 0.36\text{w}$ .....   | 25 |
| Figure II.4: Circuit électronique TP 4056 .....  | 26 |
| Figure II.5: Module de charge TP4056 .....   | 26 |
| Figure II.6: Batterie cellule Li-ion 18650.....  | 27 |
| Figure II.7:Système de charge Batteries Li-ion 18650.....  | 27 |
| Figure II.8:Schéma synoptique de la carte Arduino Uno .....  | 28 |
| Figure II.9:ATmega328.....   | 30 |
| Figure II.10:Environnement de développement Arduino.....   | 30 |
| Figure II.11:Circuit d'un pont H .....   | 31 |
| Figure II.12:Module L298N .....  | 31 |
| Figure II.13:Schéma de câblage Module L298N avec Arduino Uno et moteur DC .....                                    | 32 |
| Figure II.14:construction de moteur courant continue moteur CC.....  | 33 |
| Figure II.15: fonctionnement de moteur cc .....  | 43 |
| Figure II.16:Principe de fonctionnement de moteur courant continu.....   | 33 |
| Figure II.17 :Motoréducteur a courant continu (Gear motor) .....   | 34 |
| Figure II.18 :Schéma block représentant la communication entre le Microcontrôleur ATmega328 et le Smartphone ..... | 35 |
| Figure II.19: Module Capteur Bluetooth HC-05 .....   | 35 |
| Figure II.20:Connexion d'un module HC-05 à la carte Arduino Uno.....   | 37 |
| Figure II.21:Connecter Bluetooth HC-05 Arduino et Android « Bluetooth 0.5 ».....                                   | 37 |
| Figure II.22:Principe fonctionnement Compteur Geiger.....  | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Figure II.23:Mouvement des électrons dans le compteur Geiger-Muller .....  | 39 |
| Figure II.24:Compteur Arduino DIY Geiger.....  | 40 |
| Figure II.25:Circuit électrique d'un compteur Geiger basé sur la carte Arduino .....   | 40 |
| Figure II.26:Connexion Compteur Arduino DIY Geiger et Arduino Uno.....   | 41 |
| Figure II.27:Capteur MLX90614 .....  | 41 |
| Figure II.28:Schéma fonctionnel interne du MLX90614.....   | 42 |
| Figure II.29:Champ de vision du capteurMLX90614 .....  | 43 |
| Figure II.30:Connexion MLX90614 et microcontrôleur Arduino Uno.....  | 44 |
| Figure II.31:Capteur MAX30102.....   | 44 |
| Figure II.32:schéma block du circuit intégré Max30102 .....  | 45 |
| Figure II.33:Principe fonctionnement Capteur MAX30102 .....  | 45 |
| Figure II.34:Signal photopléthysmogramme (PPG) avec la couleur noir, et le signal<br>électrocardiogramme (ECG) avec la couleur rouge. La distance entre deux étoiles successives<br>de même couleur représente un battement cardiaque (rythme cardiaque) ..... | 46 |
| Figure II.35:MAX30102 au microcontrôleur Arduino.....  | 48 |
| Figure III.1:Interface d'application .....   | 51 |
| Figure III.2:Connexion d'application Bluetooth robot control avec le capteur de Bluetooth<br>HC-05 .....   | 52 |
| Figure III.3:Simulation de partie médicale du robot aide-soignant.....   | 53 |
| Figure III.4: Schéma de câblage des différents composants utilisés pour la réalisation d'un<br>robot aide-soignant avec alimentation solaire .....   | 54 |
| Figure III.5:Réalisation de la plateforme électronique de robot aide-soignant .....  | 54 |
| Figure III.6:Réalisation de partie médicale du robot aide-soignant .....   | 55 |
| Figure III.7:Robot aide-soignant réalisé -résultat final .....   | 56 |
| Figure III.8:Affichage des résultats obtenus : Le rythme cardiaque (BPM), le taux<br>d'oxygénation (Spo2), et la température en degré C° et en fahrenheit (F).....   | 57 |
| Figure III.9:Mesure de la température d'une personne saine .....   | 58 |
| Figure III.10:Température d'une personne atteinte de fièvre saisonnière.....   | 59 |
| Figure III.11:Battements cardiaques et le taux de la saturation en oxygène chez un athlète ...   | 60 |
| Figure III.12: Battements cardiaques et taux de la saturation en oxygène chez une personne<br>normale.....   | 60 |
| Figure III.13:Organigramme du robot aide soignant.....   | 61 |

# Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau II. 1:Caractéristique de la carte Arduino Uno.....             | 29 |
| Tableau II. 3:Caractéristique de Motoréducteur à courant continu ..... | 34 |
| Tableau II. 4: Configuration du Capteur Bluetooth HC-05.....           | 36 |
| Tableau II. 5: Configuration du Capteur MAX30102 .....                 | 47 |

# Glossaire

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>ADC</b>      | Analog-to-Digital Converter                  |
| <b>AGV</b>      | Automated Guided Vehicle                     |
| <b>AMR</b>      | Autonomous Mobile Robot                      |
| <b>ASV</b>      | Active Stereoscopic Vision                   |
| <b>CC</b>       | Courant constant                             |
| <b>Ce</b>       | Couple électromagnétique                     |
| <b>COVID-19</b> | Coronavirus Disease en 2019                  |
| <b>CSR</b>      | Cambridge Silicon Radio                      |
| <b>CV</b>       | Constant voltage « tension constant »        |
| <b>DC</b>       | Courant continue                             |
| <b>DIY</b>      | Do It Yourself                               |
| <b>DSP</b>      | Digital Signal Processing                    |
| <b>ECG</b>      | Electrocardiogram                            |
| <b>GPS</b>      | Global Positioning System                    |
| <b>HC</b>       | Host Controller                              |
| <b>I</b>        | Courant                                      |
| <b>ICSP</b>     | In-Circuit Serial Programming                |
| <b>IDE</b>      | Integrated Development Environment           |
| <b>IHMC</b>     | Institut D'Histoire Moderne et Contemporaine |
| <b>IR</b>       | Infrarouge                                   |
| <b>IRM</b>      | Imagerie par Résonance Magnétique            |
| <b>ISM</b>      | Industrial, Scientific, and Medical          |
| <b>I2c</b>      | Inter-Integrated Circuit                     |
| <b>LGV</b>      | Laser-Guided Vehicle                         |
| <b>LIDAR</b>    | Light Detection And Ranging                  |
| <b>MIT</b>      | Massachusetts Institute of Technology        |
| <b>P</b>        | Puissance                                    |
| <b>PDG</b>      | Président-Directeur Général                  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>PPG</b>                 | Photoplethysmography  |
| <b>PUMA</b>                | Programmable Universal Machine for Assembly                 |
| <b>PWM</b>                 | Pulse Width Modulation                                      |
| <b>RAC</b>                 | Robot-Assistant Chirurgical                                 |
| <b>RXD</b>                 | Receive Data  |
| <b>SCARA</b>               | Selective Compliant Assembly Robot Arm                      |
| <b>SLAM</b>                | Simultaneous Localisation And Mapping                       |
| <b>SWORDS</b>              | Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System |
| <b>TEP</b>                 | Tomographie par Émission de Positons                        |
| <b>TRINA</b>               | Tele-Robotic Intelligent Nursing Assistant                  |
| <b>TTL</b>                 | Transistor-Transistor Logic                                 |
| <b>TXD</b>                 | Transmit Data   |
| <b>UART</b>                | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter                 |
| <b>UV</b>                  | Ultra-Violet  |
| <b>V</b>                   | Tension   |
| <b><math>\Omega</math></b> | Vitesse de rotation   |

# Introduction générale

Alors qu'on ne voyait les robots que dans les films, on ne s'attendait pas à ce que cela devienne une réalité. Cependant, grâce à la recherche scientifique et aux scientifiques en technologie, les robots ont été concrétisés dans le monde réel, couvrant de nombreux domaines, voire tous. Tout a commencé avec les robots industriels.

Les robots industriels sont des machines autonomes utilisées dans la production et la fabrication industrielle. Ils effectuent des tâches répétitives, dangereuses ou complexes avec précision et efficacité, ce qui améliore la productivité des entreprises. Ils sont largement utilisés dans diverses industries, notamment l'automobile, l'électronique et l'alimentation, pour des applications telles que l'assemblage, le soudage, la peinture et la manutention de matériaux.

Les robots sont équipés de bras articulés, de capteurs et de logiciels avancés, ce qui leur permet de percevoir leur environnement et de prendre des décisions en conséquence. Ils offrent plusieurs avantages, tels que la réduction des erreurs, la sécurité accrue en éliminant les tâches dangereuses pour les humains, ainsi que des économies de coûts de main-d'œuvre. La programmation des robots peut se faire de différentes manières, et de nouvelles avancées technologiques telles que l'intelligence artificielle et la vision par ordinateur permettent d'améliorer leurs performances et leur interaction avec les humains.

Parmi les domaines dans lesquels les robots ont fait leur entrée, on trouve l'industrie, l'agriculture, le domaine militaire, l'éducation, l'exploration spatiale, l'environnement, ainsi que le domaine de la santé, qui constitue le cœur de ce travail, où un robot aide-soignant a été développé pour faciliter les tâches dans le domaine de la santé.

Par conséquent, la réalisation de ce robot nécessite un travail dur afin d'assurer son bon fonctionnement. Pour cette raison plusieurs questions peuvent être posées sur les différentes étapes essentielles pour concevoir, construire et mettre en œuvre un robot de soins avancé, capable de fournir des services aux patients tels que la livraison de médicaments et l'exécution de tâches médicales, en remplacement des infirmiers, afin de minimiser les risques de propagation des infections virales, notamment du virus COVID-19 ? Comment intégrer des technologies de pointe pour permettre au robot de détecter et de se protéger contre les rayonnements nocifs, garantissant ainsi la sécurité des patients et des professionnels de la santé ?

Ce travail décrit la conception et la réalisation d'un robot fonctionnant à l'énergie solaire, jouant un rôle extrêmement important dans l'aide au secteur de la santé et la protection des travailleurs contre toute infection virale grave. Ce robot transporte les médicaments aux patients en les contrôlant à distance via un téléphone. Il utilise l'énergie solaire comme source d'alimentation, ce qui présente plusieurs avantages tels que l'autonomie énergétique, la

réduction des coûts opérationnels et l'impact environnemental réduit. En plus de la livraison de médicaments, le robot détecte également les rayonnements nocifs qui peuvent causer des maladies graves chez les patients ou les médecins lorsqu'ils réalisent des radiographies, des scintigraphies ou la tomographie par émission de positons (TEP) pendant de longues périodes sans prendre de congés, par exemple dans le cas de patients atteints de cancer. Dans ce cas, le robot joue le rôle du médecin en effectuant ces tâches à sa place afin de protéger sa santé et de le prévenir contre ces rayonnements en émettant un avertissement sonore lorsqu'il y est exposé. D'autres fonctionnalités seront ajoutées à ce robot, telles que la mesure de la température des patients, du taux d'oxygène dans le sang et des battements cardiaques, avec la perspective d'ajouter d'autres fonctions ultérieurement. Ce mémoire est organisé de la manière suivante :

Le premier chapitre est consacré à la définition des types de robots et à leur rôle crucial et inévitable qui est devenu une nécessité absolue dans certains domaines où les robots ont imposé leur domination, prouvant ainsi leur valeur et leur légitimité pour aider les êtres humains et les soulager. L'accent a été particulièrement mis sur le domaine de la santé et le rôle des robots dans celui-ci.

Le deuxième chapitre identifie tous les composants utilisés pour fabriquer ce robot, sa méthode de fonctionnement et les étapes suivies pour réaliser ce robot aide-soignant.

Le troisième chapitre présente les résultats finaux de ce travail qui a été concrétisé sur le terrain.

Pour conclure ce travail avec une conclusion générale qui répond à toutes les questions soulevées dans cette introduction sur le fonctionnement du robot, ses multiples fonctions et les obstacles auxquels il a été confronté.

## L'état de l'art

L'histoire du développement scientifique et technologique de l'humanité révèle que l'invention des robots a eu pour objectif initial de soutenir le travailleur humain dans le secteur industriel. L'histoire enregistre le premier usage effectif d'un robot industriel dans une usine, produit par la société General Motors en 1961. Ce robot a été appelé "Unimate" et a été utilisé pour la première fois dans une usine de l'État du New Jersey aux États-Unis. Le succès d'Unimate a ouvert la voie à de nouvelles avancées dans la robotique industrielle, conduisant au développement de robots plus sophistiqués et polyvalents comme PUMA qui a été développé par Victor Scheinman en 1973, SCARA et DELTA ....etc.

Aujourd'hui, les robots industriels sont largement utilisés dans divers secteurs à travers le monde, améliorant la productivité, l'efficacité et la sécurité des processus de fabrication.

Après l'émergence des robots industriels, les robots domestiques ont fait leur apparition dans les années 80, avec le TomyDustbot comme premier robot domestique développé par la société japonaise Tomy en 1985. Le Dustbot était un petit robot conçu pour aider à nettoyer et à collecter la poussière dans les foyers. Il était équipé d'une brosse rotative pour balayer les surfaces et d'un compartiment pour stocker la poussière collectée. De nos jours, il est devenu courant d'avoir un robot à la maison qui passe l'aspirateur, lave les vitres ou nettoie le sol de manière autonome. Ces tâches ménagères peuvent être déléguées aux machines, ce qui améliore considérablement le confort quotidien.

Après un développement aussi significatif dans le domaine de la robotique, les experts ont fait une percée significative dans le domaine de la chirurgie, avec l'introduction du robot chirurgical Da Vinci développé par Intuitive Surgical, qui a été le premier à obtenir l'approbation pour une utilisation clinique en 1999. Le système chirurgical Da Vinci est un système robotique complexe qui permet aux chirurgiens d'effectuer des interventions chirurgicales mini-invasives avec une précision et un contrôle accrus. Le système chirurgical Da Vinci a été utilisé dans de nombreuses spécialités chirurgicales, telles que l'urologie, la gynécologie, la chirurgie cardiaque, la chirurgie colorectale, et bien d'autres. Il est largement utilisé à travers le monde et a apporté des modifications considérables aux pratiques chirurgicales en offrant une meilleure visualisation, une précision accrue, et une récupération plus rapide pour les patients.

Le Cobots est un robot coopératif conçu pour travailler en collaboration avec l'homme, contrairement aux robots autonomes qui fonctionnent sans aucune intervention humaine. Il a été réalisé pour la première fois en 1999.

Dans le domaine militaire, le robot SWORDS (Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System) était un système de robot militaire développé par Foster-

Miller et utilisé par l'armée américaine à partir de 2004. Il était conçu pour être une plateforme d'armes télécommandée, équipée de différentes armes telles que des mitrailleuses ou des lance-grenades.

Son objectif principal était d'apporter un soutien aux troupes sur le terrain en fournissant une capacité de tir à distance dans des situations dangereuses ou potentiellement hostiles. Le SWORDS était destiné à être utilisé pour des tâches de reconnaissance, de surveillance et de neutralisation de cibles ennemies.

À l'ère du XXI<sup>e</sup> siècle, il convient de noter que le premier robot agricole au monde, connu sous le nom d'Oz, a été introduit sur le marché relativement récemment, en 2013. Il offre des fonctionnalités polyvalentes telles que le désherbage, le binage, la traction et le transport. Doté d'une caméra laser et d'un GPS, il fonctionne en mode quatre roues motrices et peut travailler jusqu'à dix heures par jour, mais uniquement sur des terrains plats et bien alignés. Les capacités d'Oz pourraient également s'étendre à la vendange, au semis, à l'élagage des vergers et à la pulvérisation des récoltes, voire à la substitution des travailleurs humains dans les tâches les plus ardues. L'objectif de la société Naïo-Technologies, fondée en 2013 par Aymeric Barthes et Gaëtan Séverac, est d'accompagner et d'alléger les tâches pénibles des exploitants agricoles plutôt que de remplacer complètement la main-d'œuvre humaine. De plus, l'utilisation de robots agricoles contribue à la réduction, voire à l'élimination, des produits phytosanitaires.

Les avancées dans le domaine de l'intelligence artificielle ont donné lieu à l'émergence de robots capables de travailler et d'apprendre aux côtés des humains, tels que les robots assistants personnels et les robots collaboratifs utilisés dans l'industrie. Ces robots continuent de se développer et d'évoluer pour devenir de plus en plus intelligents, autonomes et polyvalents.

Aujourd'hui, les robots sont utilisés dans de nombreux domaines, allant de l'industrie à la recherche spatiale en passant par la médecine. C'est ce que l'on a cherché à concrétiser dans cette mémoire, où on a réalisé un robot aide-soignant qui transporte les médicaments et les outils de soins des infirmiers, afin de les protéger contre toute exposition à un virus infectieux, en particulier après la pandémie de COVID-19 qui a coûté la vie à de nombreux travailleurs de ce secteur. Afin de réduire ces cas et les catastrophes associées, on a réalisé ce robot assistant pour les infirmiers, qui effectue également plusieurs autres tâches telles que la mesure de l'oxygène dans le sang, les battements cardiaques, la température des patients, et qui est également équipé d'un capteur pour détecter les rayons nucléaires nocifs utilisés beaucoup plus dans la médecine nucléaire.

# Généralité sur les robots

## I.1 Introduction

Les scientifiques ont poursuivi la recherche pendant une longue période pour trouver une alternative aux tâches humaines dangereuses et impossibles jusqu'à ce qu'ils arrivent à la technologie de la robotique.

Le terme robotique a été employé pour la première fois par Asimov en 1941 [1].

La robotique est un domaine d'ingénierie et de science, englobant le génie électronique et mécanique ainsi que l'informatique. Elle regroupe la conception, le développement, le contrôle et le fonctionnement des robots. La robotique est basée sur quatre éléments essentiels:

- Des moteurs qui permettent aux robots de se déplacer.
- Des capteurs qui permettent aux robots de détecter leur environnement.
- Des algorithmes qui permettent aux robots de prendre des décisions fondées sur des bases de données.
- Et des microcontrôleurs pour implémenter du code copié ou via l'intelligence artificielle.

Le travail des roboticiens consiste la conception et le développement des robots capables d'accomplir des tâches spécifiques de façon autonome ou en collaboration avec l'homme. Les roboticiens peuvent travailler dans divers domaines comme l'industrie, la médecine, l'aide soignants, l'armée, l'agriculture, l'exploration spatiale et bien d'autres. Ils doivent être pleinement conscients de nombreux domaines afin qu'ils puissent comprendre et résoudre tous les problèmes auxquels ils sont confrontés pendant la fabrication et le développement du robot.

Les robots nous permettent d'améliorer la qualité et la productivité, de réduire les coûts et la main-d'œuvre, d'assurer la sécurité des tâches, et d'augmenter la capacité à effectuer des actions impossibles et dangereuses pour l'être humain.

La robotique est une science technologique moderne qui cherche à résoudre de nombreux problèmes auxquels l'humanité est confrontée, avec un haut perfectionnement et une grande précision pour accomplir les tâches qui lui sont confiées. Actuellement elle reçoit une attention et une demande considérables dans de nombreux domaines.

## I.2 Classification des robots

Les robots d'aujourd'hui peuvent être regroupés en six catégories : Robots mobiles autonomes (AMR), Véhicules à guidage automatique (AGV), Robots articulés, Humanoïdes, Cobots et Hybrides.

*I.2.1 Robot mobile autonome (AMR)*

Le Robot Mobile Autonome (AMR) exerce de multiples fonctions telles que l'inspection des stocks, le tri, la collecte des articles et la ventilation dans les usines. Dans le secteur de la santé, il peut transporter des médicaments et des repas au patient et équiper les antimicrobiens de systèmes de désinfection pour sécuriser les lieux contaminés, assurant ainsi la sécurité des agents de santé et les protégeant de la propagation des infections virales. Ils sont également fréquemment utilisés dans les grandes distributions pour transporter des articles, organiser les étagères et les prix. Ils peuvent également transporter des bagages dans les hôtels et livrer des repas dans les chambres, ce qui rend plus facile pour les clients et les travailleurs. Dans le e-commerce, il contribue à la gestion des entrées, des collections et du tri des colis.

L'AMR est un robot mobile autonome qui se déplace et travaille sans intervention humaine (voir la Figure I.1), grâce à des capteurs, des caméras et de la technologie LIDAR (Light Detection And Ranging). Le terme lidar couvre une très grande variété de systèmes de mesure à distance par laser qui lui permettent de cartographier leur environnement. Afin de localiser le robot, ils ont utilisé l'intelligence artificielle appelée SLAM (Simultaneous Localisation And Mapping) [2] qui lui permet de repérer en tout temps les obstacles (qu'ils soient des personnes ou des barrières) qui n'ont pas été préalablement remis en question, afin de les éviter.

Les avantages de ces robots est d'augmenter la productivité, de réduire la main-d'œuvre, d'économiser de l'espace et de faciliter le travail, ainsi que de contribuer à réduire les risques et à éviter les erreurs. Il aide à se concentrer sur le travail de valeur parce que ce robot est considéré comme une alternative aux tâches répétitives ennuyeuses et ardues. Ainsi, nous verrons bientôt l'adoption de robots mobiles autonomes officiellement dans divers applications et même dans les maisons.

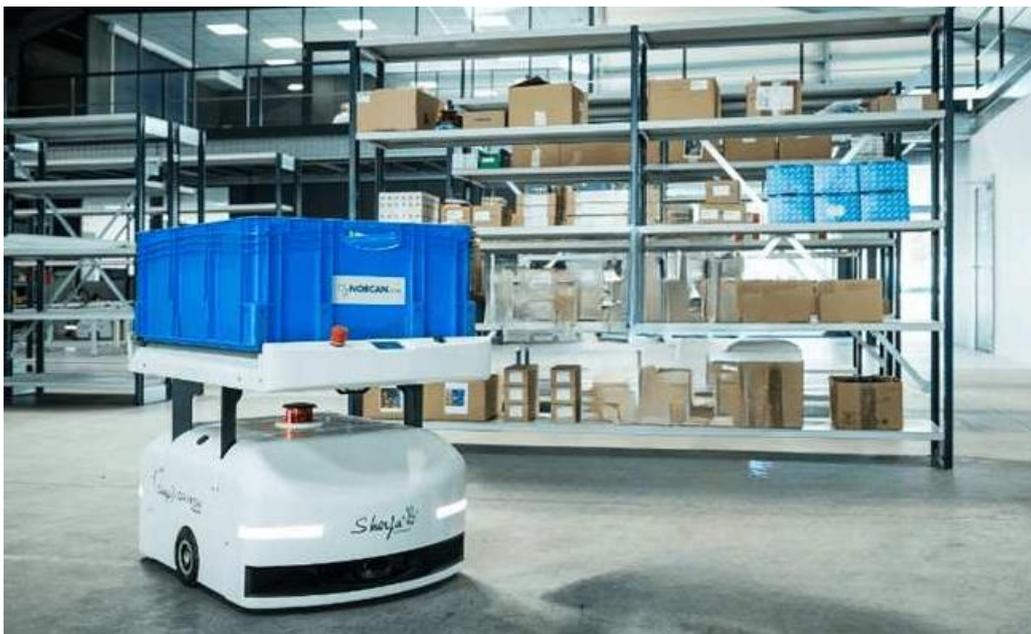


Figure I.1: Robot mobile autonome

### *1.2.2 Véhicules à Guidage Automatique (AGV)*

Les AGVs sont des véhicules autoguidés, se déplaçant indépendamment en suivant un chemin préalablement tracé ou programmé, il s'appuie sur des trajectoires dédiées contrairement à AMR qui se déplacent avec toute autonomie. L'AGV est guidé par des tiges ou des marques au sol.

L'AGV fonctionne avec trois systèmes de guidage :

#### *1.2.2.1 Autoguidé (AGV)*

Où le robot suit un chemin spécifique par un champ magnétique créé par ce robot et un fil intégré dans le sol (Voir la Figure I.2)



Figure I.1: Véhicule Autoguidé

#### *1.2.2.2 Guidage Laser (LGV)*

Ce système est utilisé pour localiser les véhicules par rayonnement laser. La direction et la distance des équipements sont mesurées à partir d'un point fixe, où il est connecté à l'émetteur de faisceau laser. Dans l'équipement mobile, le récepteur de faisceau laser est connecté. Le faisceau laser émis par l'émetteur reçoit la position et dirige l'équipement par rapport au point de référence (Voir la Figure I.3).

Cette technique est utilisée dans les usines et les entrepôts parce qu'elle est précise et peut fonctionner dans des environnements complexes, couramment utilisé avec le GPS (Global Positioning System) pour localiser l'équipement mobile.



Figure I. 2 : Véhicule à guidage Laser

### *II.2.2.3 Guidage infrarouge*

Le guidage infrarouge est une technique populaire permettant au robot mobile autonome de suivre un chemin mieux tracé avec une grande autonomie et est un système basé sur des capteurs infrarouges pour détecter les signaux infrarouges émis par les marqueurs au sol.

Grâce à une puissance optique pouvant atteindre 750 mW, le Belago1.1 – c'est le nom de ce projecteur – génère une matrice de 5000 points distincts. Cette matrice est déformée par les obstacles rencontrés par l'AGV (qu'il s'agisse d'humains, d'objets ou d'autres AGV) et analysée par deux caméras infrarouges, fournissant ainsi deux angles de vue différents. Cela permet d'établir une cartographie en 3D de l'environnement du robot situé à une distance de 1 à 3 mètres. En combinant ces éléments, le système crée une vision stéréoscopique active (ASV) qui permet à l'AGV de s'arrêter ou de contourner les obstacles si nécessaire (voir la Figure I.4).

Au-delà des AGV, ce composant et le système de vision stéréoscopique active associé peuvent également être utilisés pour la reconnaissance faciale dédiée au contrôle d'accès et au paiement par mobile, la mesure de volume de colis en logistique, la détection de gestes dans les applications de jeux, de domotique, etc [3].



Figure I.3: Guidage infrarouge

### *I.2.3 Robots articulés*

Les robots articulés sont des robots à bras articulé qui contiennent des articulations rotatives pour imiter le mouvement du bras humain, actionnés par des servomoteurs. Les robots à 6 axes (voir la Figure I.5 (a)) sont les plus couramment utilisés, mais il existe également des robots articulés simples (voir la Figure I.5 (b)) composés de deux axes et des robots complexes qui comportent dix axes ou plus et qui sont capables de travailler dans des espaces restreints et d'accéder à des obstacles.

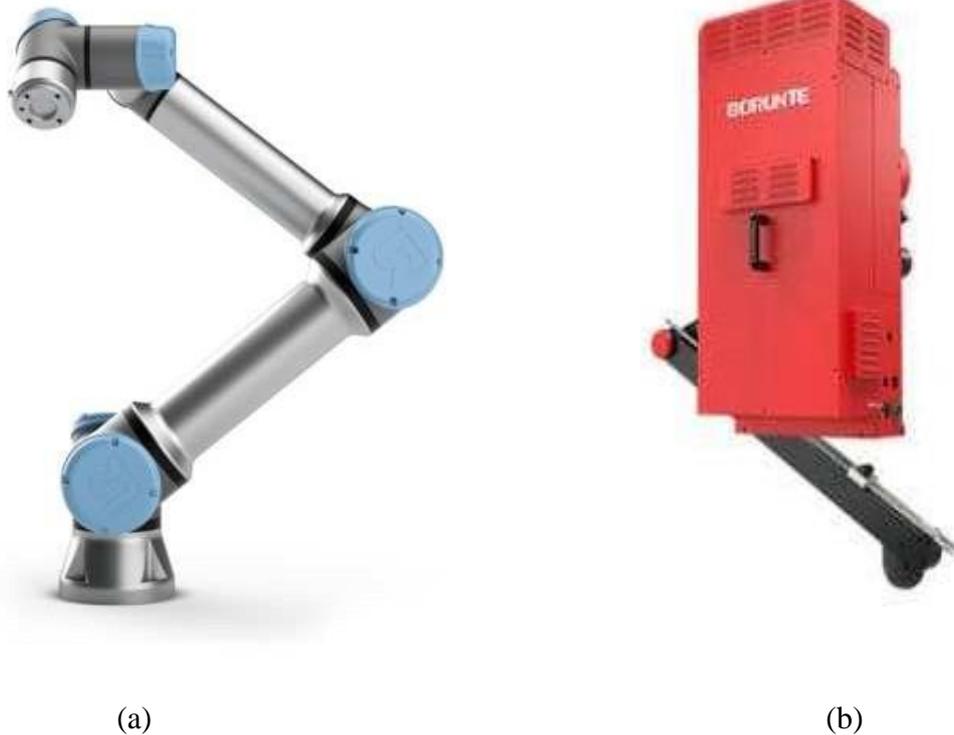


Figure I.4: les robots articulés, (a) : robot articulé à six axes, (b) : robot articulé simple

Les robots articulés sont largement utilisés dans l'industrie et sont considérés comme les plus flexibles et précis dans l'exécution des tâches. Ils sont utilisés pour la manutention, la soudure, l'assemblage et l'entretien des machines comme les SCARAs et DELTA.

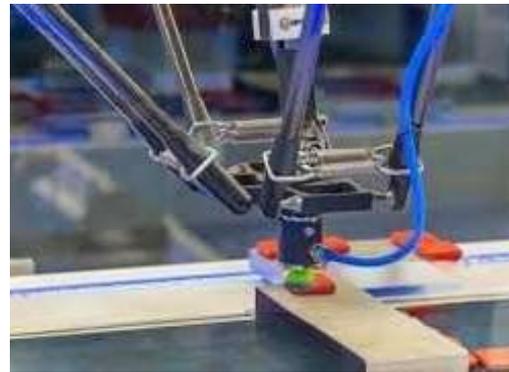
Les SCARAs : ce robot est issu d'un partenariat entre les entreprises Sonkya Seiki, Pentel, NEC et l'université de Yamanashi. Il s'agit d'un robot d'origine japonaise, Le terme SCARA est l'acronyme de Selective Compliant Assembly Robot Arm, ce qui se traduit par Bras robotisé d'assemblage à mobilité sélective (Voir la Figure I.6 (a)). Son espace de travail présente une forme cylindrique. Il est couramment sélectionné en raison de sa grande précision, de sa rapidité d'action, de son encombrement réduit et de son rapport qualité-prix attractif [4].

Les DELTA : Le terme "Delta Robot" tire son nom de la forme caractéristique du robot. Lorsqu'on observe le robot depuis le dessus, les moteurs sont positionnés à un angle de  $120^\circ$  les uns par rapport aux autres. Cette configuration triangulaire des moteurs crée la forme Delta, d'où provient le nom du robot. Les robots Delta sont encore relativement peu connus et sont principalement utilisés dans des domaines spécifiques. En raison de ce manque de notoriété, de nombreuses possibilités restent encore inexploitées. Un avantage important de ces robots est leur mécanique solide et résistante. Ils offrent une polyvalence exceptionnelle, ce qui permet une utilisation flexible avec des temps de rotation courts. Les robots Delta sont reconnus dans le secteur industriel pour leurs performances élevées. En fait, ce sont les robots industriels les plus rapides disponibles. Si vous envisagez d'automatiser une ligne de production ou si vous avez besoin d'une production plus rapide et plus flexible, les robots Delta constituent un excellent choix. Ils peuvent également être utilisés pour le traitement, le

positionnement et le déplacement de divers produits. (Voir la Figure I.6 (b)) Ces robots sont couramment utilisés dans les industries automobile, pharmaceutique, alimentaire et électronique [5].



(a)



(b)

Figure I. 5: Types des robots articulés, (a) : robot SCARA, (b) : robot DELTA

#### I.2.4 Robot humanoïde

Le robot humanoïde est un type de robot ayant une apparence physique similaire à celle d'un être humain. Ce type de robot est capable d'exécuter la plupart des fonctions humaines.

Récemment, un robot humanoïde nommé « Figure 01 » (voir Figure I.7) a suscité une grande controverse en raison de ses capacités innovante. Figure 01 a été fondée en 2022 par Brett Adcock, qui a également fondé Archer Aviation Cette entreprise effectue actuellement des tests de vol sur un aéronef eVTOL commercial destiné au transport de passagers. Au cours de la dernière année, l'entreprise a recruté plus de 40 ingénieurs provenant d'institutions de renom telles que IHMC, Boston Dynamics, Tesla, Waymo et Google X. Bon nombre de ces ingénieurs possèdent une vaste expérience dans les robots humanoïdes ou autres systèmes autonomes [6].

Ce robot a été conçu pour travailler dans des environnements industriels complexes, prendre soin des personnes âgées, effectuer des tâches ménagères, travailler dans des entrepôts et des magasins, ainsi que pour des tâches dangereuses. Il peut également contribuer à résoudre le problème de la pénurie de main-d'œuvre. Avec un poids de 60 kg et une longueur de 1,70 m, le robot peut transporter des charges allant jusqu'à 20 kg. Son visage est un écran et ses mains sont des doigts et non des pinces qui peuvent effectuer des tâches précises similaires à celles effectuées par les êtres humains [7].

L'objectif de ce robot est de devenir le premier robot commercialement viable au monde, accessible à un coût raisonnable. Le robot Figure 01 associe l'ingéniosité de la forme humaine et les capacités de l'intelligence artificielle.



Figure I.6 : Robot humanoïde innovantes nommé Figure01

### I.2.5 Cobots

Le terme « Cobots » a été introduit pour la première fois en 1999 [8].

Il s'agit d'un néologisme formé à partir des mots «Coopération » et « robotique ». Un Cobots est un robot coopératif conçu pour travailler en collaboration avec l'homme, contrairement aux robots autonomes qui fonctionnent sans aucune intervention humaine. Il est donc comme les robots chirurgicaux qui ne peuvent fonctionner qu'avec l'intervention et les ordres du chirurgien. Une étude menée en 2016 par des chercheurs du prestigieux MIT a montré que la collaboration homme-robot était 85 % plus productive qu'un travailleur humain ou un robot travaillant seul [8].

Le Cobot présente de nombreux avantages, notamment un coût raisonnable qui le rend accessible à de nombreux utilisateurs pour leurs tâches en coopération avec lui. Sa programmation est simple et facile. Il peut être utilisé en collaboration avec des humains dans des domaines tels que les soins de santé, les usines et les voitures.

Le Cobot se présente généralement sous la forme d'un bras articulé, équipé de capteurs et de caméras pour éviter les collisions qui pourraient causer des dommages aux humains. Par exemple, lorsque le Cobots est en fonctionnement et entre en contact avec un objet, il s'arrête automatiquement.

Les robots coopératifs diffèrent des robots industriels en termes de travail demandé par l'opérateur. Les robots industriels fonctionnent généralement sur des lignes de production constante, tandis que les Cobots peuvent s'adapter à des tâches différentes et nouvelles à chaque fois.



Figure I. 7: Robot Cobots dans le domaine médical

### *1.2.6 Robots hybrides*

Les robots hybrides comme leur nom l'indiquent, est une combinaison des robots et d'organismes. Ils combinent des composants électroniques et mécaniques avec les muscles ou les neurones des animaux ou des insectes. Ils peuvent également être le fruit de la combinaison de deux ou plusieurs types de technologies robotiques pour développer la qualité des robots, tout en combinant les caractéristiques de plusieurs robots en un seul robot. Les robots hybrides sont utilisés en médecine pour fabriquer des prothèses, entre autres applications.

Un exemple de robot hybride est le robot de nage Sofi, conçu par le MIT Institute [9] (voir Figure I.8). Ce robot se compose de vrais muscles de grenouille et de moteurs vivants. Les robots hybrides ont le potentiel d'offrir des avantages dans divers domaines, tels que la médecine, l'industrie et l'exploration de l'espace. Ils peuvent être plus efficaces et plus adaptés à des environnements spécifiques que les robots purement électroniques ou mécaniques. Cependant, la recherche dans ce domaine est encore en cours, et des questions éthiques peuvent se poser quant à l'utilisation de composants vivants dans les robots.



Figure I.8: Robot de nage Sofi qui conçu par le MIT Institute

**I.3 Domaines d'application de la robotique**

Les robots sont devenus une technologie omniprésente de notre époque, s'insinuant dans tous les secteurs de la vie, sans exception. Les domaines les plus importants dans lesquels les robots ont émergé sont les suivants :

*I.3.1 Industrie*

Les êtres humains sont souvent remplacés par des robots pour effectuer des tâches ennuyeuses, répétitives, dangereuses ou complexes, qui requièrent une grande précision. Les robots sont capables d'exécuter ces travaux de manière plus rapide, efficace et productive, générant ainsi davantage de revenus pour les employeurs. Dans l'industrie, les robots sont utilisés pour manipuler des charges lourdes, assembler des pièces, effectuer des soudures et de la peinture, ainsi que pour l'emballage des produits (voir Figure I.9). Des robots mobiles d'inspection dotés d'intelligence artificielle sont également utilisés dans des environnements plus complexes. Les usines automobiles font appel aux robots pour jusqu'à 50% de leurs opérations. Un exemple d'utilisation des robots dans l'industrie est celui des robots mobiles autonomes.

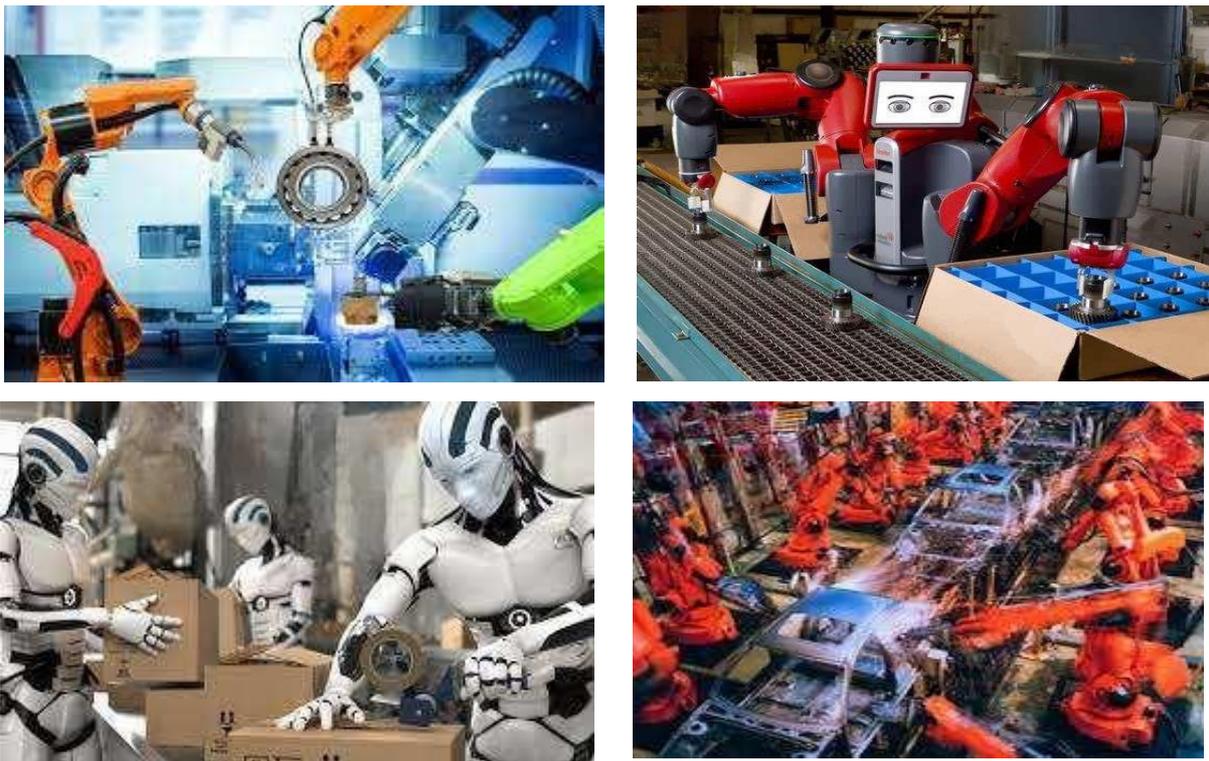


Figure I 9: Différents robots dans le domaine industriel

*I.3.2 Agriculture*

Les robots agricoles ont connu une prolifération significative, car le secteur agricole s'est de plus en plus tourné vers l'utilisation de robots pour les tâches difficiles et épuisantes, permettant ainsi de les accomplir rapidement et efficacement. Ces robots sont utilisés dans la

culture et la récolte des cultures agricoles, ainsi que dans la surveillance et les soins des cultures, tels que l'élagage, l'irrigation, le désherbage, la pulvérisation d'insecticides et d'engrais (voir Figure I.10).



Figure I.10: la robotique dans le domaine agricole

### *I.3.3 Armé*

Les robots ont également pris le contrôle du domaine militaire, où ils fournissent des services secrets dans les missions d'espionnage ou de renseignement, ainsi que dans l'infiltration grâce à leurs capteurs sophistiqués. Ils sont également utilisés pour la surveillance et la protection des sites sensibles tels que les zones de combat ou les zones des catastrophes naturelles. Ces robots sont équipés de radars, de sonars et de caméras infrarouges pour mesurer la distance entre les objets stationnaires ou en mouvement, détecter les mouvements ou les sources de chaleur.

Les robots sont également utilisés dans le déminage pour détecter et éliminer les dispositifs explosifs, réduisant ainsi les risques pour les soldats. Ils sont également utilisés pour le transport de matériel et de munitions, ainsi que pour les tâches de recherche et de sauvetage. De plus, ils jouent un rôle crucial dans le soutien médical, notamment en fournissant des services de télémédecine et en assurant le transport des blessés.



Figure I.11: Robotique militaire

### *1.3.4 Exploration spatiale*

La robotique spatiale joue un rôle essentiel dans l'exploration spatiale en raison de l'incapacité des êtres humains à y vivre ou à faire face aux défis qui s'y posent. Elle permet aux ingénieurs et aux scientifiques d'explorer, de recueillir des données et d'étudier les caractéristiques géologiques et climatiques des planètes, des étoiles ainsi que de la surface de la lune, ainsi que la possibilité d'y établir une présence humaine.

La robotique spatiale offre un moyen sûr aux scientifiques d'explorer l'univers et d'autres corps célestes. Les robots sont capables de mener des missions d'exploration dans des environnements extraterrestres hostiles sans mettre en danger la vie des astronautes. Ils peuvent effectuer des tâches complexes telles que la collecte d'échantillons, l'analyse de données et l'exécution de missions scientifiques spécifiques. La robotique spatiale permet ainsi d'obtenir des informations précieuses sur l'espace et ses objets célestes, contribuant ainsi à notre compréhension de l'univers.

### *1.3.5 Utilisation civile et domestique*

Les robots ont également fait leur entrée dans la sphère civile et domestique en assumant plusieurs rôles autrefois dévolus à l'homme. Dans le domaine civil, les robots sont utilisés pour nettoyer les trottoirs, collecter les déchets et prendre soin des lieux publics. Au niveau domestique, ils sont utilisés dans les maisons, où ils jouent le rôle d'aspirateurs robots pour nettoyer les sols sans intervention humaine. Il existe également des robots capables de préparer les aliments en les coupant, les mélangeant, les pétrissant et les cuisant de manière automatisée. Ils sont utilisés pour nettoyer les piscines, les jardins et éliminer les plantes nuisibles ou mortes afin de raviver l'esthétique du jardin.

Ces robots sont conçus dans le but d'améliorer la qualité de vie en réduisant la charge de travail humaine et en apportant une assistance dans les tâches du quotidien. Ils offrent ainsi des solutions pour simplifier et faciliter les tâches domestiques et locales, contribuant ainsi à l'amélioration du confort et de la commodité dans la vie quotidienne.



Figure I.12: Robots dans les domaines civil et domestique

### *1.3.6 Services publics*

Les robots offrent désormais des services haut de gamme, avec des robots certifiés utilisés dans les centres commerciaux, les hôtels pour la réception, ainsi que dans les restaurants pour la livraison de nourriture et la préparation de boissons.

Les robots certifiés sont devenus courants dans les centres commerciaux, où ils peuvent interagir avec les clients, offrir des informations sur les produits, et même aider à la gestion des stocks. Dans les hôtels, les robots sont utilisés pour accueillir les clients à la réception, fournir des informations sur les services de l'hôtel, et faciliter le processus d'enregistrement et de départ. Dans les restaurants, les robots sont utilisés pour la livraison de nourriture aux tables, ainsi que pour la préparation de boissons, notamment dans les chaînes de restauration rapide.

L'utilisation de robots dans ces domaines offre de nombreux avantages, notamment une efficacité accrue, une réduction des erreurs humaines, et une amélioration de l'expérience client.



Figure I.13: Robots dans les services des hôtels et les restaurants

### *1.3.7 Education*

Les robots ont connu un grand succès dans le domaine de l'éducation, offrant ainsi des opportunités d'apprentissage pour tous les étudiants. Ils les aident à développer leurs compétences personnelles telles que la communication, la collaboration, la résolution de problèmes, la pensée critique et la créativité au travail. De plus, ils contribuent à l'enseignement de la programmation, de la technologie et des mathématiques de manière ludique et motivante. En outre, ils apportent une aide précieuse aux élèves ayant des besoins particuliers en leur fournissant des conseils et en facilitant la communication d'informations de manière claire et accessible.

Ainsi, les robots offrent d'importantes opportunités de développement des compétences personnelles et d'apprentissage de la science du futur, permettant ainsi aux étudiants de rester informés des derniers développements qui se produisent dans le monde.



Figure I.14: les robots dans le domaine de l'éducation

### *II.3.8 Environnement*

Les robots jouent un rôle crucial dans la protection et la préservation de l'environnement, utilisant non seulement la détection des feux de forêt par des capteurs de chaleur, mais également la prévision des catastrophes naturelles, ainsi que le nettoyage des océans, des plages et des rivières. Des robots sous-marins sont également utilisés pour collecter les déchets plastiques et autres polluants présents dans les milieux aquatiques.

Grâce à leur capacité à opérer dans des environnements difficiles et à accomplir des tâches complexes, les robots sont devenus des outils essentiels dans les efforts de préservation de l'environnement. Leur utilisation continue à se développer dans ce domaine, ouvrant de nouvelles perspectives pour la protection de notre planète et la conservation de ses ressources naturelles.



Figure I.15: Robots environnementaux

### *I.3.9 Santé*

La santé est l'un des domaines dans lesquels les robots ont fait leur entrée depuis longtemps et continuent d'être accrédités à ce jour. Leur utilisation se répand de manière significative car elle contribue à réduire les erreurs et offre une plus grande précision et efficacité, ce qui augmente la sécurité des patients.

Les applications robotiques les plus importantes dans le domaine de la santé sont :

#### *I.3.9.1 Robot-assistant chirurgical (RAC)*

Le RAC joue un rôle essentiel en aidant les médecins à effectuer des procédures chirurgicales avec une grande précision, grâce à leur stabilité accrue par rapport aux mains humaines lors d'opérations complexes. Ainsi, la chirurgie mini-invasive est rendue possible car les robots effectuent de petites incisions par rapport à la chirurgie ouverte traditionnelle, ce qui réduit les complications post-chirurgicales, la douleur et les saignements, permettant une guérison plus rapide. La première opération mini-invasive en France a été réalisée avec succès en octobre 2016 à l'hôpital Necker-Enfants malades.

Les robots chirurgicaux se distinguent également par leur capacité d'endoscopie 3D, qui leur permet d'agrandir les tissus jusqu'à dix fois pour une meilleure visibilité lors de l'intervention. Dans certaines interventions chirurgicales longues, les robots peuvent

également être contrôlés à distance par les chirurgiens pour réduire la fatigue physique, ce qui facilite la manipulation précise des instruments chirurgicaux et ils étaient assis.

Les robots sont utilisés dans divers domaines de la chirurgie, tels que la chirurgie générale, la chirurgie colorectale, la chirurgie cardiaque, la chirurgie orthopédique, l'urologie, la gynécologie, la rhinoplastie, la chirurgie de l'oreille et de la gorge, etc. Cependant, il est important de noter que les robots chirurgicaux sont conçus pour aider les médecins et sont dirigés par ces derniers, et ne fonctionnent pas de manière autonome. Un exemple de robot chirurgical couramment utilisé est le système Da Vinci (Figure I.16), développé par Intuitive Surgical, une entreprise américaine [11], qui assiste les médecins dans des interventions complexes nécessitant une grande précision grâce à ses multiples bras robotiques.



Figure I.16 : le robot chirurgical Da Vinci

### *1.3.9.2 Utilisation des robots dans le diagnostic et de l'imagerie médicale*

Dans ce domaine, les robots offrent une assistance précieuse aux radiologues en leur permettant de manipuler les outils avec précision et d'accéder aux zones difficiles d'accès. Les robots sont également utilisés pendant les procédures d'acquisition de scanographie pour déplacer le patient ou le scanner, afin d'obtenir des images de haute qualité et précises. Le rôle des robots est également mis en évidence dans l'endoscopie robotique, où ils contribuent aux procédures de détection dans le corps en utilisant de petits instruments introduits par de petites incisions, grâce à leur grande précision qui améliore les résultats de diagnostic.

Les robots sont également utilisés pour analyser les images médicales telles que les radiographies, les scanners et les IRM, ainsi que pour la livraison automatisée d'équipements dans les hôpitaux, tels que les scanners et les appareils d'échographie.

Les robots apportent leur soutien dans ce domaine en permettant aux radiologues de gagner du temps et de se protéger des rayons nocifs, car ce sont les robots qui sont exposés à la place. Cela contribue à améliorer la précision et la qualité des résultats diagnostiques.

### *1.3.9.3 Technique de désinfection UV*

Les salles d'hôpital sont désinfectées par des robots autonomes utilisant des rayons ultraviolets.

La technique de désinfection UV existait déjà, utilisée auparavant pour désinfecter l'eau potable, mais les humains doivent en être prudents car elle peut endommager la peau et les yeux. Il a fallu quatre ans à la société danoise UVD Robots pour développer le système de désinfection UV, et le robot a été déployé sur le terrain en 2018. Ce robot ne nécessite qu'un seul passage à travers la pièce, car il scanne l'environnement à l'aide de son lidar et crée une carte numérique qui le guide automatiquement vers les pièces et les zones à désinfecter. Pour des raisons de sécurité, ce robot fonctionne lorsque les gens ne sont pas présents et est équipé de capteurs de mouvement qui le font s'arrêter si quelqu'un entre dans son champ d'action. Ce processus élimine 99,99% des germes, ce qui le rend plus efficace que les humains.

Ce robot a été une solution parfaite pour la Chine pendant la pandémie de coronavirus, et le PDG de l'entreprise a envoyé plus de robots pour aider à lutter contre le virus [7].



Figure I.17: UVD Robots

#### *1.3.9.4 Tele-Robotic Intelligent Nursing Assistant (TRINA)*

TRINA développé par la société de Zora Bots[10], est un exemple de robot auxiliaire de santé qui travaille pour prendre soin des personnes âgées en les aidant avec la mobilité, le bain, l'habillage, les loisirs et en leur fournissant de la compagnie pour soulager la solitude des patients en fin de vie.

Ces robots sont également d'une grande aide pour les patients atteints de maladies chroniques comme le diabète et la maladie d'Alzheimer en les aidant à gérer leur alimentation, à faire de l'exercice et à surveiller leurs rendez-vous médicaux. Ils assistent également les infirmières dans l'injection et la prise de sang avec une plus grande précision.

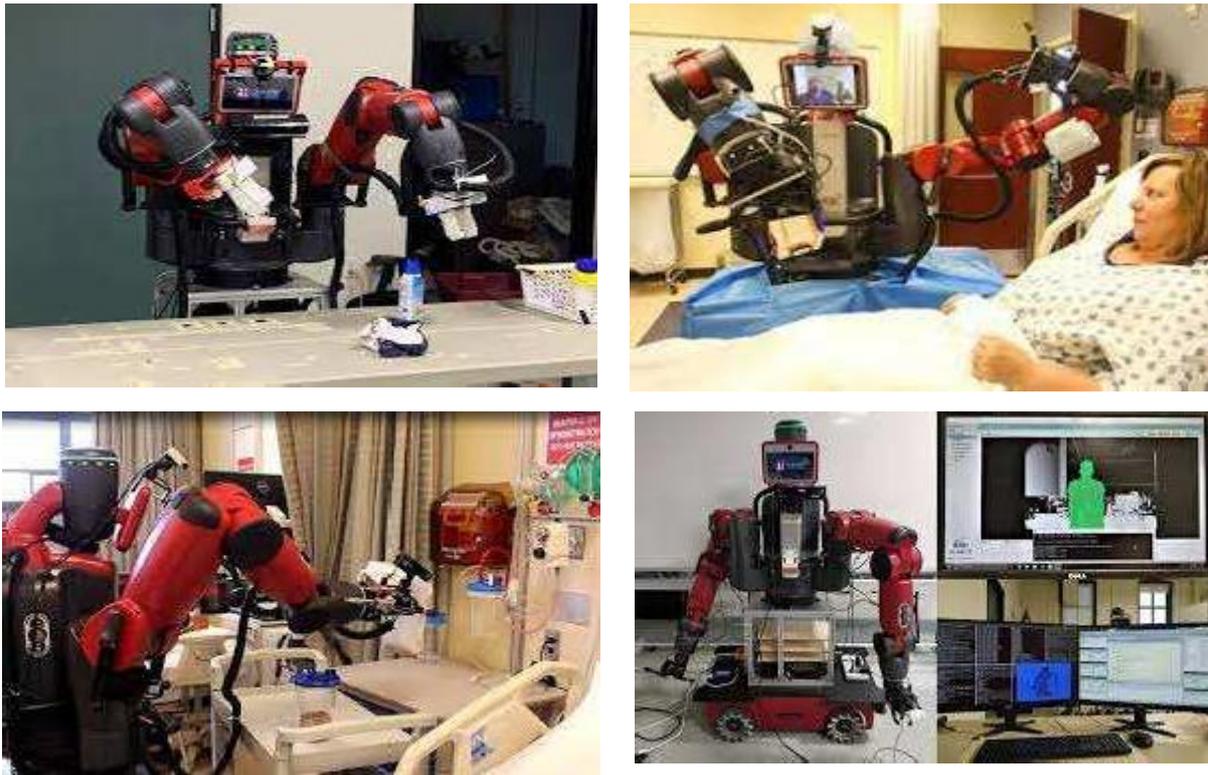


Figure I.18: Tele-Robotic Intelligent Nursing Assistant (TRINA)

#### I.4 Structure d'un robot

La structure des robots varie d'un robot à l'autre en fonction de leur type et de leurs utilisations. Cependant ils partagent plusieurs parties de base (voir Figure I.19) :

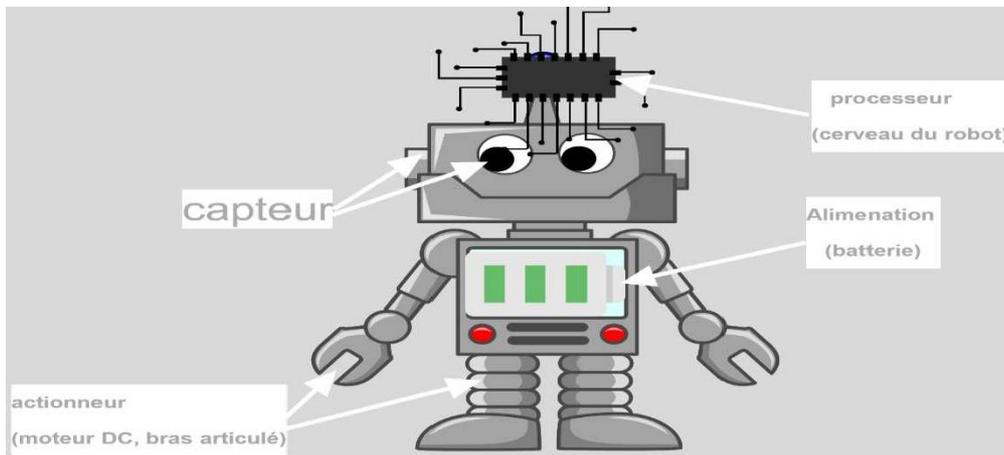


Figure I.19 : les composants principaux d'un robot

La structure d'un robot repose sur une combinaison essentielle d'éléments tels que l'alimentation, les capteurs, les actionneurs et un processeur central (microcontrôleur). Ces composants clés permettent au robot de percevoir son environnement, de prendre des décisions, d'effectuer des mouvements précis et d'accomplir les tâches qui lui sont assignées.

### *1.4.1 Structure physique et mécanique*

C'est le corps (squelette) ou le châssis qui constitue le cadre principale du robot. La structure du robot doit être adaptée à son travail et à la liberté nécessaire pour exercer ses fonctions. La structure robots est souvent en plastique ou en métal, légers et durables.

### *Capteurs*

Un capteur est un dispositif qui permet de mesurer une grandeur physique et de la convertir en un signal électrique ou numérique qui peut être traité ou contrôlé par un système. Ces capteurs sont utilisés dans les robots pour contrôler leur mouvement, leur direction et leur fonction. Ils peuvent jouer le rôle de caméras telles que des capteurs à ultrasons pour détecter les obstacles et des capteurs infrarouges pour déterminer la trajectoire du robot. Des capteurs médicaux sont également utilisés pour le traitement ou l'examen. Les capteurs sont donc une partie essentielle de la fabrication des robots car ils déterminent les tâches que le robot peut accomplir.

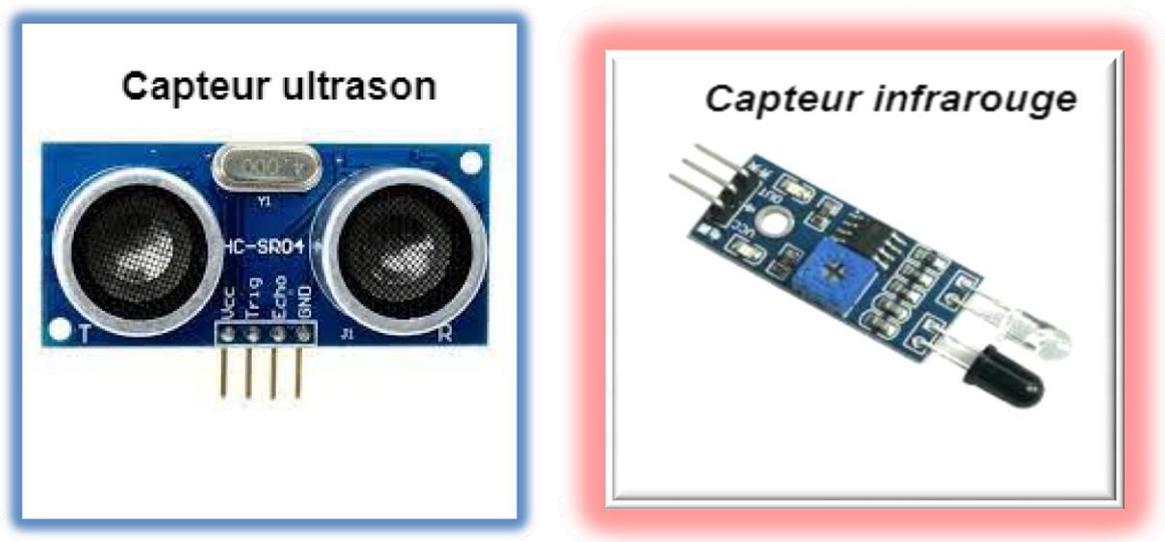


Figure I.20: Capteurs de détections les obstacles et le chemin

### *1.4.2 Alimentation*

C'est une source d'énergie qui a la capacité de faire fonctionner les composants d'un robot électronique et mécanique (moteurs et microcontrôleurs) où elle affecte sa performance et son indépendance. Des batteries rechargeables ou des panneaux solaires sont généralement utilisés. Les petits robots sont chargés avec des batteries rechargeables, tandis que les robots industriels ont besoin de plus d'énergie et sont donc chargés avec des câbles d'alimentation ou des panneaux solaires.

Sans alimentation, le robot ne peut pas être déplacé.

**Batterie rechargeable**

Figure I.22 : Sources d'énergie

**1.4.3 Moteurs**

Les moteurs sont des dispositifs mécaniques, électriques ou hydrauliques qui permettent au robot de se déplacer et d'effectuer ses tâches. Les robots comptent beaucoup sur les moteurs électriques pour convertir l'énergie électrique en énergie mécanique afin de déplacer le robot.



Figure I.23 : des moteurs mécaniques et hydrauliques

**1.4.4 Processeur**

Le processeur constitue le cerveau du robot. Il est généralement constitué d'un microcontrôleur ou d'un microprocesseur. Il s'agit d'un système de contrôle qui fonctionne via un ordinateur, de circuits électroniques et de logiciels.

Le processeur du robot est utilisé pour contrôler les robots (leurs actionneurs et les capteurs) et pour traiter les données nécessaires à l'accomplissement de tâches spécifiques.

Ce sont les principales parties d'une conception de robot dont on ne peut pas se passer, sans lesquelles le robot ne peut pas fonctionner.

La partie commande, c'est cette partie qui va permettre au robot d'analyser les données provenant des capteurs et d'envoyer les ordres relatifs aux servomoteurs. La partie commande est matérialisée physiquement par le microcontrôleur.

**I.5 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné une définition générale des robots, en les classant en six grandes catégories. Tout d'abord, les AMR (Robots Mobiles Autonomes) qui sont capables de se déplacer sans intervention humaine, les AGV (Véhicules à Guidage Automatique) qui fonctionnent selon trois systèmes de guidage : l'autoguidage, le guidage laser et le guidage infrarouge. Le troisième type est celui des robots articulés, qui sont dotés de bras articulés. Nous trouvons également les robots humanoïdes, qui présentent une apparence physique similaire à celle d'un être humain. Une autre catégorie est celle des cobots, qui sont des robots collaboratifs travaillant en collaboration avec les êtres humains. Enfin, nous avons cité aussi les robots hybrides, qui représentent une combinaison de robots et d'organismes.

Nous avons également discuté de manière générale des domaines les plus connus qui utilisent les robots, tels que l'industrie, l'environnement, l'armée, et le domaine médical. Un intérêt particulier aux différents types des robots médicaux les plus célèbres et leur domaine d'exploitation était mis en exergue.

À la fin, nous avons présenté la structure générale d'un robot et les composants principaux nécessaires à son bon fonctionnement.

Dans le chapitre suivant nous allons détailler la méthode proposée pour la réalisation d'un robot COBOT aide-soignant ainsi que les différents composants utilisés dans ce projet de fin d'étude.

## Structure robot aide soignant

### II.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter la partie théorique pour la réalisation d'un robot aide-soignant, en décrivant les différents blocs qui le composent. Nous expliquons aussi en détail chaque composant utilisé, ainsi que la méthode de liaison entre eux. La figure (Figure II.1) ci-dessous illustre le schéma bloc utilisé pour la réalisation de notre robot aide-soignant.

Il est composé de six blocs : bloc d'alimentation solaire, un bloc de microcontrôleur, bloc d'un moteur driver, bloc des actionneurs, et bloc des capteurs médicaux, un bloc de communication autonome.

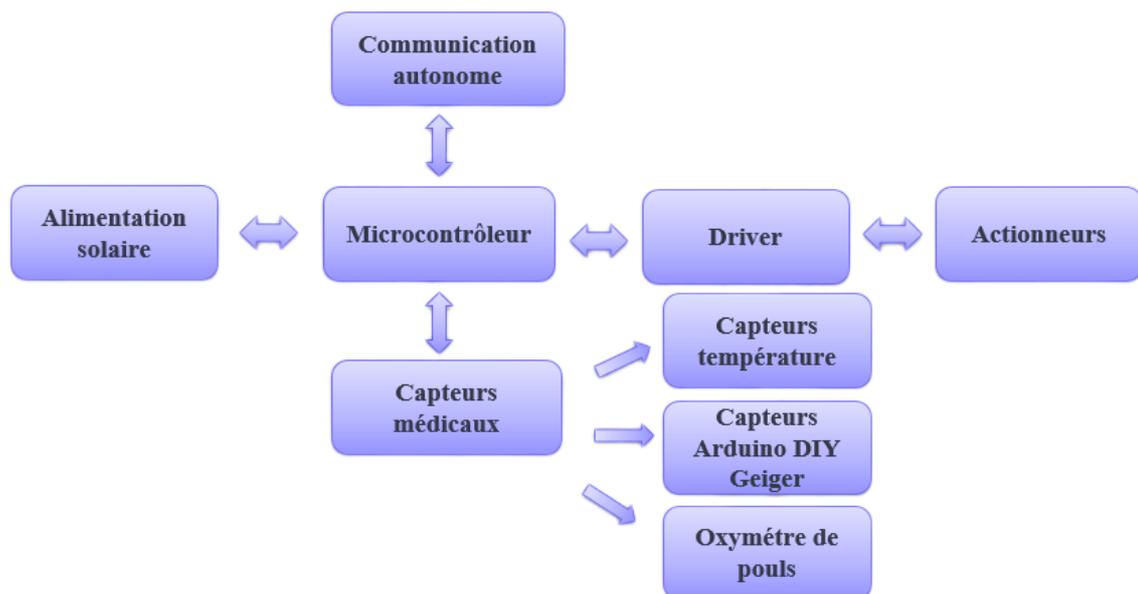


Figure II.1 : Schéma bloc d'un robot aide-soignant avec alimentation solaire

### II.2 Alimentation solaire

La figure II.2 représente le schéma bloc d'alimentation solaire utilisé dans notre PFE. Il se compose de trois éléments : deux panneaux solaires, deux batteries de Lithium (Li-ion 18650), et un chargeur de batteries (module TP4056).

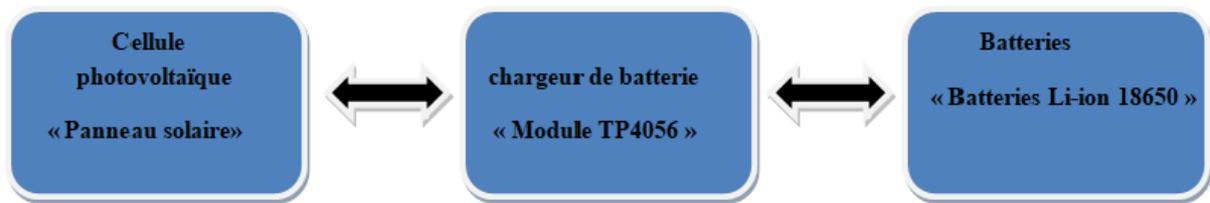


Figure II.2 : Schéma bloc d'alimentation solaire d'un robot aide-soignant

### II.2.1 Panneau solaire

L'exposition aux rayons du soleil déclenche une réaction chimique dans les cellules photovoltaïques disposées en série et en parallèle pour produire de l'électricité. Ce module de production d'électricité est connu sous le nom de panneau solaire [12].

Nous avons utilisé deux panneaux solaires à base de cellules photovoltaïques en silicium, qui s'intègrent parfaitement dans notre PFE.

En utilisant l'énergie solaire, l'exposition directe au silicium qui est un semi-conducteur a la capacité de produire 0.36W/h de puissance maximale en générant une tension continue de 3.7V à partir de photons [12].



Figure II.3 : Panneau Solaire  $U= 3.7 \text{ v}$ ,  $P= 0.36\text{w/h}$  [13].

Le panneau solaire Parallax offre une conversion d'énergie solaire efficace grâce à ses caractéristiques techniques optimisées, sa durabilité et sa stabilité renforcée. Avec une tension de sortie de 3.7V et une puissance de 0.36W/h, il fournit un courant de sortie d'environ 167mA. Ce panneau solaire compact de dimensions 60mm x 55mm x 2,5mm est léger et nécessite une maintenance minimale pour une durée de vie prolongée [13].

II.2.2 Module TP 4056

II.2.2.1 Description circuit intègre TP4056

Le module TP4056 nous permet de charger une batterie au lithium. Il adapte la puissance d'entrée à la norme 1A de la batterie, et il est également apte de contrôler la température afin d'éviter l'échauffement des composants [14].

Le TP4056 délivre une tension de 4.2VDC).Ce module s'alimente en 5VDC (VCC) et peut fournir jusqu'à 1A (Entièrement configurable sur la broche PROG à l'aide d'une résistance de masse) [14].

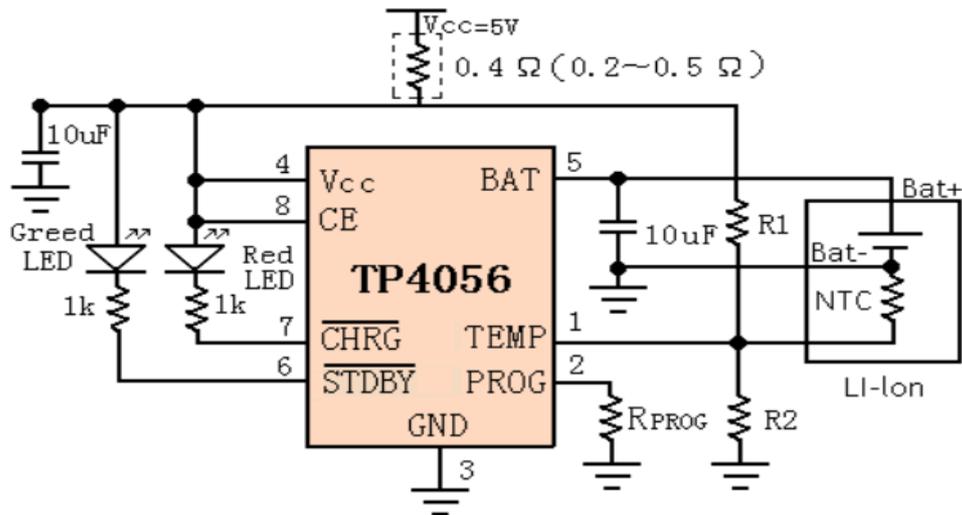


Figure II.4 : Circuit électronique TP 4056 [14]

- La broche CE est une broche « d'activation » (connectée à VCC pour le fonctionnement).
- L'onglet TEMP est sécurisé. Connecté au BAT- de la batterie au lithium, il surveille La température de la batterie et désactive (masse) la charge si la température est trop basse ou trop élevée.
- BAT est connecté au pôle positif de la batterie
- Les branches CHRG et STBDY permettent de gérer deux voyants d'état : charge et charge éteinte [15].

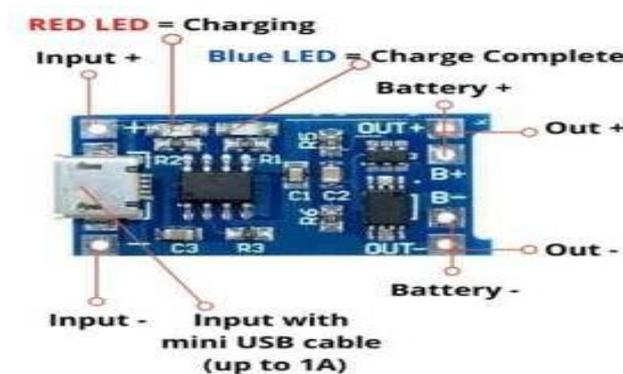


Figure II.5 : Module de charge TP4056 [15].

- En cas de dysfonctionnement ou de panne de courant, l'option d'utiliser le port MiniUSB pour l'alimentation du circuit via le cordon USB est disponible.
- Vous pouvez contourner le câble miniUSB et utiliser à la place les bornes Input + et Input - qui se trouvent à côté du port USB, comme illustré à la Figure II.5.

- Avec deux LED intégrées, le module TP4056 allume une LED rouge lorsque la batterie est toujours en charge et une LED verte lorsque la charge est terminée.
- Il contient aussi deux sorties BAT+, et BAT- qui doivent être connecté à la batterie à recharger [16].

### II.2.3 Batteries Li-ion 18650

La cellule Li-ion 18650 a été largement utilisée en raison de ses propriétés exceptionnelles par rapport à ses concurrents. Ces caractéristiques regroupent plusieurs éléments importants, tels que la capacité électrique, la tension, la durabilité, la période de conservation, la sécurité, la température de fonctionnement, et bien d'autres [17].



Figure II.6 : Batterie cellule Li-ion 18650 [17].

La cellule 18650 présente les caractéristiques suivantes :

Évaluation à 3,6 V avec une capacité de 2850 mAh. Elle utilise les méthodes de charge CC et CV<sup>1</sup> pour la charge, avec une tension maximale de 4,2 V et un courant de 0,5 C. Le temps de charge moyen est d'environ trois heures. Ses dimensions sont de 18,4 mm de diamètre, 65 mm de hauteur, et elle pèse environ 48 g [17].

Nous avons aussi utilisé deux diodes 1N4004. Cela permet au courant de circuler dans une seule direction, et de réduire aussi la tension afin de protéger le circuit.

Une fois ces connexions effectuées, l'unité TP4056 doit maintenant être connectée à la batterie. Pour ce faire, nous connectons le câble BAT + à la pointe positive de la batterie et à l'extrémité de la batterie négative. Parce que les panneaux solaires, et les batteries peuvent également être connectés en parallèle (même capacité et tension ajoutée), avec une connexion parallèle, le courant est de 100 mAh et 3.7 V [15].

Toutes les étapes mentionnées ci-dessus sont présentées dans la figure (II.7) suivante :

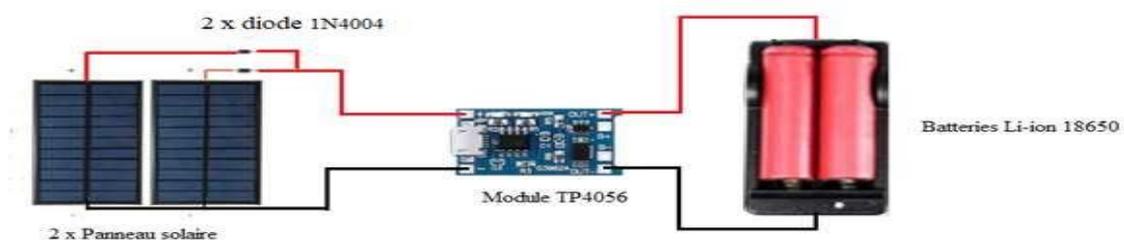


Figure II.7 : Système de charge Batteries Li-ion 18650

<sup>1</sup> Méthode de charge : CC et CV sont des méthodes de charge de batteries lithium-ion. La méthode de charge CC (courant constant) est utilisée pour charger la batterie jusqu'à un certain niveau de tension. Ensuite, la méthode de charge CV (tension constante) est utilisée pour charger la batterie jusqu'à sa tension nominale

II.3 Microcontrôleur ATmega328

Le microcontrôleur utilisé dans ce projet de fin d'étude est celui-ci de la carte Arduino Uno ATmega328. Il est facile à manipuler, peut être enlevé, et il a la capacité de contrôler avec une grande précision un robot.

II.3.1 Carte Arduino Uno

La figure II.8, montre le schéma synoptique de la carte Arduino Uno.

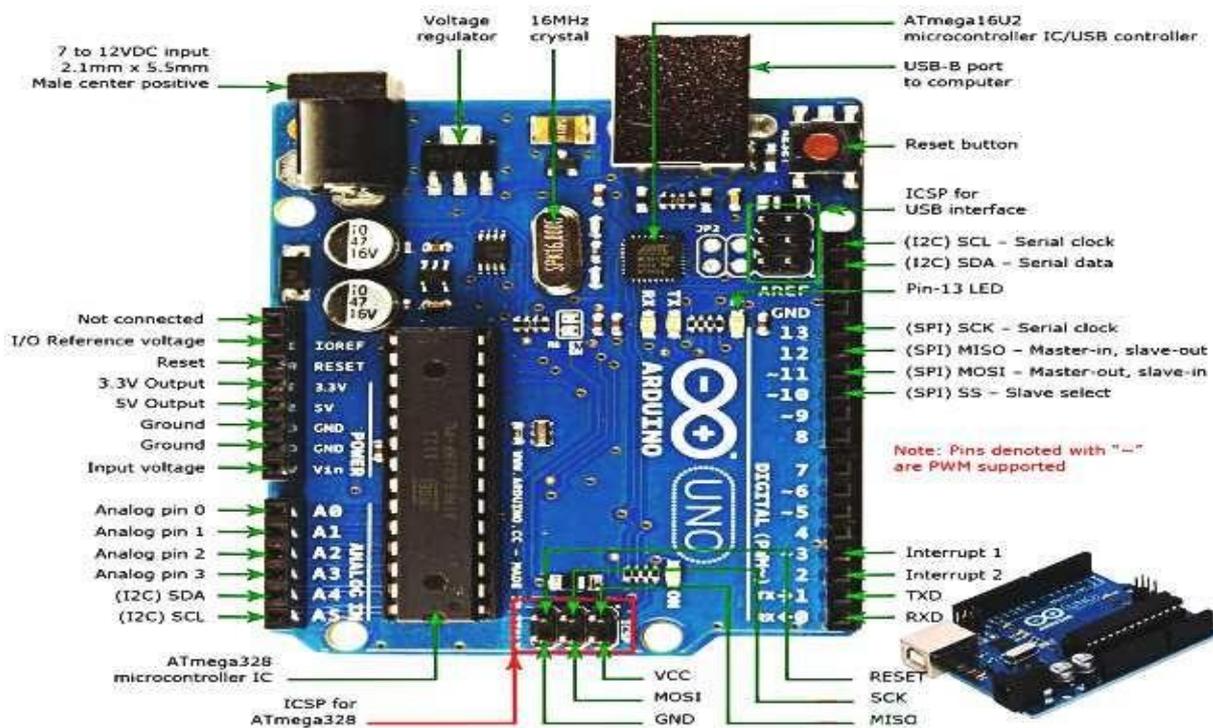


Figure II.8 : Schéma synoptique de la carte Arduino Uno [18].

La carte Arduino Uno offre une multitude de fonctionnalités, parmi lesquelles une prise d'alimentation externe, 6 entrées analogiques avec un convertisseur analogique-numérique de résolution 10 bits et un bouton de réinitialisation pour réinitialiser le processus. Elle est également équipée d'un résonateur céramique 16 MHz (quartz), d'un connecteur ICSP (programmation série in-circuit) pour programmer un microcontrôleur sur le circuit sans le retirer, ainsi que de 14 entrées et sorties numériques. Parmi ces broches, 6 peuvent fonctionner comme sorties PWM (modulation de largeur d'impulsion). De plus, pour la conversion USB/série, la carte utilise un microcontrôleur programmé ATMEGA 16U2. Les caractéristiques et spécifications techniques détaillées sont représentées dans le tableau II.1 [18].

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Microcontrôleur</b>                | <b>ATmega328</b>  |
| <b>Tension de fonctionnement</b>      | <b>5V</b>   |
| <b>Tension d'entrée (recommandée)</b> | <b>7-12V</b>  |
| <b>Tension d'entrée (limites)</b>     | <b>6-20V</b>  |
| <b>Broches d'E / S numériques</b>     | <b>14 (dont 6 fournissent la sortie PWM)</b>                |
| <b>Broches d'entrée analogiques</b>   | <b>6</b>  |
| <b>Courant CC par broche I / O</b>    | <b>40 mA</b>  |
| <b>Courant DC pour Pin 3.3V</b>       | <b>50 mA</b>  |
| <b>Mémoire flash</b>                  | <b>32 Ko (ATmega328) dont 0,5 Ko utilisé par bootloader</b> |
| <b>Mémoire SRAM</b>                   | <b>2 Ko (ATmega328)</b>                                     |
| <b>Mémoire EEPROM</b>                 | <b>1 Ko (ATmega328)</b>                                     |
| <b>Vitesse de l'horloge</b>           | <b>16MHz</b>  |
| <b>Longueur</b>                       | <b>68,6 mm</b>  |
| <b>Largeur</b>                        | <b>53,4 mm</b>  |
| <b>Poids</b>                          | <b>25 g</b>   |

Tableau II. 1: Caractéristique de la carte Arduino Uno [19].

La programmation en C/C++ de l'ATMega328 permet son intégration dans divers systèmes pour différentes applications. Les cartes Arduino sont prisées par les amateurs et les professionnels en raison de leur facilité d'utilisation. L'ATMEGA328 est un microcontrôleur puissant avec une mémoire flash de 32KB, une EEPROM de 1024B, une SRAM de 2KB et 23 lignes de données. Il offre des fonctionnalités telles que des horloges/compteurs flexibles, un port série SPI et un convertisseur A/N. Les broches d'E/S à usage général sont également un atout [20].

La carte Arduino Uno peut être alimentée par une source externe de 6 à 20 volts, mais une tension entre 7 et 12 volts est recommandés pour une stabilité optimale. Les broches d'alimentation comprennent Vin pour l'entrée de tension externe, 5V pour la régulation du 5 volts, et GND pour la masse. La carte dispose également de broches spéciales pour les communications série, les interruptions externes et la modulation de largeur d'impulsion PWM. Avec ses 14 broches numériques, l'Arduino Uno permet des fonctions d'entrée et de sortie [20]



Figure II.9 :ATmega328 [20].

### II.3.2 Environnement de développement

Arduino fournit un environnement de développement intégré (IDE) gratuit et open source disponible sur leur site web, compatible avec Windows, Linux et Mac. Le langage de programmation utilisé par Arduino est basé sur le langage C/C++, avec des fonctions et des bibliothèques spécifiques à Arduino. L'IDE simplifie les opérations de compilation et de téléchargement du code vers le microcontrôleur grâce à une interface conviviale. La communication entre l'ordinateur et la carte Arduino se fait via le port USB en installant le pilote approprié fourni par Arduino [21].

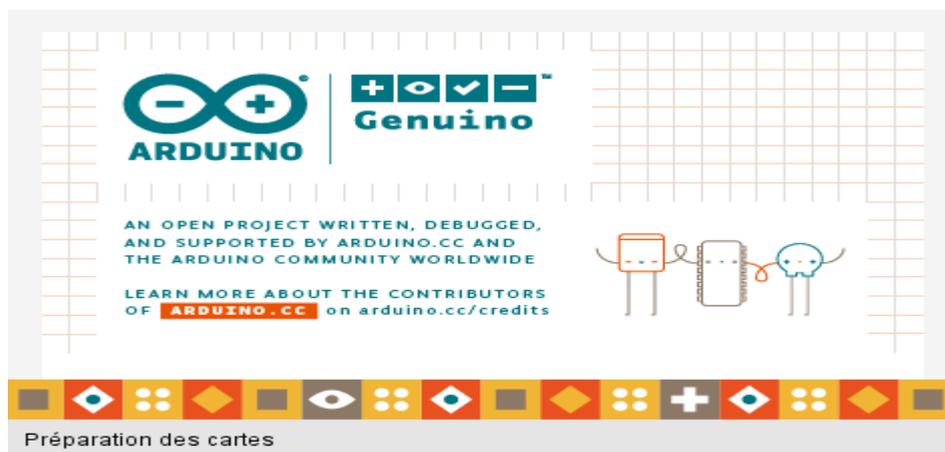


Figure II.10 : Environnement de développement Arduino

## II.4 Driver

Le driver utilisé dans notre projet c'est un pont en H « L298N »

Disposé en forme de H, le pont en H est un appareil électronique populaire qui permet le contrôle de la polarité à travers un dipôle. En règle générale, cette structure se compose de quatre éléments de commutation, qui peuvent être des relais, des transistors ou d'autres types

de commutateurs, en fonction de l'usage prévu. Cette invention peut être trouvée dans diverses applications d'électronique de puissance, telles que des convertisseurs, des onduleurs et des commandes de moteur. Les circuits intégrés sont une option pour les applications à faible ou moyenne puissance, tandis que les circuits discrets ou les modules intégrés sont mieux adaptés aux puissances moyennes et élevées. [22]

Différentes combinaisons de commutateurs doivent être activées pour obtenir la connexion souhaitée sur le pont. Un résumé des combinaisons autorisées est présenté dans les figures (II.11-12) ci-dessous.

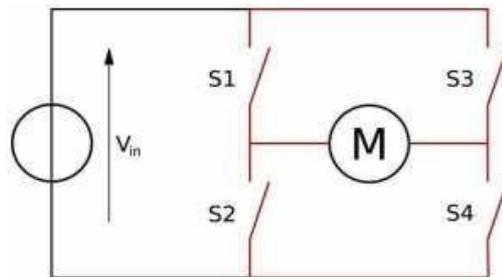


Figure II.11 : Circuit d'un pont H [22]

Le module L298N est basé sur un circuit intégré polyvalent qui permet de gérer diverses charges inductives, telles que des relais, des solénoïdes, des moteurs à courant continu et des moteurs pas à pas. Il offre une puissance élevée et peut gérer des courants importants, ce qui en fait une solution pratique pour le contrôle précis de ces charges. Le module L298N est disponible en deux formats, Multiwatt à 15 broches et Power SO20\*<sup>2</sup>, et est capable de s'adapter à une gamme de charges inductives conformes aux niveaux logiques TTL standard. Le circuit L298N permettant de modifier la direction et l'intensité de la tension aux bornes de deux charges électriques [23].

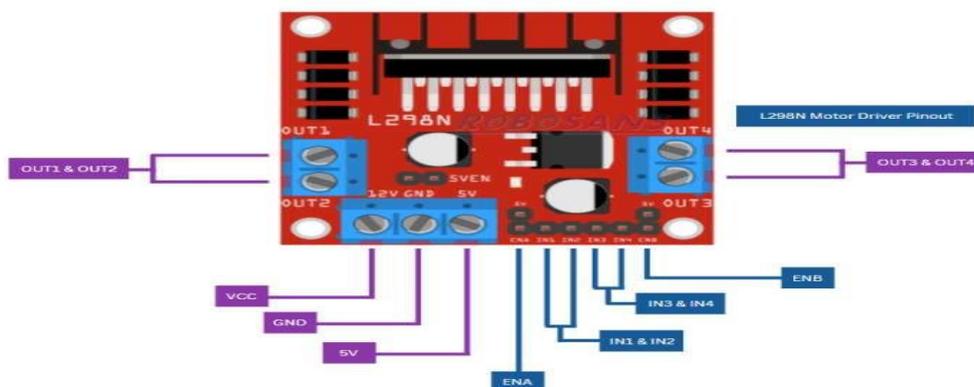


Figure II.12 : Module L298N [23]

<sup>2</sup> \* Une famille de boîtiers de montage en surface IC haute puissance. Le Power SO a été développé afin de répondre à la demande croissante de miniaturisation des composants utilisés dans les applications de puissance, en profitant du nouveau package, en introduisant l'utilisation de la technologie de montage en surface dans la production des systèmes d'énergie

### II.4.1 Caractéristiques

Le module L298N est un composant essentiel pour le contrôle des moteurs. Il dispose de ports dédiés au contrôle du sens de rotation des moteurs, tels que les ports IN1 et IN2 pour le moteur A, et les ports IN3 et IN4 pour le moteur B. De plus, les ports ENA et ENB permettent de réguler l'amplitude de la tension délivrée aux moteurs à l'aide d'un signal PWM. Le module est compatible avec des moteurs ayant une tension nominale de 5 à 35V, et il supporte un courant maximum de 2A en crête. Ces caractéristiques font du module L298N un choix idéal pour le contrôle des moteurs [23], [24].

### II.4.2 Schéma de câblage du Module L298N

Le module L298N doit être connecté à un microcontrôleur Arduino Uno via plusieurs broches en suivant les étapes suivant :

Tout d'abord, la broche ENA, qui nous permet d'activer le moteur M1, doit être reliée à la broche 2. Les broches Input1 et Input2 sont utilisées respectivement pour contrôler la direction avant et arrière du moteur M1, et elles doivent être connectées aux broches 3 et 5. De même, la broche ENB est utilisée pour activer le moteur M2 et elle est reliée à la broche 4.

Ensuite, la broche GND du circuit intégré est connectée à la masse du microcontrôleur. Sur certains modèles de ce module, il est possible de rajouter deux jumpers (deux fils) pour connecter directement les broches enable (ENA et ENB) au 5V. Ceci permet d'activer toujours le pont en H et d'économiser deux sorties du microcontrôleur [24],

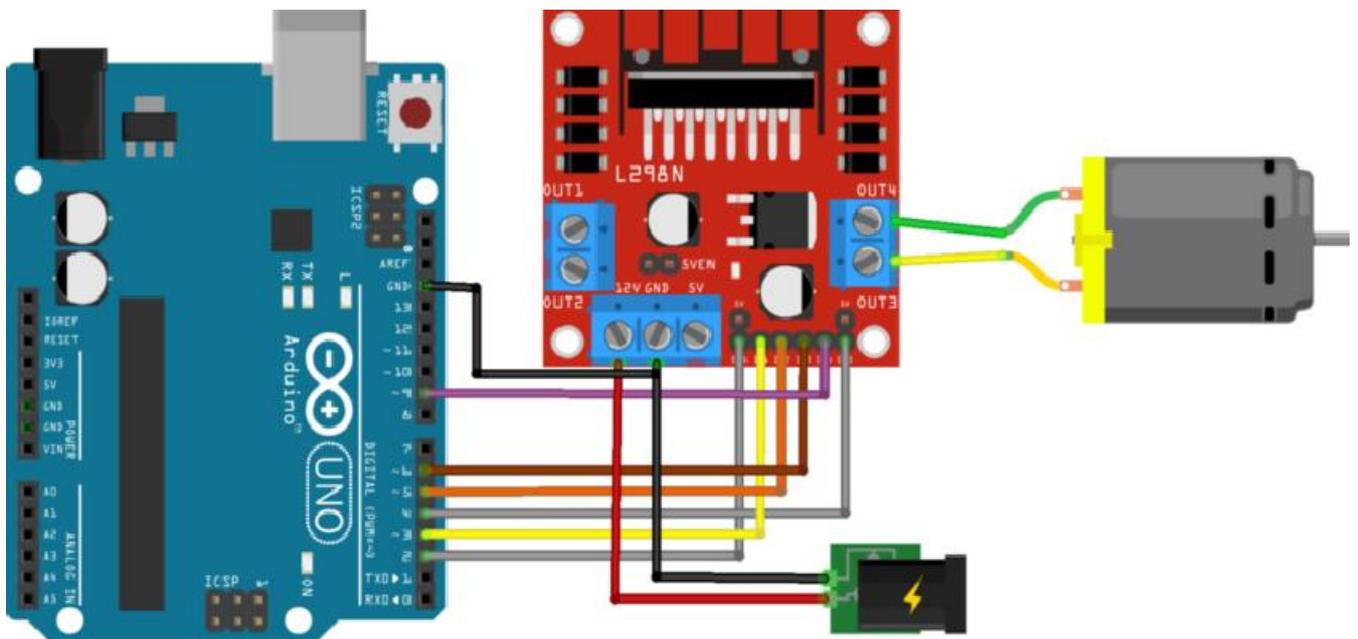


Figure 22: Schéma de câblage Module L298N avec Arduino Uno et moteur DC

II.5 Actionneurs

Le bloc actionneur se compose de deux moteurs à courant continu, un pour chaque roue motrice, soit deux roues en ajoutant la roue avant pour faciliter le déplacement de notre robot.

II.5.1 Description de moteur courant continue

Le moteur à courant continu est constitué de deux composants principaux qui coopèrent pour créer un champ magnétique et engendrer un mouvement (voir Figure II.15). Le stator, l'un de ces composants, reste fixe pendant le fonctionnement, tandis que le rotor, l'autre partie, tourne autour du stator pour générer le mouvement souhaité.

Ce type de moteur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique de manière efficace (Figure II.16). Son fonctionnement est facilement compréhensible, sans avoir besoin de se référer à des formules ou équations complexes.

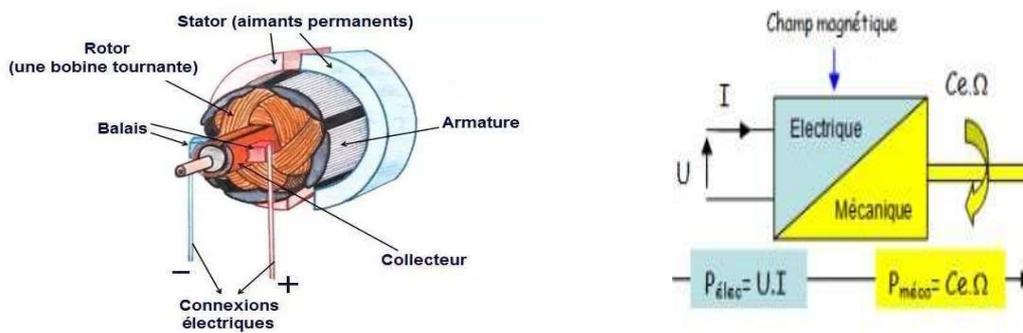


Figure II.14 : construction de moteur courant continue [25] Figure II.15 : fonctionnement de moteur CC [25]

II.5.2 Principe de fonctionnement de moteur courant continu

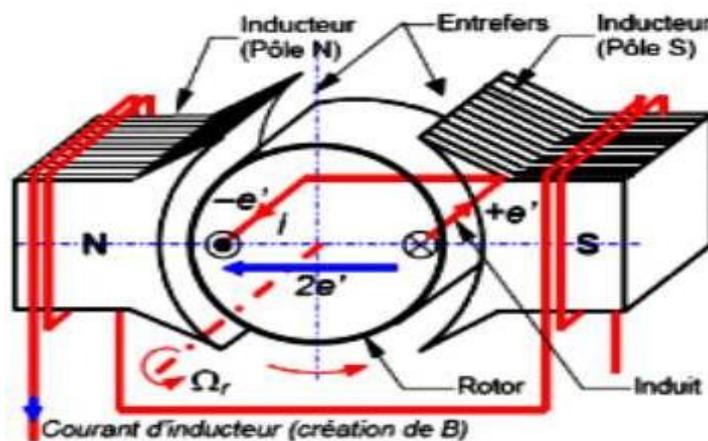


Figure II.16 : Principe de fonctionnement de moteur courant continu [26]

Le principe de fonctionnement est donné pour une spire.

Un moteur électrique repose sur l'interaction entre un courant électrique et un champ magnétique, qui crée un couple moteur, et qui entraîne la rotation. Cette force électromagnétique est générée par le courant circulant dans la bobine des pôles (N) aux pôles (S). Ainsi, le moteur électrique effectue diverses tâches en utilisant cette combinaison d'électricité et de magnétisme. On peut augmenter la valeur du couple moteur soit :

- En augmentant le nombre de spires.
- L'augmentation du nombre de paires d'aimants peut conduire à de meilleurs résultats [25].

*II.5.3 Choix moteur courant continue*

Les moteurs que nous avons choisis pour notre robot ont des vitesses maximales trop élevées pour un mouvement stable. Nous avons donc opté pour un rapport de démultiplication de 1:48 pour réduire la vitesse de rotation. Ces moteurs offrent également un couple maximal de 800g/cm et sont adaptés aux applications nécessitant une faible tension d'alimentation.

En somme, ces moteurs présentent une combinaison optimale de puissance de rotation élevée et de rapport de démultiplication idéal pour répondre aux besoins de notre robot.



*Figure II.17 : Motoréducteur à courant continu (Gear motor) [27].*

*II.5.4 Caractéristiques*

Le tableau suivant (tableau II.3) représente les caractéristiques de Motoréducteur (Gear motor) à courant continu.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Tension de fonctionnement</b> | <b>3V-12V DC</b>                                    |
| <b>Couple maximal</b>            | <b>800g / cm max. À 3V</b>                          |
| <b>Rapport de charge</b>         | <b>1:48</b>   |
| <b>Courant de charge</b>         | <b>70mA (250mA max. à 3V)</b>                       |
| <b>Poids</b>                     | <b>29g</b>  |
| <b>Dimensions</b>                | <b>Longueur 65 mm, Largeur 37 mm, Hauteur 22 mm</b> |

Tableau II. 3: Caractéristique de Motoréducteur à courant continu [27].

## II.6 Communication autonome

Dans ce bloc de Communication autonome, on va créer une liaison Bluetooth entre un Smartphone Android et notre prototype de robot assisté par une carte de prototypage basé sur le bloc de Microcontrôleur « Arduino Uno » à l'aide du module Bluetooth HC-05.

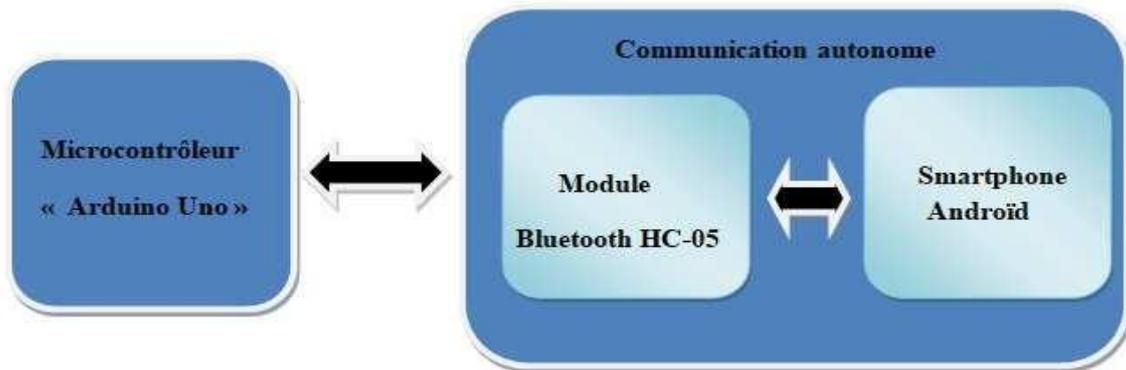


Figure II.18 23: Schéma block représentant la communication entre le Microcontrôleur ATmega328 et le Smartphone.

### II.6.1 Capteur Bluetooth HC-05

#### II.6.1.1 Description Capteur Bluetooth HC-05

Le Bluetooth est une technologie de communication sans fil à courte portée largement utilisé dans divers appareils électroniques modernes. Dans les projets Arduino, le module Bluetooth permet le contrôle à distance d'appareils tels que des voitures ou des bateaux depuis un Smartphone Android [28].

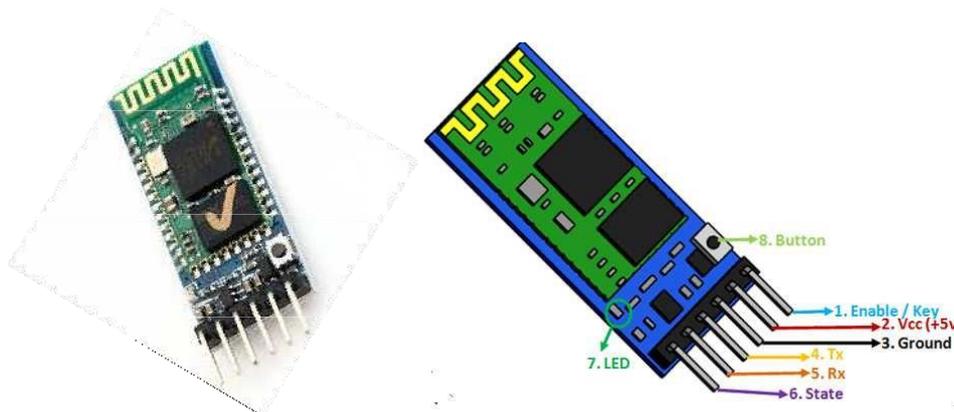


Figure II.19 : Module Capteur Bluetooth HC-05 [28].

Le module Bluetooth utilisé est basé sur la puce CSR BC417, offrant une vitesse de transmission de signaux radio Bluetooth pouvant atteindre 3 Mbps. La conception de la carte inclut une antenne serpent qui permet une portée de communication jusqu'à 10 mètres. Un avantage majeur de ce module est sa capacité à résister aux interférences à large bande, ce qui permet à plusieurs appareils de communiquer entre eux sans se perturber mutuellement. [28]

### II.6.1.2 Configuration du Capteur Bluetooth HC-05

Le module HC-06 a six broches, comme indiqué dans le brochage. Parmi eux, nous avons besoin seulement de quatre broches pour connecter les modules entre eux. Certaines cartes de dérivation ne laissent que quatre broches de sortie voir le tableau (II.4) ci-dessous :

| Nombre de branche | Nom de branche | Description  |
|-------------------|----------------|--|
| 2                 | VCC            | + 5V, Une alimentation positive doit être donnée à cette broche pour alimenter le module   |
| 3                 | GND            | Connectez cette broche à la masse commune du circuit   |
| 4                 | TXD            | connectez cette broche avec la broche RXD du microcontrôleur. Cette broche transmet les données série (les signaux sans fil reçus par le module Bluetooth sont convertis par module et transmis en série sur cette broche) |
| 5                 | RXD            | connectez cette broche avec la broche TXD du microcontrôleur. Le module Bluetooth HC-05 reçoit les données de cette broche puis les transmet sans fil  |

Tableau II. 4: Configuration du Capteur Bluetooth HC-05 [29].

### II.6.1.3 Caractéristique

Le module HC-05 présente des caractéristiques remarquables. Il prend en charge les protocoles Bluetooth v1.1 / 2.0 et fonctionne avec une plage de tension d'alimentation de 3,3 à 5V. Il prend en charge les profils Bluetooth en tant que maître et esclave. Le module HC-05 est adapté à une utilisation dans des conditions de température allant de -5°C à 45°C. Il utilise la fréquence de la bande ISM 2,4 GHz et offre des débits de transmission asynchrones allant jusqu'à 2,1 Mbps (max) / 160 kbps et des débits synchrones de 1 Mbps / 1 Mbps. Sa puissance d'émission est inférieure à 4 dBm, ce qui le classe dans la catégorie Classe 2 [30].

### II.6.1.4 Communication du module Bluetooth HC-05 avec Arduino

Ce module, HC-05, communique via l'interface UART (**Universal Synchronous & Asynchronous Receiver Transmitter**). La transmission et la réception de données entre le module et d'autres appareils sont possibles via cette interface. Le module peut être relié à n'importe quel microcontrôleur ou PC équipé d'un port RS232 via l'interface UART. La figure (II.20) montre la connexion d'un module HC-05 à la carte Arduino Uno [30].

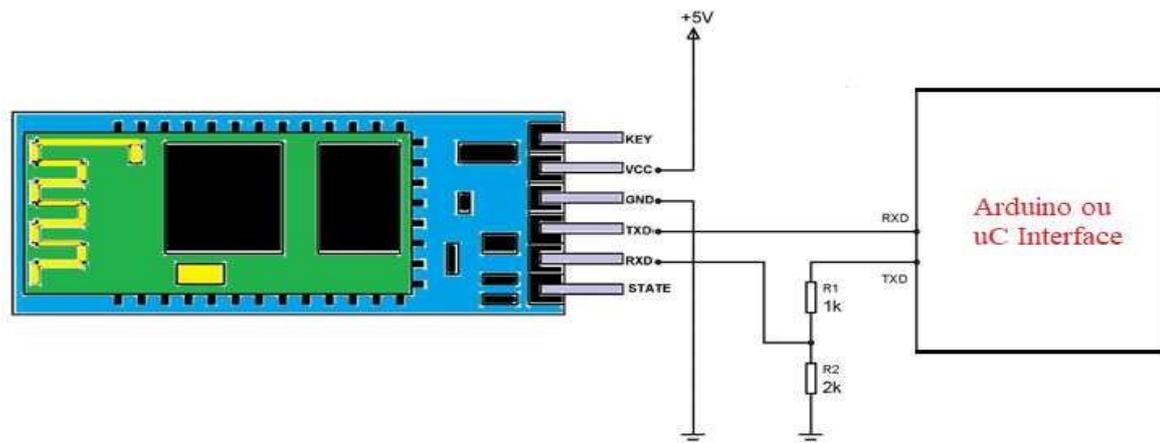


Figure II.20 : Connexion d'un module HC-05 à la carte Arduino Uno[30].

L'interface UART entre le module HC-05 et l'Arduino est alimenté par une tension de 5V (voir la figure II.20).

Pour cela, il suffit de connecter la broche TXD du module à la broche RXD de l'Arduino, et la broche RXD du module à la broche TXD de l'Arduino en utilisant un diviseur de tension. Ce diviseur permet de convertir le signal logique 5V de l'Arduino en signal logique +3.3V compatible avec le module. Il est important de noter qu'on a fixé la masse de l'Arduino et du module comme référence de tension car une alimentation séparée a été utilisée. Cette configuration permet d'établir une communication bidirectionnelle fiable entre le module et l'Arduino.

### II.6.1.5 Communication Module Bluetooth HC-05 et Smartphone

Pour appairer notre Smartphone avec les modules Bluetooth HC-05, on doit régler les paramètres de notre téléphone et activer le Bluetooth. Une fois la recherche d'appareil est activée et l'adresse de l'appareil est affichée en plus du nom HC-05, nous connectons, ensuite nous devons entrer notre mot de passe.

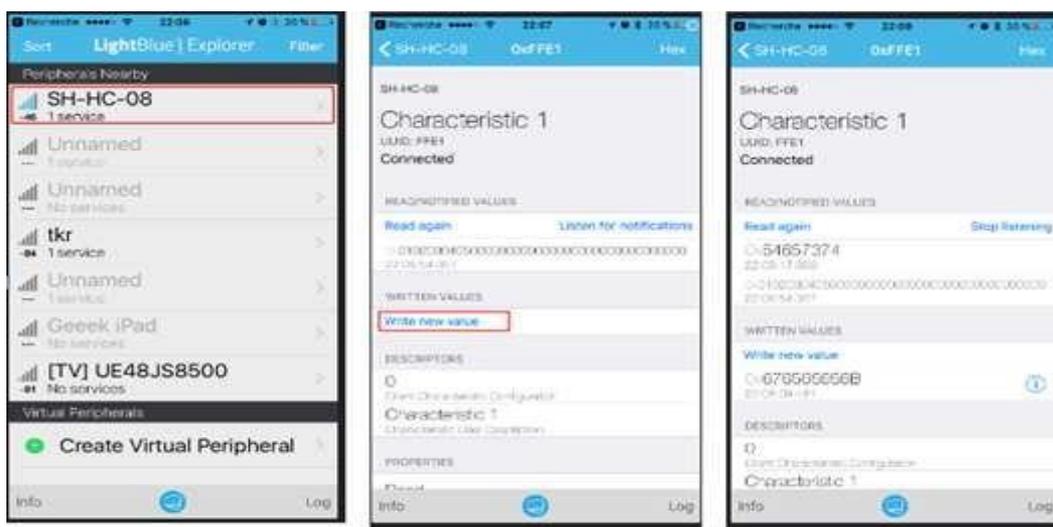


Figure II.21 : Connecter Bluetooth HC-05 Arduino et Android « Bluetooth 0.5 »

## II.7 Capteurs

Les capteurs utilisés dans notre projet sont :

- ✚ Le compteur Arduino DIY Geiger est un appareil qui peut être construit à l'aide d'une carte Arduino pour détecter les rayons nucléaires nocifs pour la santé (les rayons  $\alpha$ ,  $\beta$ , et  $\gamma$ ) en utilisant l'effet d'ionisation produit dans un tube Geiger M4011
- ✚ Le MLX90614 est un capteur de température infrarouge qui nous permet de nombreuses applications grâce à sa capacité à effectuer des mesures de température sans contact avec une grande précision. Il peut être utilisé dans divers domaines tels que la santé, et la mesure de la température corporelle.
- ✚ et un capteur Max30102 pour l'oxymétrie de pouls qui nous permet de :
  1. Mesurer de façon non invasive la saturation du sang en oxygène,
  2. Surveiller la fréquence cardiaque.

L'oxymètre de pouls est indiqué pour les personnes dont il faut surveiller le niveau d'oxygène, car elles ont une pathologie qui affecte l'oxygène (asthme, pneumonie, cancer du poumon, anémie, etc.) ou parce qu'elles ont subi une intervention chirurgicale.)

### II.7.1 Compteur Geiger

#### II.7.1.1 Description Compteur Geiger

Le compteur Geiger, également connu sous le nom de compteur Geiger-Mueller, est un capteur qui détecte différents types de rayonnements ionisants, tels que les particules alpha, bêta, et les rayons gamma.

Le compteur Geiger est largement utilisé dans des applications telles que la dosimétrie des rayonnements, la protection radiologique, et l'industrie nucléaire.

Un compteur Geiger se compose d'un tube Geiger-Müller (l'élément de détection qui détecte le rayonnement) et une partie électronique pour le traitement, et l'affichage du résultat [31].

#### II.7.1.2 Principe fonctionnement Compteur Geiger

Un compteur Geiger-Muller est un dispositif de détection de rayonnement à l'aide d'un cylindre métallique rempli de gaz non conducteur d'électricité (néon, argon hélium, krypton...) sous basse pression. Il fonctionne en appliquant une tension positive très élevée (400 v) à un fil métallique (l'anode) à l'intérieur du cylindre, tandis que la paroi du cylindre (la cathode) est mise à la terre (voir figure II.22) [32].

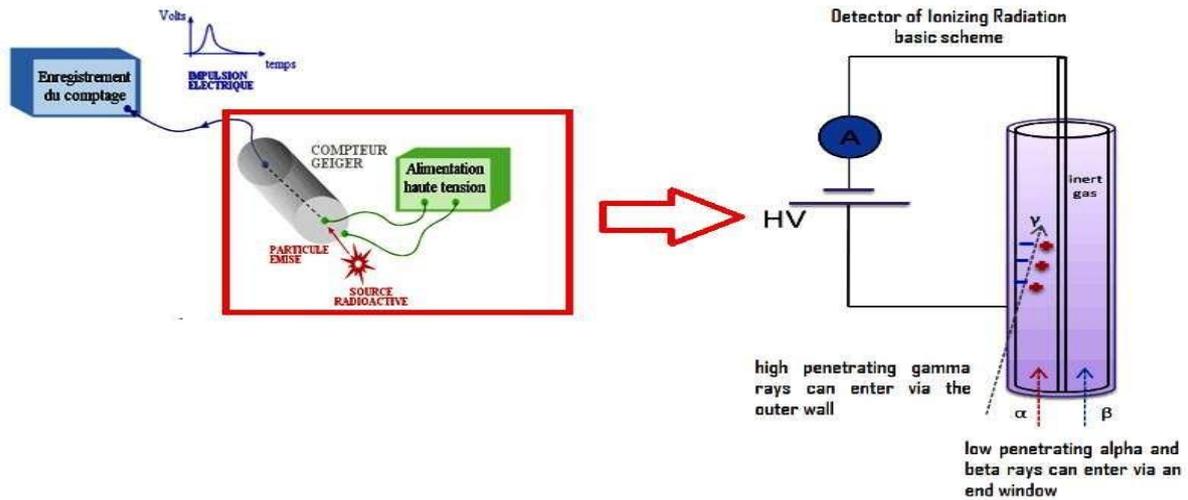


Figure II.22 : Principe fonctionnement Compteur Geiger [32].

Lorsqu'une particule ou un rayonnement traverse le tube, une interaction avec le gaz se produit, ce qui entraîne la formation d'ions positifs et négatifs. Les électrons collectés par les électrodes génèrent un courant qui peut être détecté par le tube. Le tube détecte ensuite ce courant et le transmet à l'aide de divers moyens, tels que des signaux sonores ou visuels (voir figure II.23).

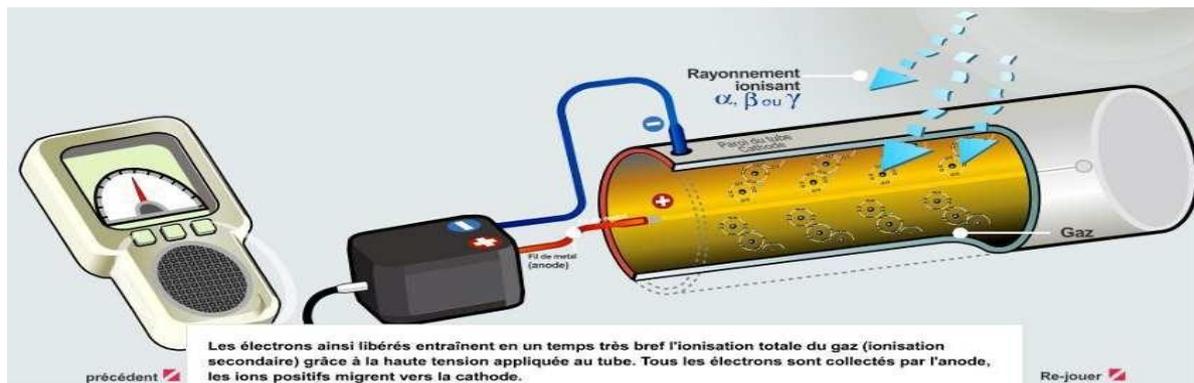


Figure II.23 : Mouvement des électrons dans le compteur Geiger-Muller [35].

Pendant le "temps mort", qui est nécessaire au tube pour revenir à son état initial, aucune autre particule ne peut être détectée. Ce temps mort définit la capacité maximale de détection et le taux de comptage maximal du tube. Après le temps mort, un "temps de recouvrement" s'ensuit, pendant lequel la sensibilité du tube diminue temporairement en raison du temps nécessaire à la capture des ions positifs par la cathode [33].

### II.7.1.3 Compteur Arduino DIY Geiger

Compteur Geiger DIY Un compteur Geiger personnalisé est fabriqué à l'aide d'une carte Arduino et d'un tube Geiger-Muller. Détecter les particules ionisées et transformées dans les signaux électriques, les mesures de rayonnement peuvent être affichées sur un écran.

DIY Arduino Geiger est moins cher que les autres compteurs et dispose d'une détection de rayonnement, principalement utilisée à des fins éducatives car ils ne sont généralement pas certifiés conformes aux normes officielles de sécurité radiologique [34].



Figure II.24 : Compteur Arduino DIY Geiger [34].

Le circuit électrique d'un compteur Geiger basé sur la carte Arduino (voir Figure II.25). Il est conçu pour détecter les particules ionisantes, telles que les rayonnements radioactifs  $\alpha$ ,  $\beta$ , et  $\gamma$ . Il est alimenté par une source fournissant une tension de 5 volts pour l'Arduino, et une tension plus élevée d'environ 400 volts pour le tube Geiger-Muller [35].

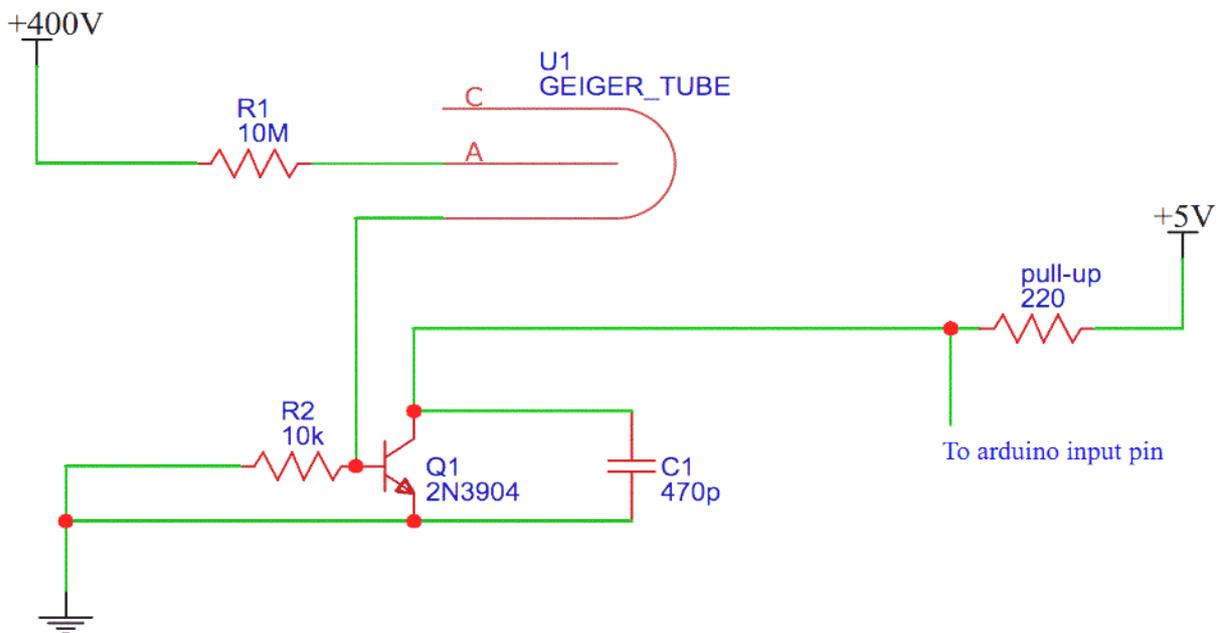


Figure II.25 : Circuit électrique d'un compteur Geiger basé sur la carte Arduino [35].

Le tube Geiger-Muller est le composant clé du circuit, qui détecte les particules ionisantes en générant un faible courant électrique. Pour amplifier ce courant, un transistor est utilisé, permettant ainsi une détection plus précise. L'Arduino est programmé pour compter les impulsions générées par le tube, ce qui permet de mesurer le niveau de rayonnement. De plus, le circuit comprend un condensateur qui joue un rôle important dans la stabilisation du courant et la réduction des "fausses impulsions" indésirables. En résumé, le circuit est composé de l'Arduino, du tube Geiger-Muller, d'un transistor, Deux alimentations, une de 5V et l'autre de 400 volts, et d'un condensateur [35].

II.7.1.4 Connexion Compteur Arduino DIY Geiger et Arduino Uno

Pour connecter un compteur Geiger DIY Arduino, Nous connectons le GND d'Arduino avec le GND du compteur Geiger, le 5V d'Arduino avec le 5V du compteur Geiger, et connecter le VIN du capteur Geiger avec D2 sur Arduino comme il est illustré sur la figure II.26 suivante :

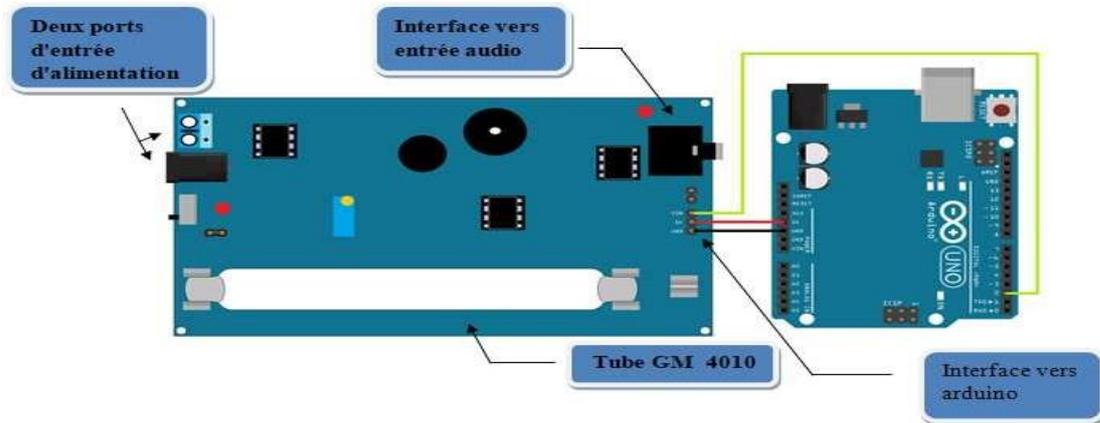


Figure II.26 : Connexion Compteur Arduino DIY Geiger et Arduino Uno [34]

II.7.2 Capteur MLX90614

II.7.2.1 Description

Le capteur de température infrarouge MLX90614 (voir la figure II.27) détecte la température moyenne des objets présents dans son champ de vision sans la nécessité d'un contact physique, avec une précision standard de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  autour de la température ambiante, le MLX90614 offre une performance fiable.

Il est possible de configurer la sortie numérique en mode PWM. Par défaut, une résolution de 10 bits est utilisée pour transmettre en continu la température mesurée dans une plage de  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $+120^{\circ}\text{C}$ , avec une résolution de sortie de  $0,14^{\circ}\text{C}$ . Ce capteur utilise la détection de la lumière infrarouge émise par les objets distants pour mesurer leur température, éliminant ainsi le besoin de contact physique, Il offre une plage de mesure plus large que la plupart des capteurs numériques, allant de  $-70^{\circ}\text{C}$  à  $+380^{\circ}\text{C}$ . Son champ de vision de  $90^{\circ}$  permet de capturer les températures de plusieurs objets simultanément [36].

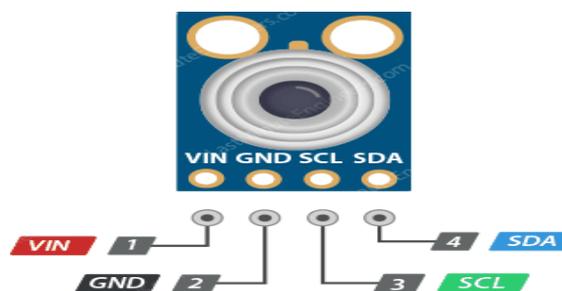


Figure II.27 : Capteur MLX90614 [36].

Le schéma fonctionnel interne du MLX90614 (voir Figure II.28) est composé d'une thermopile (MLX81101) et d'un processeur frontal analogique spécifique à l'application (ASAP) (MLX90302) [37].

Le processeur frontal analogique spécifique à l'application (ASAP) (MLX90302) est responsable du traitement du signal électrique généré par la thermopile. Il est conçu pour prendre en charge les fonctionnalités spécifiques du MLX90614. Le processeur frontal analogique amplifie, filtre et convertit le signal de tension en une sortie numérique correspondant à la température de l'objet détecté. Il peut également effectuer des compensations pour des erreurs connues telles que la température ambiante [37]

Une thermopile est un appareil électronique qui convertit l'énergie thermique en une énergie électrique. Il est composé de plusieurs thermocouples connectés généralement en série. Un tel dispositif fonctionne sur le principe de l'effet thermoélectrique, c'est-à-dire ; il génère une tension lorsque ses métaux dissemblables (thermocouples) sont exposés à une différence de température (entre le milieu intérieur -le patient- et le milieu extérieur – l'environnement) [37].

La thermopile convertit le rayonnement infrarouge en un signal électrique, tandis que l'ASAP effectue l'amplification du signal, le filtrage et la compensation de température<sup>3</sup> [37].

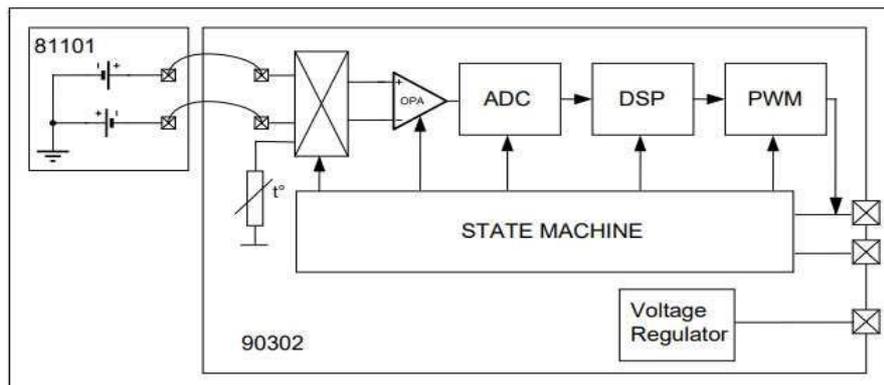


Figure II.28 : Schéma fonctionnel interne du MLX90614 [26].

Le MLX90614 comprend également une EEPROM pour le stockage des données d'étalonnage. Il utilise une interface numérique telle qu'I2C ou SMBus pour la communication avec des périphériques externes. Ces composants combinés permettent au MLX90614 de mesurer précisément la température et de fournir des données de température fiables [37].

Le module MLX90614 fait ressortir les connexions suivantes :

**VCC** : est la broche d'alimentation, doit être connecté à la sortie 3.3V ou 5V de l'Arduino.

**GND** : est la terre.

**SCL** : est la broche d'horloge I2C, doit être connecté à la ligne d'horloge I2C de l'Arduino.

<sup>3</sup> La compensation de température ajuster les mesures d'un capteur en tenant compte des variations de température ambiante, assurant ainsi des résultats précis et fiables.

**SDA** : est la broche de données I2C, doit être connecté à la ligne de données I2C de l'Arduino.

### II.7.2.2 Caractéristiques Capteur MLX90614

Le capteur MLX90614 présente des caractéristiques intéressantes pour la mesure de température. Le courant d'alimentation nécessaire est de 1,5 mA. La tension de fonctionnement recommandée se situe entre 3,6 V et 5 V. Il possède un champ de vision de 80°, offrant une couverture étendue. Sa précision de mesure est de 0,14°C, assurant des résultats fiables. De plus, la distance optimale entre l'objet et le capteur se situe généralement entre 2 cm et 5 cm, permettant des mesures précises et cohérentes [38].

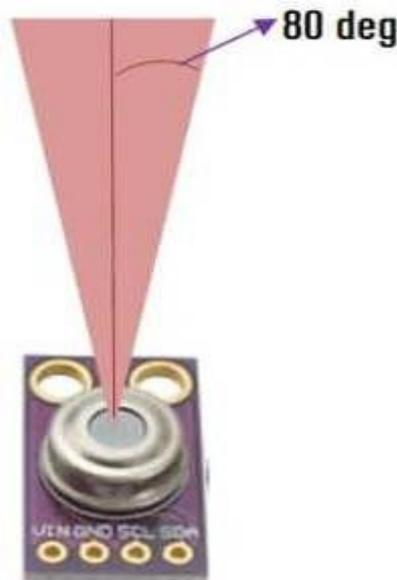


Figure II.29 : Champ de vision du capteur MLX90614 [38].

### II.7.2.3 Principe de fonctionnement de capteur MLX90614

Le capteur MLX90614 peut mesurer la température d'un objet avec n'importe quel contact physique. Ceci est souvent rendu possible grâce à une loi appelée loi de Stefan-Boltzmann<sup>4</sup>, qui stipule que chacun des objets et des êtres vivants émet de l'énergie IR et donc l'intensité de cette énergie IR émise va être directement proportionnelle à la température de cet objet ou être vivant. Par conséquent, le capteur MLX90614 calcule la température d'un objet en mesurant la quantité d'énergie IR émise par celui-ci [39], [40].

### II.7.2.4 Connexion MLX90614 et microcontrôleur Arduino Uno

La figure suivante montre le schéma de connexion entre le capteur de température MLX90614 et l'Arduino.

<sup>4</sup> La loi de Stefan-Boltzmann énonce que la puissance rayonnée (P) est directement proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue (T) selon l'équation  $P = \sigma * T^4$ , où  $\sigma$  est la constante de Stefan-Boltzmann.

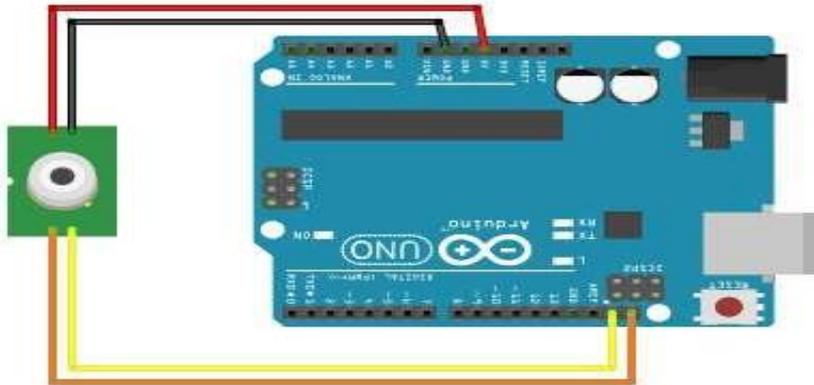


Figure II.30 : Connexion MLX90614 et microcontrôleur Arduino Uno.

Nous Connectons la broche d'alimentation (Vin) du capteur de température à la broche 5V de l'Arduino, et la broche GND du MLX90614 à la broche GND de l'Arduino UNO.

Les broches SDA et SCL du capteur infrarouge connectés aux broches A4 et A5 de l'Arduino UNO respectivement pour transférer les données en série [41].

### II.7.3 Capteur MAX30102

Le capteur MAX30102 est un module biosensor intégré, utilisé pour surveiller la fréquence cardiaque et l'oxymétrie de pouls. Il offre des fonctionnalités avancées pour des mesures précises et est largement utilisé dans les trackers de santé et les applications médicales. Il s'agit d'une solution système complète pour faciliter la conception d'appareils mobiles et portables [42].

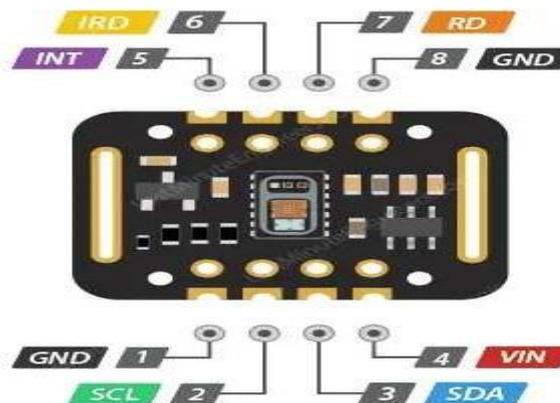


Figure II .31 : Capteur MAX30102 [43].

Le MAX30102 (voir figure II.32 ci-dessous) intègre deux diodes électroluminescentes LEDs qui émettent une lumière rouge monochromatique à 660 nm et une lumière infrarouge à 940 nm. Ces longueurs d'onde sont choisies pour leurs propriétés d'absorption distinctes par

l'hémoglobine oxygénée et désoxygénée. En effet L'hémoglobine désoxygénée a un coefficient d'atténuation inférieur à l'oxyhémoglobine dans le rouge (660 nm), et vice-versa dans l'infrarouge 940 nm, (voir la figure II.33 ci-dessous).

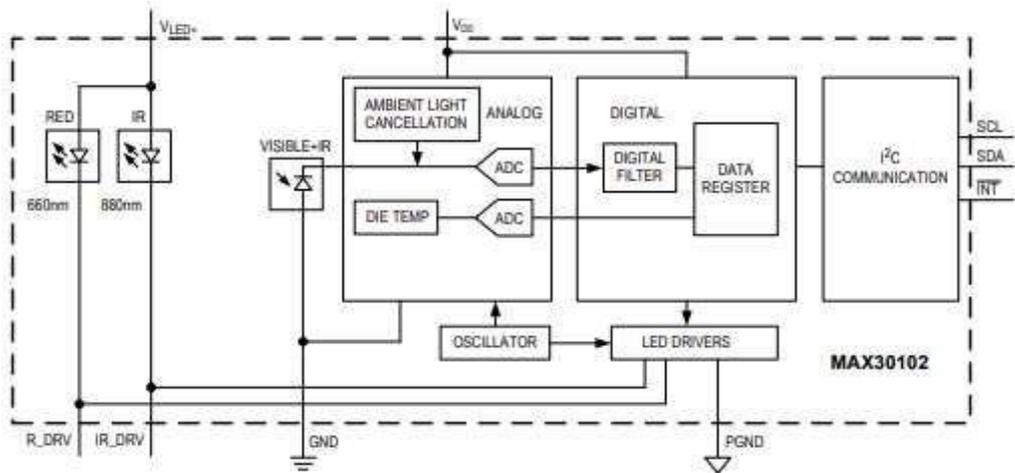


Figure II.32 :schéma block du circuit intégré Max30102 [45].

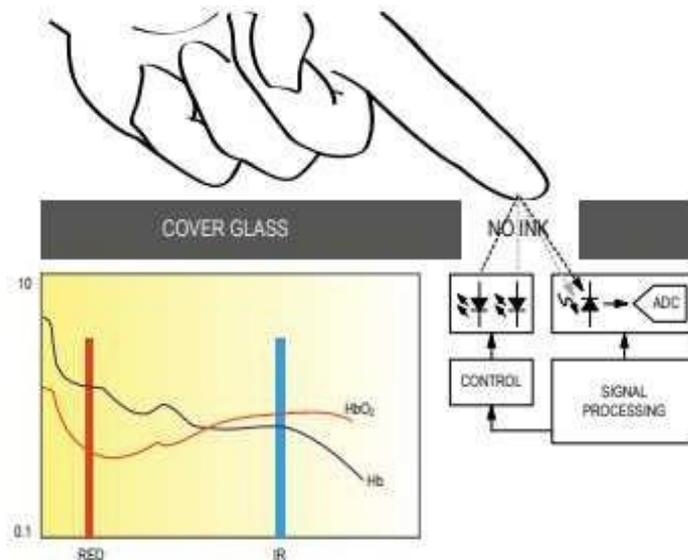


Figure II.33 : Principe fonctionnement Capteur MAX30102 [43]

Le MAX30102 intègre aussi une photodiode pour détecter la lumière rouge R et infrarouge IR transmises à travers l'index ou le lobe de l'oreille (dans notre cas on va utiliser l'index) (voir figure II.33 ci-dessus). À chaque battement cardiaque, les vaisseaux sanguins se gonflent de sang, puis se dégonflent ; ce qui modifie le chemin optique et par la suite même l'intensité de la lumière détectée par la photodiode va être changée. Le signal obtenu est appelé signal photopléthysmogramme PPG, (voir la figure II.35 ci-dessous).

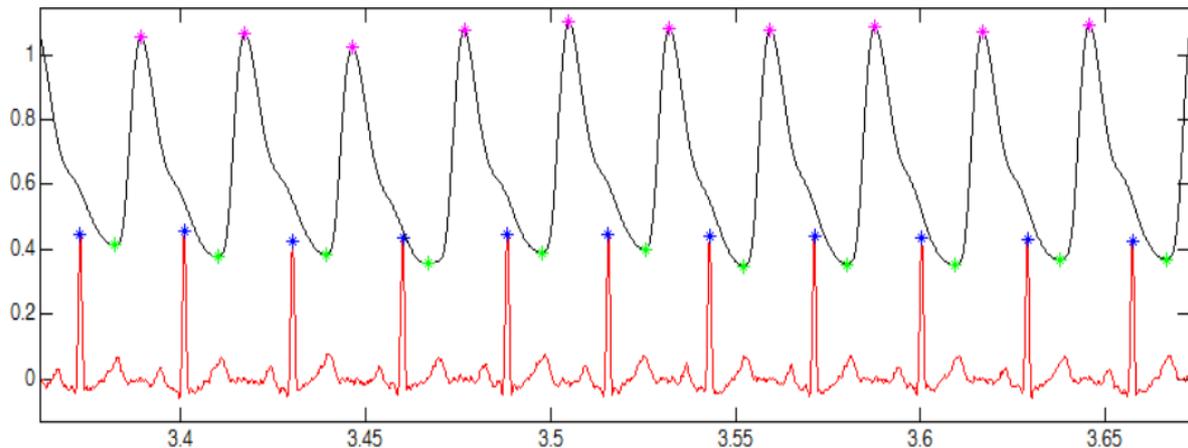


Figure II.34 : Signal photopléthysmogramme (PPG) avec la couleur noire, et le signal électrocardiogramme (ECG) avec la couleur rouge. La distance entre deux étoiles successives de même couleur représente un battement cardiaque (rythme cardiaque).

La photodiode convertit la lumière en signaux électriques, qui sont ensuite amplifiés et filtrés. L'interface I2C permet la communication bidirectionnelle avec d'autres composants pour la transmission des données et la configuration [33,34]. Les données de sortie du détecteur sont ensuite traitées et lues par un microcontrôleur [45].

En résumé, le MAX30102 utilise une photodiode pour détecter la lumière réfléchie, amplifie et filtre les signaux électriques, et communique avec d'autres composants via l'interface I2C. Les LED émettent une lumière rouge et infrarouge aux longueurs d'onde spécifiques, permettant de mesurer la différence d'absorption entre l'hémoglobine oxygénée et désoxygénée. Le capteur se compose d'une diode émettrice et d'un photorécepteur, fournissant ainsi des données précieuses pour l'analyse de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène du sang [43].

Le MAX30102 fonctionne à partir d'alimentations 3.3 V et 5.5V et peut être mis hors tension via un logiciel avec un courant de veille négligeable, permettant à l'alimentation de rester connecté à tout moment [43].

La configuration des broches du module MAX30102 est représentée dans le tableau II.4 ci-dessous. Il s'agit d'un module de capteur à 7 broches avec un protocole de communication I2C activé pour interagir avec le microcontrôleur.

| Type Pin   | Fonction  |
|------------|---|
| <b>VIN</b> | c'est la broche d'alimentation. Elle doit être connectée à la sortie 3.3V ou 5V de l'Arduino  |
| <b>SCL</b> | est la broche d'horloge I2C, doit être connecté avec la ligne d'horloge Arduino I2C.  |
| <b>SDA</b> | est la broche de données I2C, doit être connecté avec la ligne de données I2C d'Arduino.  |
| <b>INT</b> | Le MAX30102 peut être programmé pour générer une interruption pour chaque impulsion. Cette ligne est à drain ouvert, elle est donc tirée HAUTE par la résistance intégrée. Lorsqu'une interruption se produit, la broche INT passe au niveau BAS et reste au niveau BAS jusqu'à ce que l'interruption soit effacée. |
| <b>IRD</b> | Le MAX30102 intègre un pilote LED pour piloter des impulsions LED pour les mesures SpO <sub>2</sub> <sup>5</sup> et HR <sup>6</sup> .   |
| <b>RD</b>  | La broche est similaire à la broche IRD, mais est utilisée pour piloter la LED rouge.   |
| <b>GND</b> | broche de terre   |

Tableau II. 5: Configuration du Capteur MAX30100 [45]

### II.7.3.1 Caractéristiques Capteur MAX30102

Les caractéristiques et les spécifications du capteur de pouls d'oxygène de fréquence cardiaque MAX30102.

- Source de courant 3.3V à 5.5V
- Tirage actuel ~600 $\mu$ A (pendant les mesures) ~,0,7  $\mu$ A (en mode veille)
- Longueur d'onde LED rouge 660nm
- Longueur d'onde LED IR 880nm
- Écart de température -40°C à +85°C
- Précision de la température  $\pm 1^\circ$ . [34]

### II.7.3.2 Connexion MAX30102 et microcontrôleur Arduino Uno

La connexion du MAX30102 avec le microcontrôleur d'Arduino est illustrée dans la figure II.36 ci-dessous. L'oxymètre de pouls utilise un protocole de communication I2C pour communiquer avec le microcontrôleur.

<sup>5</sup> SpO<sub>2</sub> : C'est la saturation de l'hémoglobine en oxygène par oxymétrie de pouls

<sup>6</sup> Pulse HR vous permet de suivre votre fréquence cardiaque

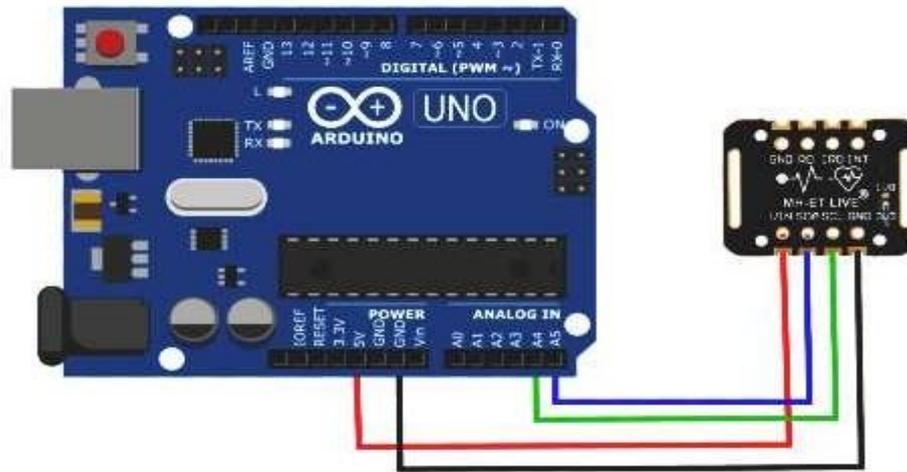


Figure II.35 :MAX30102 au microcontrôleur Arduino

Vin est connecté au port 5V d'Arduino puisque la tension de fonctionnement du module est de 3.3V – 5.5 V. La borne de masse de l'oxymétrie est connectée à la masse de l'Arduino. Dans le cadre du protocole de communication, deux broches SCL et SDA sont respectivement connectées aux broches A5 et A4 de l'Arduino. La broche INT du module est également connectée à la broche numérique 2 du microcontrôleur pour vérifier si le battement de cœur est capturé correctement.

## II.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail la méthode que nous avons proposée pour réaliser un robot aide-soignant. Nous avons décrit les différentes parties constitutives de ce robot, à savoir l'alimentation, les capteurs, les drivers d'actionneurs, la communication autonome, ainsi que les différents composants utilisés dans chaque partie de ce projet de fin d'études.

Nous avons aussi expliqué en détail les différents biocapteurs utilisés pour la détection et la mesure des différents paramètres médicaux, à savoir le rythme cardiaque, le taux d'oxygénation en oxygène, et la température.

Nous avons aussi présenté le capteur des rayons nucléaires nocifs pour la santé, en expliquant son importance dans le domaine médical, et son principe de fonctionnement.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter la réalisation de notre robot ainsi que les résultats obtenus.

# Conception et réalisation d'un robot aide soignant

## III.1 Introduction

Après avoir effectué une étude théorique approfondie de tous les équipements qui seront utilisés dans notre projet, nous passons maintenant à la phase de mise en pratique. Cette étape représente un ensemble de défis à relever. Il est donc primordial de passer à l'étape suivante : la mise en œuvre concrète de notre projet. Pour y parvenir, il est essentiel d'établir une méthodologie claire pour la réalisation tant sur le plan matériel que logiciel. Par la suite, nous procéderons aux tests et à leur interprétation afin d'assurer la qualité et le bon fonctionnement de notre projet.

## III.2 Conception d'un robot aide-soignant

La conception de notre projet se divise en deux grandes catégories distinctes : d'une part, l'aspect matériel (hardware), et d'autre part, l'aspect logiciel (software).

### *III.2.1 Partie Hardware*

Le matériel utilisé dans notre projet est :

- 2 Motor DC (Gearmotor)
- Trois roues (3 wheels)
- Un châssis pour robot aide-soignant
- Une carte Arduino UNO
- Un moteur driver L293N
- Un capteur Max30102
- Un capteur MLX90614
- Un module Bluetooth HC-05
- 3 Batterie Li-ion1856
- Un afficheur OLED 0.96 I2C
- Des fils (Jumpers)
- Une table
- 2 panneaux solaires
- Des diodes pour protection
- TP4056 module chargeur de batterie au lithium

### III.2.2 *Partie software*

Les logiciels utilisés dans notre projet sont : Fritzing, et l'application Android "Bluetooth robot control".

#### III.2.2.1 Fritzing

Fritzing est un logiciel de conception électronique en open-source, il est tellement facile à utiliser que de nombreuses personnes l'utilisent pour dessiner des schémas. Cette facilité d'utilisation ne signifie pas que Fritzing est uniquement utile pour des projets d'exemple simples. Il est tout à fait possible de concevoir des projets assez complexes avec Fritzing, sans compromis sur la conception. Les principaux avantages de Fritzing par rapport à d'autres outils de CAO sont les suivants :

- Il est gratuit à utiliser.
- Il est simple et intuitif.
- Fritzing inclut de nombreuses bibliothèques de composants provenant de fournisseurs populaires tels que Adafruit, Sparkfun et Snootlabs.
- Il convient aux projets Arduino, Raspberry Pi, Beaglebone et SparkCore.

Fritzing est un service intégré de production de circuits imprimés (PCB). Il est également possible d'exporter les fichiers et d'utiliser un autre service [46]

#### III.2.2.2 *Application Android "Bluetooth robot control"*

C'est une application pour laquelle nous avons conçu et développé un système de contrôle du mouvement du robot pour se déplacer vers la droite, la gauche, avancer et reculer à l'aide d'un Smartphone via Bluetooth, nous l'avons nommée "**Bluetooth robot control**".

##### III.2.2.2.1 *Interface d'application*

Le logiciel a été conçu à l'aide de la plateforme MIT App Inventor, qui facilite la conception et le développement d'applications de manière simple et ludique. Après s'être inscrit sur la plateforme, nous avons utilisé les outils disponibles dans la barre latérale pour créer l'interface utilisateur de l'application, comprenant la conception des boutons pour contrôler les différentes directions du robot, ainsi qu'un bouton d'arrêt pour immobiliser le robot. L'interface était donc conçue de la manière suivante:

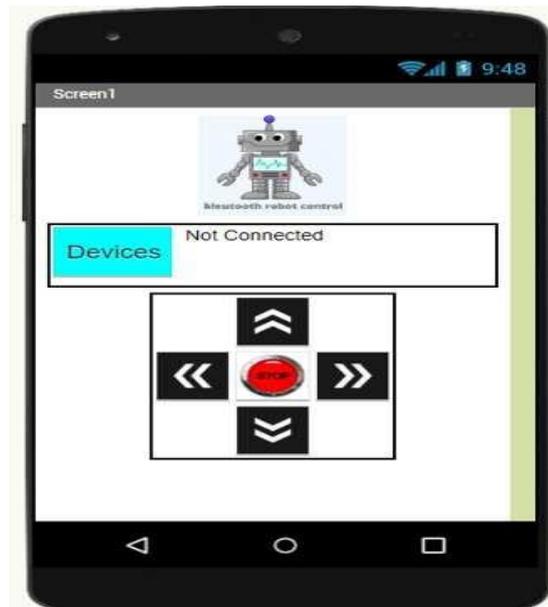


Figure III.1 : Interface d'application.

### III.2.2.2.1 Description du système

Après avoir conçu l'interface de l'application, nous avons procédé à l'élaboration d'un algorithme qui regroupe les étapes de contrôle du robot via le Smartphone. Initialement, une recherche des périphériques disponibles est effectuée en cliquant sur la case "devices". Une fois la connexion établie avec le capteur Bluetooth HC-05, l'indication "Not Connected" est remplacée par "Connected". Après avoir vérifié la connexion Bluetooth, il est possible de contrôler le robot en cliquant sur l'un des boutons qui ont été ajoutés dans l'algorithme pour déterminer sa direction de déplacement : avant, arrière, droite, gauche ou arrêt.

Cette application est en accord avec le code que nous avons inséré dans l'Arduino, ce qui nous a facilité la précision et la fiabilité du contrôle du robot et de ses directions.

Voici un petit exemple sur le fonctionnement de notre application :

```

do set ListPicker1.Elements to BluetoothClient1.AddressesAndNames

when ListPicker1.AfterPicking
do if call BluetoothClient1.Connect
address ListPicker1.Selection
then if BluetoothClient1.IsConnected
then set Label1.Text to "Connected"
else set Label1.Text to "Not Connected"

when F_button.Click
do call BluetoothClient1.SendText
text "F"

when B_button.Click
do call BluetoothClient1.SendText
text "B"

when L_button.Click

when R_button.Click

```

### III.2.2.3 Fonctionnement de robot mobile

Notre robot se compose d'une partie essentielle, qui est un robot mobile. Sa fonction principale est de se déplacer librement dans les quatre directions de la chambre grâce à une commande à distance via une application smartphone. Cela facilite la prestation de soins de santé au patient en permettant au robot de se déplacer jusqu'à lui.

Pour réaliser ces déplacements, nous avons utilisé quatre modes de fonctionnement des moteurs, selon une logique spécifiée. Ces modes comprennent Avancer, Reculer, Gauche et Droite. En combinant ces modes, nous obtenons les mouvements suivants :

Mode Avancer/Reculer : Les deux moteurs tournent dans le sens des aiguilles d'une montre pour faire avancer le robot. En inversant la logique de commande, les moteurs tourneront en sens contraire, ce qui fera reculer le robot.

Mode Gauche/Droite : Les moteurs sont alimentés mais ne fonctionnent que d'un seul côté, en fonction de l'orientation souhaitée. Par exemple, si nous voulons que le robot tourne à gauche, seul le moteur du côté droit fonctionnera, tandis que le moteur du côté gauche restera immobile.

En utilisant ces modes de fonctionnement, notre robot mobile est capable de se déplacer avec précision et de répondre aux commandes de l'application smartphone. Cela permet une meilleure interaction entre le robot et le patient, facilitant ainsi la fourniture de soins de santé personnalisés et efficaces.

Voici la connexion d'application Bluetooth robot control avec le capteur de Bluetooth

HC-05 (voir Figure III.2)

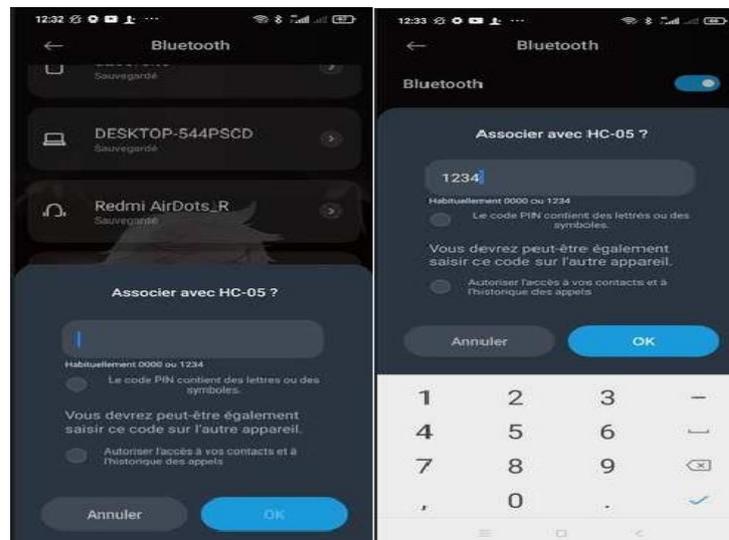


Figure II.2 : Connexion d'application Bluetooth robot control avec le capteur de Bluetooth HC-05

#### III.2.2.4 Simulation de partie médicale du robot aide-soignant

Dans le développement du robot aide-soignant, une attention particulière est accordée à la partie médicale, qui vise à fournir des fonctionnalités de surveillance et d'assistance médicale. Cette partie comprend deux capteurs médicaux essentiels : le capteur MAX30102 et le capteur MLX90614. Les données collectées par les capteurs MAX30102 et MLX90614 sont ensuite affichées sur un écran OLED. Cet affichage permet une visualisation claire et instantanée des informations médicales importantes, facilitant ainsi le suivi et l'interprétation des données pour les professionnels de la santé. La simulation de la partie médicale du robot aide-soignant, avec l'intégration des capteurs MAX30102 et MLX90614, ainsi que l'affichage des données sur l'écran OLED, nous offre l'opportunité d'évaluer la fiabilité et l'efficacité de

## Chapitre III : Conception et réalisation d'un robot aide soignant

ces fonctionnalités médicales essentielles. Cela nous permet également d'optimiser le système global du robot aide-soignant en tenant compte des résultats de la simulation, afin d'offrir une assistance médicale précise et de qualité.

(La figure III.3) illustre la simulation de cette partie médicale réalisée avec le logiciel Fritzing.

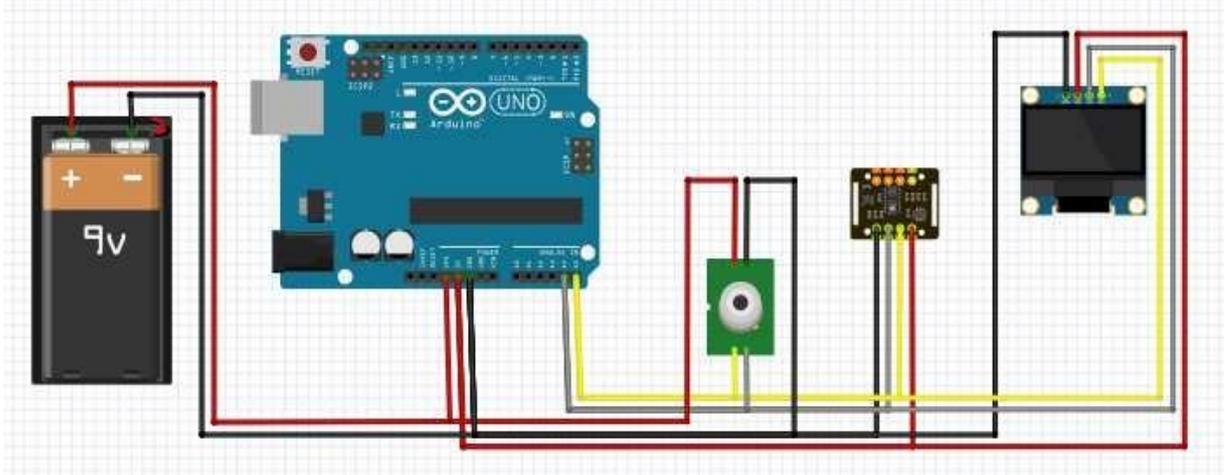


Figure III.3 : Simulation de partie médicale du robot aide-soignant

### III.2.2.5 Simulation de robot aide-soignant

Le block diagram de notre robot déjà schématisé dans la figure II.1 (voir chapitre II) a été réalisé et contrôlé par Bluetooth en utilisant l'Arduino UNO et un moteur driver L298N. De plus, des mesures du BPM et de la SpO2 ont été effectuées à l'aide du capteur MAX30102, ainsi que de la température avec le capteur MLX90614. L'alimentation de ce robot est assurée par des piles rechargeables grâce à des panneaux solaires. Enfin, les valeurs mesurées sont affichées sur un écran OLED.

Configuration matérielle :

- Connexion en série des batteries rechargeables avec des panneaux solaires, le tout étant relié par un chargeur tp4056.
- Connexion de la sortie du circuit des panneaux solaires aux piles rechargeables, lesquelles sont connectées aux bornes VCC et GND du moteur driver pour piloter les moteurs.
- Connexion de microcontrôleur avec les capteurs et moteur driver et les deux moteurs DC.
- Le moteur driver L298N a été connecté aux broches appropriées de l'Arduino UNO, ainsi que les deux moteurs avec le moteur driver.
- Le module Bluetooth a été connecté au port approprié de l'Arduino UNO.
- Le capteur MAX30102 a été connecté au port I2C de l'Arduino UNO.
- Le capteur MLX90614 a été connecté au port approprié de l'Arduino UNO.
- L'afficheur OLED a été connecté au port approprié de l'Arduino UNO.

Voici la Figure III.4 qui a été simulée à l'aide du logiciel Fritzing et qui présente notre projet ainsi que la connexion de tous les éléments :

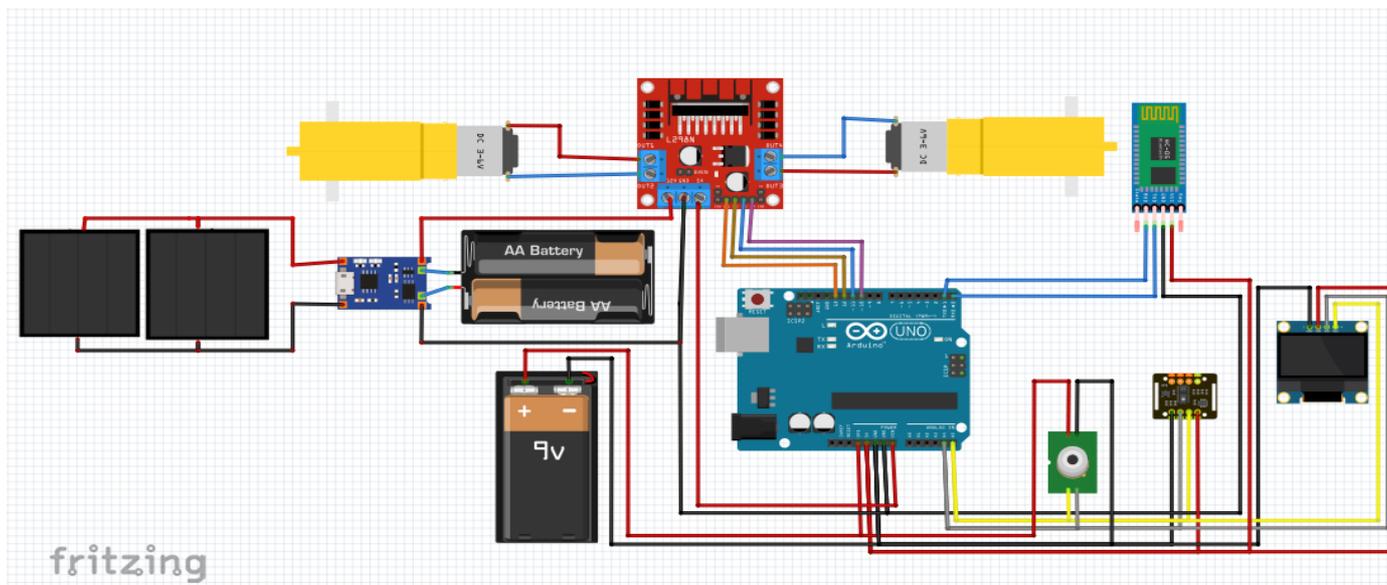


Figure III.4 : Schéma de câblage des différents composants utilisés pour la réalisation d'un robot aide-soignant avec alimentation solaire.

### III.3 Réalisation d'un robot aide-soignant

#### III.3.1 Réalisation de la plateforme électronique de robot aide-soignant

Dans la partie réelle de la plateforme électronique du robot aide-soignant, nous avons connecté les deux moteurs en opposition avec le moteur driver. De plus, les bornes VCC et GND du moteur driver ont été connectées à la sortie du circuit électronique qui comprend deux panneaux solaires reliés à deux chargeurs TP4056, lesquels sont connectés à deux piles rechargeables. De même, les bornes GND, 5V, IN1, IN2, IN3 et IN4 sont toutes connectées à l'Arduino Uno. Enfin, nous avons connecté le capteur de Bluetooth HC-05 pour contrôler le robot à l'aide d'un smartphone. Pour cela, nous avons relié la broche RX de l'Arduino à la broche TX du capteur HC-05, et la broche TX de l'Arduino à la broche RX du HC-05. De plus, nous avons connecté la broche VCC du capteur avec le 5V, et la broche GND avec le GND, voir la figure III.5 ci-dessous.

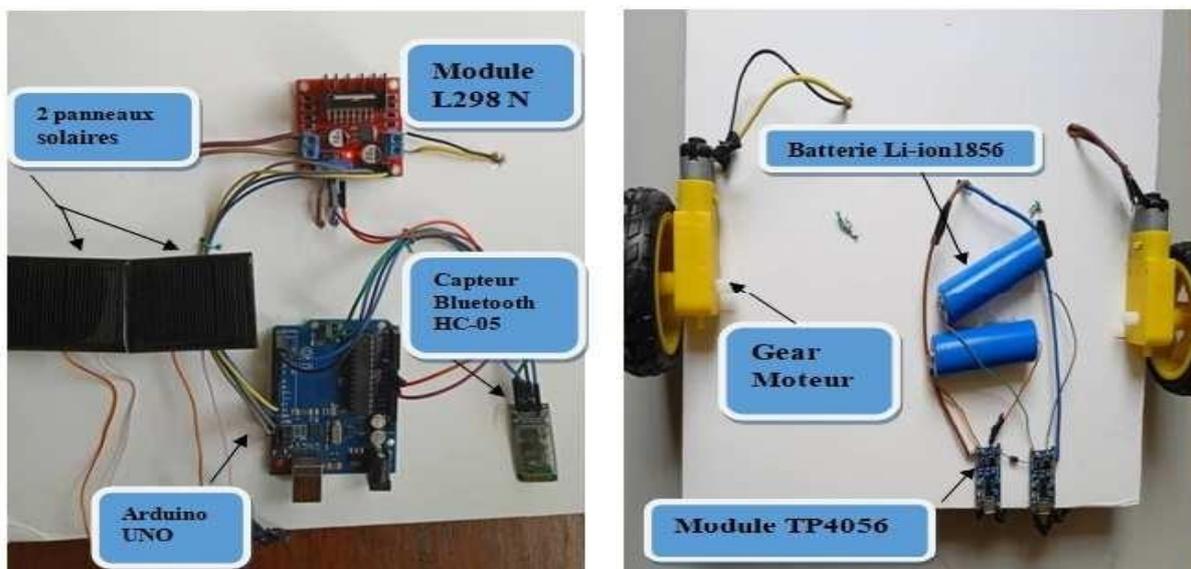


Figure III.5 : Réalisation de la plateforme électronique de robot aide-soignant

Partie mobile avec alimentation solaire

### III.3.2 Réalisation de partie médicale du robot aide-soignant

La partie réelle pour la réalisation de la partie médicale du robot aide-soignant sur une plaque d'essai nécessite la connexion de deux capteurs, le MLX90614 et le MAX30102, ainsi que l'OLED. Pour assurer une communication correcte entre les composants, les broches SDA des capteurs et de l'OLED doivent être reliées à la broche A4 de l'Arduino, tandis que les broches SCL doivent être reliées à la broche A5 de l'Arduino (voir la figure III.6).

En ce qui concerne l'alimentation, les broches VCC et GND de l'OLED et du capteur MAX30102 doivent être connectées respectivement aux broches 5V et GND de l'Arduino (voir la figure III.8). Le capteur MLX90614, quant à lui, doit être alimenté en reliant sa broche VCC à la broche 3.3V de l'Arduino et sa broche GND à la broche GND de l'Arduino (voir la figure III.6).

Cette configuration permet d'établir une connexion appropriée entre les capteurs et l'OLED, et assure une alimentation correcte de chaque composant. Ainsi, lors de l'exécution de la partie médicale du robot aide-soignant, les capteurs pourront collecter les données nécessaires et les afficher sur l'écran OLED de manière précise et fiable.

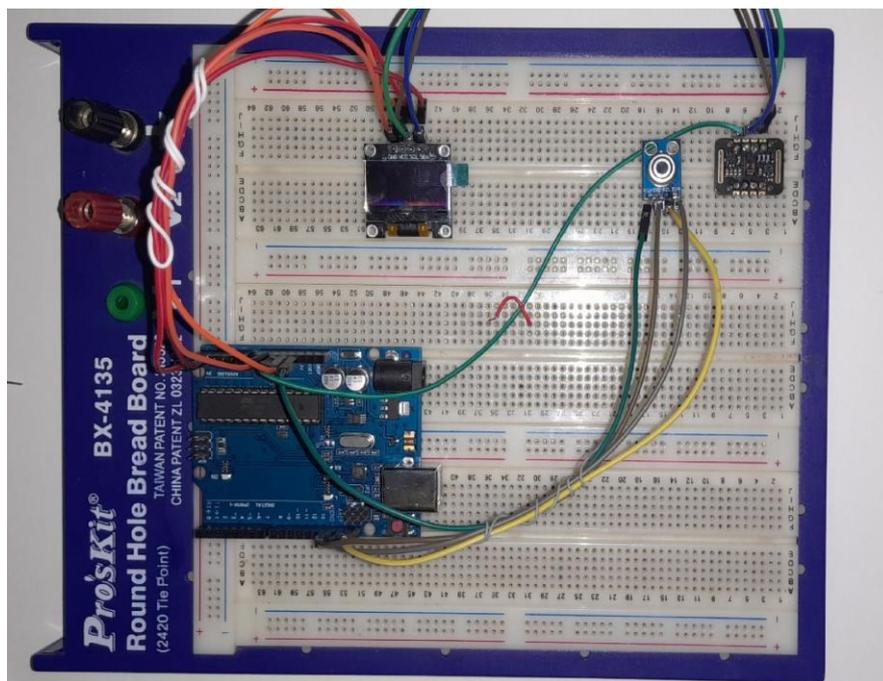


Figure III.6 : Réalisation de partie médicale du robot aide-soignant

### III.3.3 Réalisation final de robot aide-soignant

Dans cette phase, nous avons correctement connecté tous les éléments afin d'obtenir un robot capable d'effectuer les tâches suivantes :

Le robot est équipé de deux moteurs à courant continu qui ont été connectés à un moteur driver fonctionnant avec l'énergie solaire, puis à un microcontrôleur. Ils sont contrôlés

### **Chapitre III : Conception et réalisation d'un robot aide soignant**

---

via une interface Bluetooth qui fonctionne avec le code intégré dans le microcontrôleur, permettant ainsi de déterminer les directions et les mouvements du robot.

Le robot est également équipé d'une table, permettant le transport de médicaments aux malades. Cela protège les infirmiers contre toute infection potentielle et leur apporte une assistance supplémentaire, (voir Figure III.7).

Comme il est illustré sur la figure III.7, au sommet du robot (la tête), nous avons intégré un capteur MAX30102 pour mesurer les battements cardiaques et le taux d'oxygène dans le sang des patients en plaçant leurs doigts sur le capteur. Les résultats sont affichés sur un écran OLED (voir Figure III.7). Tout cela est contrôlé par un code préalablement programmé dans le microcontrôleur ATmega328. Le robot nous permet aussi de mesurer la température corporelle à l'aide du capteur de température MLX90614 (voir Figure III.7), qui est connecté aussi au microcontrôleur ATmega328 et à l'écran OLED. Cependant le capteur Geiger n'a pas été utilisé, car on n'a pas pu l'acheter à cause de son manque sur le marché algérien.

La figure III.7 illustre une image du robot réalisé.



Figure III.7 : Robot aide-soignant réalisé -résultat final-.

La figure III.8 ci-dessous montre l'affichage des résultats obtenus : mesure du rythme cardiaque, le taux d'oxygénation, et la température en degré C° et en fahrenheit.

La relation entre degré °C et Fahrenheit selon la formule suivant :  $(0\text{ °C} \times 9/5) + 32 = 32\text{ °F}$

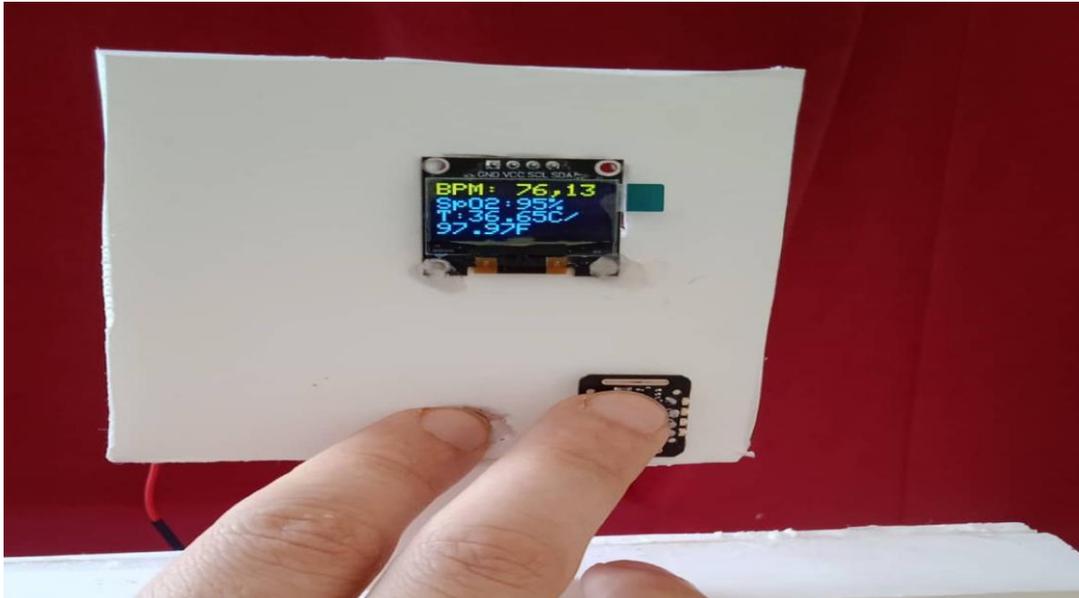


Figure II.8 : Affichage des résultats obtenus : Le rythme cardiaque (BPM), le taux d'oxygénation (SpO2), et la température en degré C° et en fahrenheit (F).

### III.4 Résultats et discussion

#### III.4.1 Résultats de mesure de température

Dans le but de mesurer la température corporelle, on a connecté le capteur de température MLX90614 à une carte Arduino et à un écran OLED, comme il été mentionné précédemment. On a ciblé certaines zones du corps qui sont généralement plus représentatives de la température de base, telles que le front et le poignet, qui donnent des résultats plus précis que le doigt.

On a effectué des tests de ce capteur sur deux personnes : une personne normale ne présentant aucun symptôme ni fièvre (voir figure III.9), et une autre atteinte de fièvre saisonnière (voir figure III.10).

##### III.4.1.1 Pour une personne saine

Comme il est communément admis, la température corporelle d'un individu en bonne santé se situe généralement dans la plage de 36°C à 37°C. Dans le cadre de notre étude utilisant le capteur de température MLX90614, nous avons pu confirmer cette plage de température. En dirigeant le poignet d'un individu sain vers le capteur (voir la figure III.9). Le

capteur émet un rayonnement infrarouge à partir d'une source interne et mesure le rayonnement infrarouge réfléchi ou émis par le poignet.

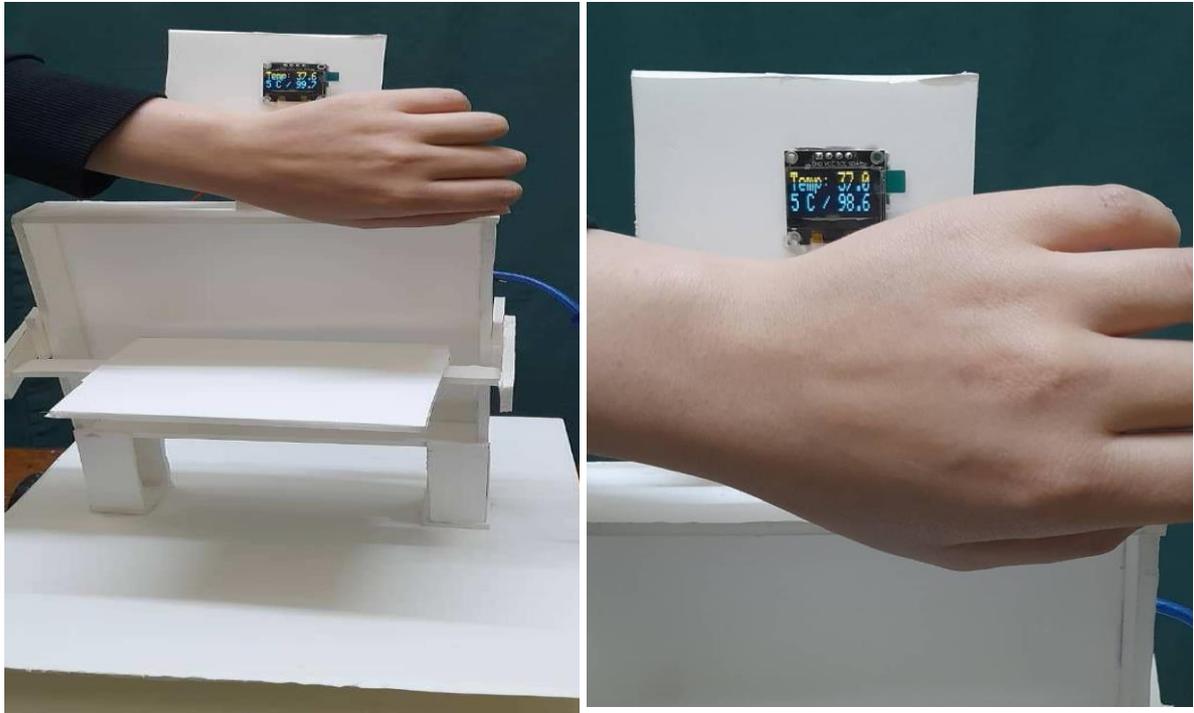


Figure III.9 : Mesure de la température d'une personne saine

#### III.4.1.2 Pour une personne malade

Le capteur de température MLX90614 a été soumis à un test sur un individu malade présentant une fièvre résultant d'un changement météorologique soudain qui l'a contraint à rester alité (voir figure III.10). Lors de l'expérience avec le capteur, une augmentation alarmante de la température corporelle a été observée, incitant ainsi la personne à consulter un médecin en raison de la détérioration de son état de santé.

De manière générale, la plage de température associée à une personne malade, infectée ou souffrant de fièvre saisonnière, varie de 38,5°C à 40,5°C. Cette fourchette est souvent liée à des conditions médicales nécessitant une attention médicale. Il convient de noter que ces résultats sont spécifiques à l'individu testé et ne peuvent être généralisés à tous les cas de la maladie.

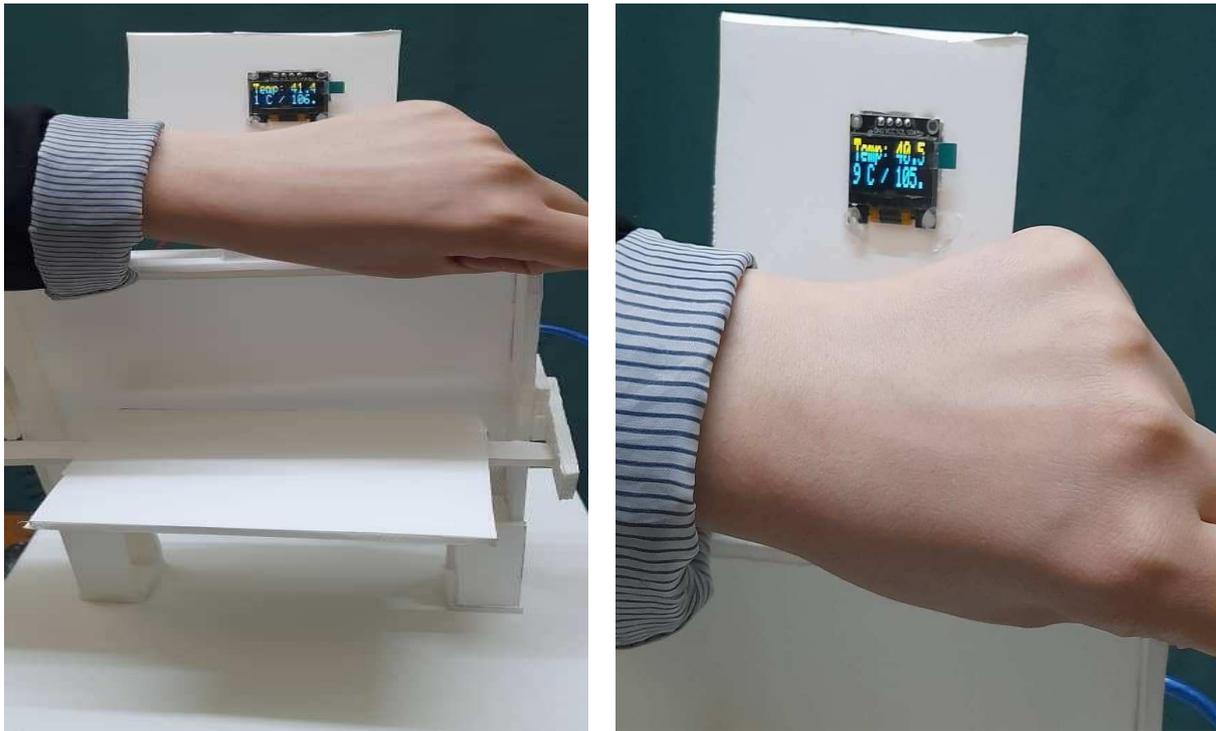


Figure III.10 : Température d'une personne atteinte de fièvre saisonnière.

#### III.4.2 Résultats de mesures des battements cardiaques HR et le taux d'oxygénation SPO2

Pour mesurer les battements cardiaques (notés BMP ou bien HR) et la saturation en oxygène, nous avons utilisé le capteur MAX30102. Ce capteur se base sur des diodes émettrices de lumière infrarouge et rouge pour quantifier la réflexion de la lumière par le sang circulant dans les vaisseaux sanguins. Il a été connecté à une carte ArduinoUno ainsi qu'à un écran OLED, et le doigt a été placé sur le capteur. Cette procédure a été effectuée à la fois sur une personne ordinaire et sur un athlète afin de voir la différence entre eux.

Le capteur MAX30102 nous donne des mesures des battements cardiaques et de la saturation en oxygène avec une grande précision. Ces données facilitent ainsi la surveillance de la santé cardiorespiratoire. Cette méthode non invasive de mesure des battements cardiaques et de la saturation en oxygène est largement utilisée dans le domaine médical pour le suivi des patients, ainsi que dans le domaine sportif pour évaluer la performance et l'effort physique. Elle offre des informations en temps réel, permettant de détecter d'éventuelles anomalies et de fournir une évaluation précise de la santé cardiorespiratoire.

##### III.4.2.1 Pour une personne athlétique

Lors de la mesure des battements cardiaques et de la saturation en oxygène chez une personne normale et un athlète, on a observé une stabilité des battements cardiaques chez l'athlète, avec une fréquence généralement plus basse (voir figure III.11). Cela est souvent le résultat de l'adaptation continue du cœur et des vaisseaux sanguins à l'entraînement de l'athlète, conduisant à une amélioration de l'efficacité cardiaque. Dans certains cas, la fréquence cardiaque de l'athlète peut même descendre en dessous de 60 battements par

minute, témoignant d'une saturation élevée en oxygène dans le sang, atteignant jusqu'à 99% (voir figure III.11).

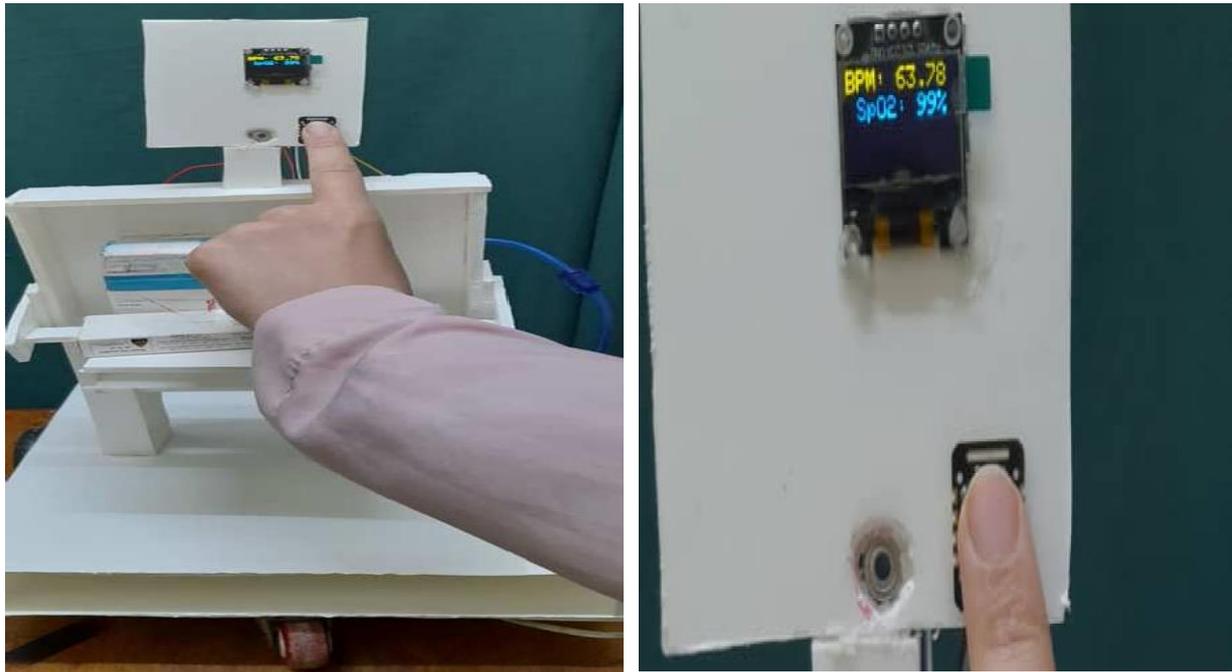


Figure III.11 : Battements cardiaques et le taux de la saturation en oxygène chez un athlète

#### III.4.2.2 Pour une personne normale

En ce qui concerne la personne normale, on observe généralement des battements cardiaques plus élevés et instables, par rapport aux athlètes (voir figure III.12); par conséquent, une saturation en oxygène plus faible dans le sang (voir figure III.12).

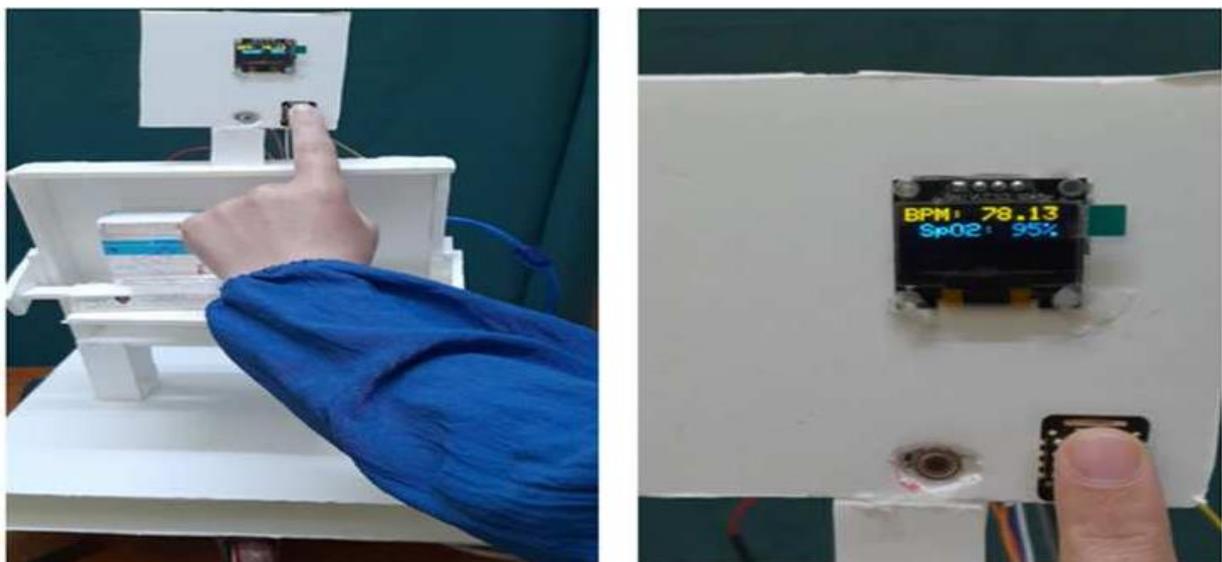


Figure III.12 : Battements cardiaques et taux de la saturation en oxygène chez une personne normale

## Chapitre III : Conception et réalisation d'un robot aide soignant

Il est important de noter que les différences observées entre les personnes normales et les athlètes sont générales et qu'il peut y avoir une variation individuelle considérable. D'autre part, ces résultats montrent la précision de mesure du capteur utilisé.

### III.5 Organigramme de code global

L'organigramme de code global est donné par la Figure III.13

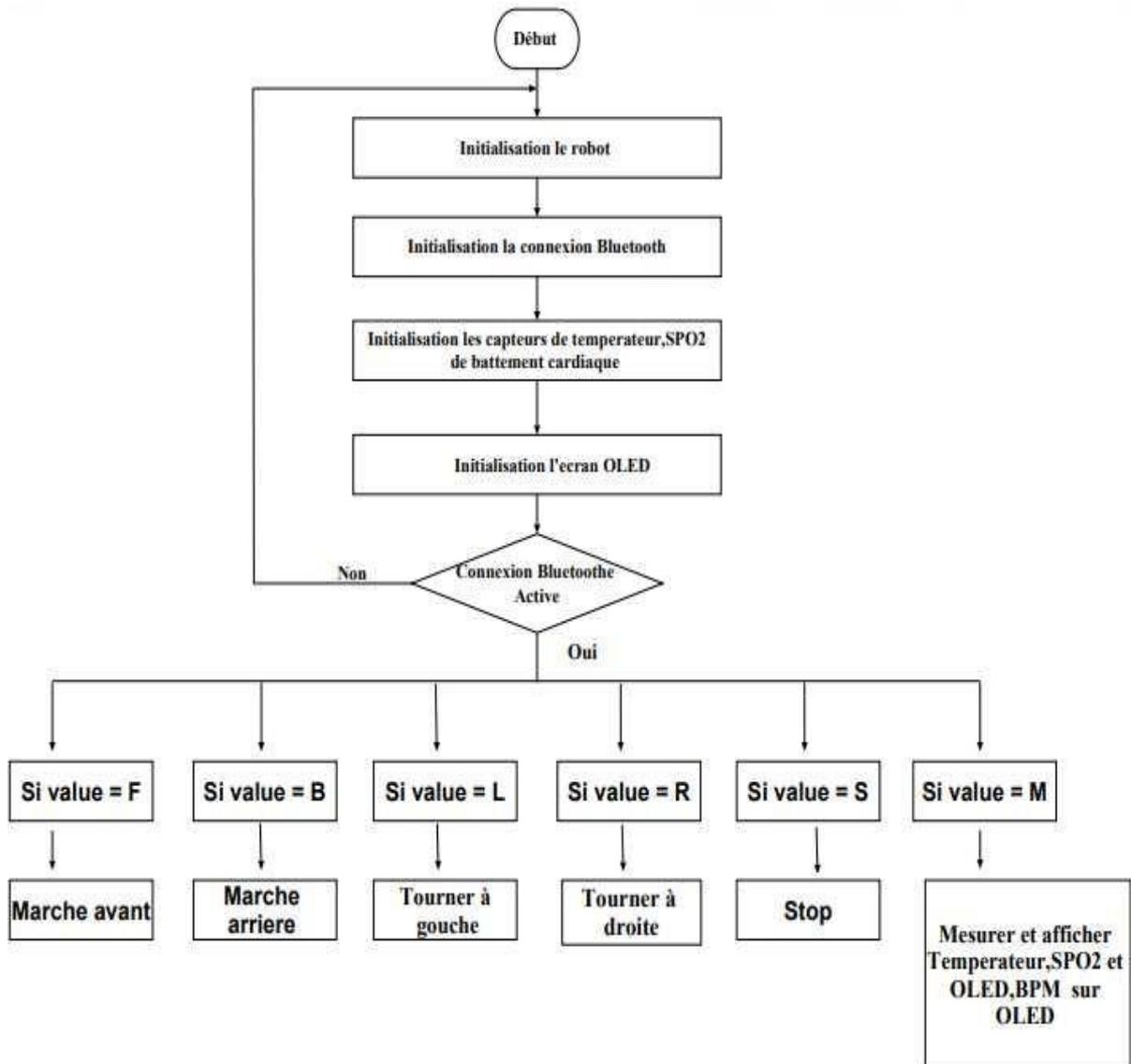


Figure III.13 : Organigramme du robot aide-soignant

**III.6 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la réalisation et les résultats obtenus des tâches destinés à notre robot aide-soignant, tel la mesure du rythme cardiaque HR, le taux de saturation en oxygène SPO<sub>2</sub>, la température, et le transport des médicaments et des instruments exploités aux soins. Ces mesures sont essentielles pour évaluer la santé d'une personne, qu'il s'agisse d'une personne en bonne santé ou d'un malade.

Cependant on n'a pas pu ajouter le capteur Giguer qui nous permet de détecter les rayons nocifs pour la santé, en particulier les rayons nucléaires  $\gamma$  utilisés dans la médecine nucléaire ; vue de sa rareté dans le marché algérien. Nous avons décrit en détail le câblage des différents composants utilisés et le schéma général pour la réalisation de ce prototype.

# Conclusion général

La robotique médicale est un domaine essentiel, où les robots sont spécialement conçus pour assister les professionnels de la santé. Par exemple, les germes, tels que les virus et les bactéries, provoquent des infections. Les gens souffrent d'un grand nombre d'infections, dont la plupart sont contagieuses, comme le rhume et le virus covid'19.

À l'hôpital, des mesures préventives doivent être prises pour réduire la transmission de l'infection d'une personne à l'autre. De plus, l'Autorité suprême de la santé favorise l'arrivée des nouvelles technologies et recommande de réduire le nombre d'employés pour entretenir leur santé. Le robot fait partie des solutions proposées.

Dans notre PFE nous avons réalisé un prototype d'un robot aide-soignant, capable de transporter des médicaments, de mesurer la température, les battements cardiaques et la quantité d'oxygène dans le sang.

Notre robot est de type COBOT, il est autonome, contrôlé à distance via la technologie Bluetooth en utilisant l'application Android.

Ce mémoire est reparti en trois chapitres, une introduction générale, un état de l'art, une conclusion générale, et une annexe.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les différents types des robots, en mettant l'accent sur leur classification, leurs domaines d'utilisation, et leur structure générale.

Dans le deuxième chapitre, nous avons décrit en détail la structure du robot aide-soignant que nous avons réalisé. Nous avons identifié les différents blocs qui le composent, tels que l'alimentation solaire, le microcontrôleur, la communication autonome, les actionneurs, le driver, les capteurs, et le système d'affichage. Nous avons accordé également une attention particulière à trois composants spécifiques utilisés : le capteur de température MLX90614, le capteur Max 30102 pour la mesure de la fréquence cardiaque et le taux de la saturation en oxygène, et le compteur Geiger pour la détection des rayonnements ionisants. En fournissant des informations précises sur chaque composant, son principe de fonctionnement, et en décrivant leurs interconnexions, nous avons pu concevoir un robot aide-soignant performant pour notre projet de fin d'étude.

Enfin, dans le dernier chapitre, nous avons présenté les résultats obtenus après la réalisation de notre le robot aide-soignant, qui intègre une table qui porte les médicaments et le matériel des soins des fermiers, et qui incorpore aussi des fonctionnalités médicales telles que la mesure de la température, le rythme cardiaques et la saturation en oxygène dans le sang. Cependant, on n'a pas pu ajouter le capteur Geiger qui nous permet de détecter les

rayons nucléaires nocifs pour la santé, utilisés surtout dans le service de la médecine nucléaire, en raison de sa rareté sur le marché algérien.

Nous avons terminé notre mémoire de PFE par une conclusion générale, des perspectives, et une annexe qui contient des datasheet des composants utilisés.

Nous sommes fiers des résultats obtenus jusqu'à présent en espérant à poursuivre nos efforts de recherche et de développement pour créer un robot aide-soignant avancé qui améliorera la qualité des soins médicaux et soutiendra les professionnels de la santé dans leur travail quotidien.

## Perspectives

En ce qui concerne les développements futurs, notre objectif est de réaliser un vrai robot aide-soignant avec des grandes dimensions, en ajoutant une fonctionnalité de numérisation des médicaments. Nous prévoyons également d'explorer les possibilités offertes par une connectivité Wi-Fi, afin d'étendre la portée de contrôle du robot. Ces améliorations visent à renforcer les capacités du robot, facilitant ainsi un suivi en temps réel de l'état de santé des patients, et nous n'oublions pas non plus d'essayer de fournir un capteur Geiger pour détecter les radiations dangereuses et l'ajouter au projet.

Nous sommes déterminés à poursuivre nos efforts de recherche et développement afin de créer un robot aide-soignant avancé qui contribuera à l'amélioration de la qualité des soins médicaux et apportera un soutien précieux aux professionnels de la santé dans leur travail quotidien.

---

## Références

- [1] : Louni L. Étude d'un engin marin nettoyeur, Thèse doctoral, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2019
- [2]: Ackerman E, Autonomous robots are helping kill coronavirus in hospitals, IEEE spectrum, issue of IEEE, 11 Mars 2023.
- [3] : Coutance P, Un projecteur infrarouge miniature dote les robots de la vision Stéréoscopique, VIPress.net, l'électronique au quotidien, 2021, Disponible sur site : <https://vipress.net/un-projecteur-infrarouge-miniature-dote-les-robots-de-la-vision-stereoscopique/>, 06/06/2023.
- [4]: <https://www.roboticbeast.com/scara/> , 06/06/2023.
- [5]: <https://www.codian-robotics.com/fr/robot-delta/>, 06/06/2023.
- [6]: Evan Ackerman, Figure promise first general purpose humanoid robot, IEEE Spectrum, issue of IEEE, 2 Mars 2023.
- [7]: Evan Ackerman, Sanctuary's humanoid robot is for general-purpose autonomy, IEEE Spectrum, issue of IEEE, 16 May 2023.
- [8]: <https://www.universal-robots.com/fr/blog/quest-ce-que-le-cobot-ou-robot-collaboratif/>, 06/06/2023.
- [9]: Williamson R, MIT SoFi: A study in fabrication, target Tracking, and Control of soft robotic fish, Thèse doctorat, Massachusetts Institute of Technology, 2022.
- [10]: Hauser K, Shaw R, How medical robots will help treat patients in future outbreaks, IEEE Spectrum, issue of IEEE, 04 May 2020.
- [11]: Dimaio S, Hanuschik M, Kreaden U, Surgical robotics, Springer Boston MA, 2011.
- [12]: <https://www.energie douce.com/content/14-tout-savoir-sur-les-panneaux-solaires> , 18/04/2023
- [13]: <https://www.amazon.fr/Panneau-Dalimentation-Cellulaire-Silicium-Polycristallin/dp/B08SR36MF2>, 18/04/202
- [14]: [TP-4056 | Draw2Build \(ravindra-job.com\)](https://www.draw2build.com/tp4056/) , 20/05/2023
- [15]: <https://www.hwlibre.com/fr/tp4056/>, 18/04/2023

- [16] : [https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/745\\_les-grandeurs-analogiques/3430\\_les-entrees-analogiques-de-larduino/](https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/745_les-grandeurs-analogiques/3430_les-entrees-analogiques-de-larduino/) , 18/04/2023
- [17] : Djemai R, Bekhta H, Réalisation d'un testeur de capacité batterie lithium-ion 18650, Thèse de master, Université kasdi Merbah Ouargla, 2019.
- [18] : Achour Z, Ataoua I, Coopération des robots mobiles autonomes, Mémoire de master, Université Larbi Ben m'hidi Oum El-bouaghi, 2019.
- [19] : Bedadi M, Etude et réalisation d'un véhicule autonome, Mémoire de master, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2019.
- [20] : Hamoudi A, Berkani K, Conception et réalisation d'un robot mobile autonome, Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016.
- [21] : Nussey J, Denis D, Stéphane B, Arduino pour les Nuls, Edition poche, First interactive, 2015.
- [22] : Oumaya A, Hadjaj F A, Rouai R, Etude et réalisation d'un robot mobile multi taches destiné au domaine agricole, Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2021.
- [23] : Yin L, Wang F, Han S, Li Y, Sun H, Lu Q, Yang C, Application of drive circuit based on L298N in direct current motor speed control system, Advanced laser manufacturing technology, Vol. 10153, pp 1-7, 2016.
- [24] : Nabeel K A, Azeez M A, Build and interface internet mobile robot using raspberry pi and arduino, Innovative systems design and engineering , Vol.6, No.1, pp106-114, 2015.
- [25] : Khireddine M A, Drihem N, Contrôle d'un robot mobile, Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, 2015.
- [26] : Bounadja E, Modélisation des machines électriques, Polycopie de cours et exercices, Université Hassiba Benbouali de Chlef, 2018.
- [27] : Fiche technique du moteur à engrenages XYZ, Consulté le 20 mai 2023 de [<https://boutique.semageek.com/fr/1281-motoreducteur-a-courant-continu-tt-motor-200rpm-3-a-6vdc.html>],
- [28] : <https://arduino-france.site/bluetooth-hc-05/>, 18/04/2018
- [29] : Kessari A, Djafer K I, Etude et réalisation d'un robot mobile à trajectoire programmée avec éviteur d'obstacles, Mémoire de master, Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira, 2019.
- [30] : <https://www.aranacorp.com/fr/votre-arduino-communique-avec-le-module-hc-05/>, 18/05/2023.
- [31] : <https://www.radiation-dosimetry.org/fr/quest-ce-que-geiger-counter-detecteur-geiger-mueller-definition/> , 18/04/2023
- [32] : [http://res-nlp.univ-lemans.fr/NLP\\_C\\_M13\\_G03/co/grain3-2-0.html](http://res-nlp.univ-lemans.fr/NLP_C_M13_G03/co/grain3-2-0.html) , 18/04/2023

- [33] : <https://www.pascalchour.fr/ressources/cgm/cgm.html> ,4/6/2023
- [34] : Fichier technique du radiation detector DIY kit arduino compatiblever 3.00, (Consulté le 20 mai2023), Disponible sur : <https://forums.futurasciences.com/attachments/electronique/311941d1460879809-reproduction-buck-boost-haute-tension-arduino-compatible-diy-geiger-counter-module-3.00.pdf>
- [35] : <https://electronics.stackexchange.com/questions/388907/arduino-geiger-counter> ,4/6/2023
- [36] : Ouakaf K, Larbes W, Mouetsi S, Conception et réalisation d'un thermomètre infrarouge parlant sans contact avec distributeur de gel intelligent, Mémoire de master, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, 2021.
- [37] : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/mlx90614-ir-thermometer-hookup-guide/all> ,4/6/2023
- [38] : Fichier technique du capteur MLX90614, (Consulté le 20 mai 2023), Disponible sur : [https://joy-it.net/files/files/Produkte/SEN-IR-TEMP/SEN-IR-TEMP\\_Manual\\_2022-04-27.pdf](https://joy-it.net/files/files/Produkte/SEN-IR-TEMP/SEN-IR-TEMP_Manual_2022-04-27.pdf)
- [39] : Rahman N, Arnes Y V, At a-glance prototype m-thermobody with sensor MLX90614 and arduino, Polycopie de cours, Universitas Bandar Lampung, 2020.
- [40] : Liszulfah R, Haflan I, Nursabrina F, Nailufar A, Ghina E, Sofyan A S, Measuring room and object temperature using MLX90614 infrared temperature based on arduino, Time in physics, Vol.1, No.1, pp 37-41, 2023.
- [41] : Margarini R, Wahyu S S, Surtono A, Pauzi D G, Rancang bangun prototipe keamanan ruang laboratorium dengan pintu otomatis menggunakan sensor suhu MLX90614 berbasis arduino atmega 2560, Journal of energy material instrumentation technology, Vol.2, No.4, pp 116-124, 2021.
- [42] : Bento A C, An experimental survey with node MCU12e+ shield with tft nextion and MAX30102 sensor , 11th IEEE Annual information technology electronics and mobile communication conference IEEE, 2020.
- [43] : Adrian M A, Mochamad R W, Rini S K, Health monitoring system dengan indikator suhu tubuh d etak jantung dan saturasi oksigen berbasis internet of things (IoT) , Journal petik, Vol.7, No.2, pp 108-118, 2021.
- [44] : <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/how-max30102-pulse-oximeter-and-heart-rate-sensor-works-and-how-to-interface-with-arduino>, 4/6/2023
- [45] : Fichier technique du capteur Max30102, (Consulté le 20 mai 2023), Disponible sur : <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf>
- [46] : Sofiane, Mezioud, and Medani Hamza. Conception et réalisation d'un robot mobile à base de carte arduino. Diss. Université Mouloud Mammeri, 2017.

## Annexe

## Datasheet TP4056



南京拓微集成电路有限公司  
NanJing Top Power ASIC Corp.

## TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

### DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

### FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available **Radiator** in 8-Lead SOP Package, **the Radiator need** connect GND or impending

### PACKAGE/ORDER INFORMATION

|  |   |
|--|---|
|  | <p>SOP-8</p>  |
|  | <p><b>ORDER PART NUMBER</b><br/>TP4056-42-SOP8-PP</p> |
|  | <p><b>PART MARKING</b> TP4056</p>                     |

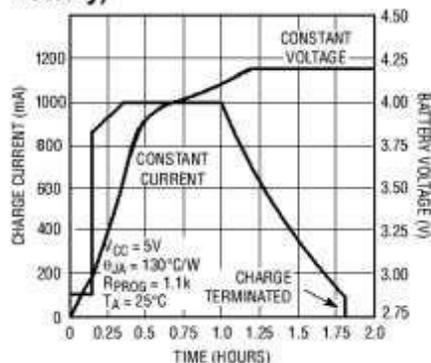
### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage( $V_{CC}$ ): -0.3V~8V
- TEMP: -0.3V~10V
- CE: -0.3V~10V
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp.(Soldering, 10sec): 260°C

### APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers,Chargers

### Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)



## Datasheet L298



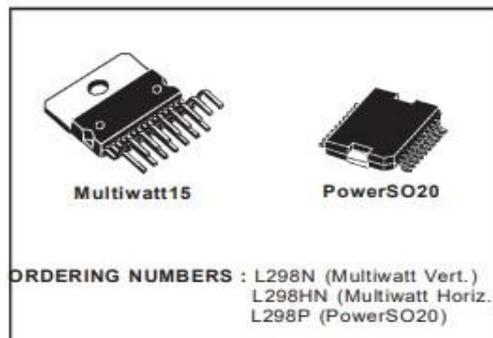
### L298

#### DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

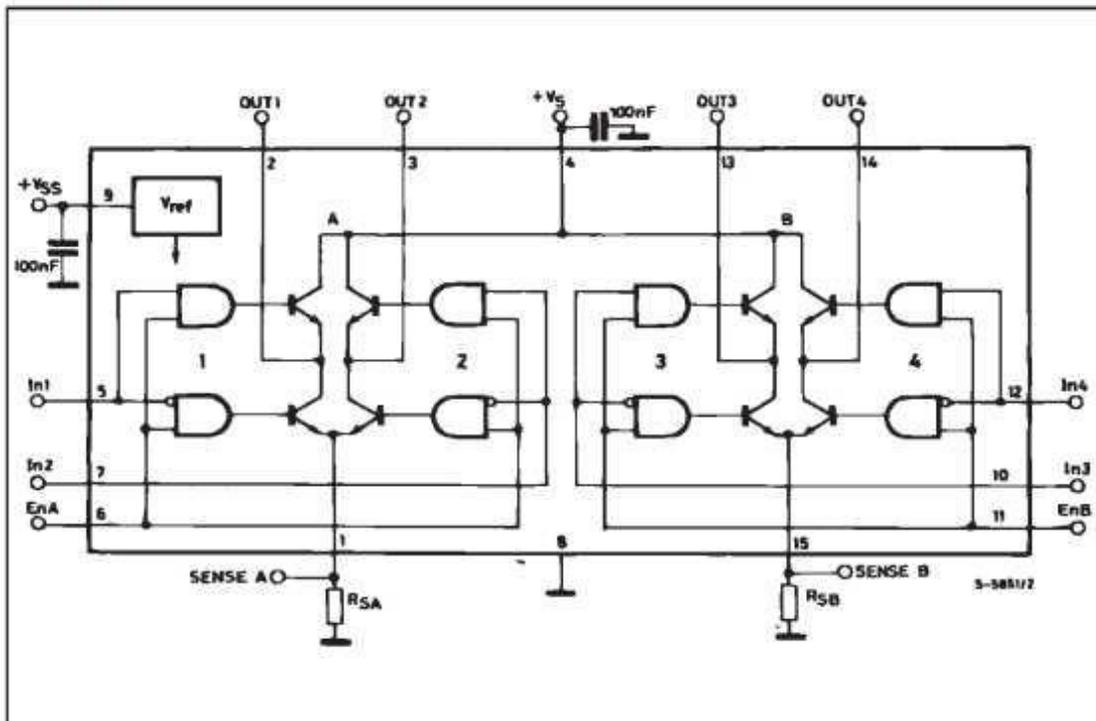
#### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

#### BLOCK DIAGRAM

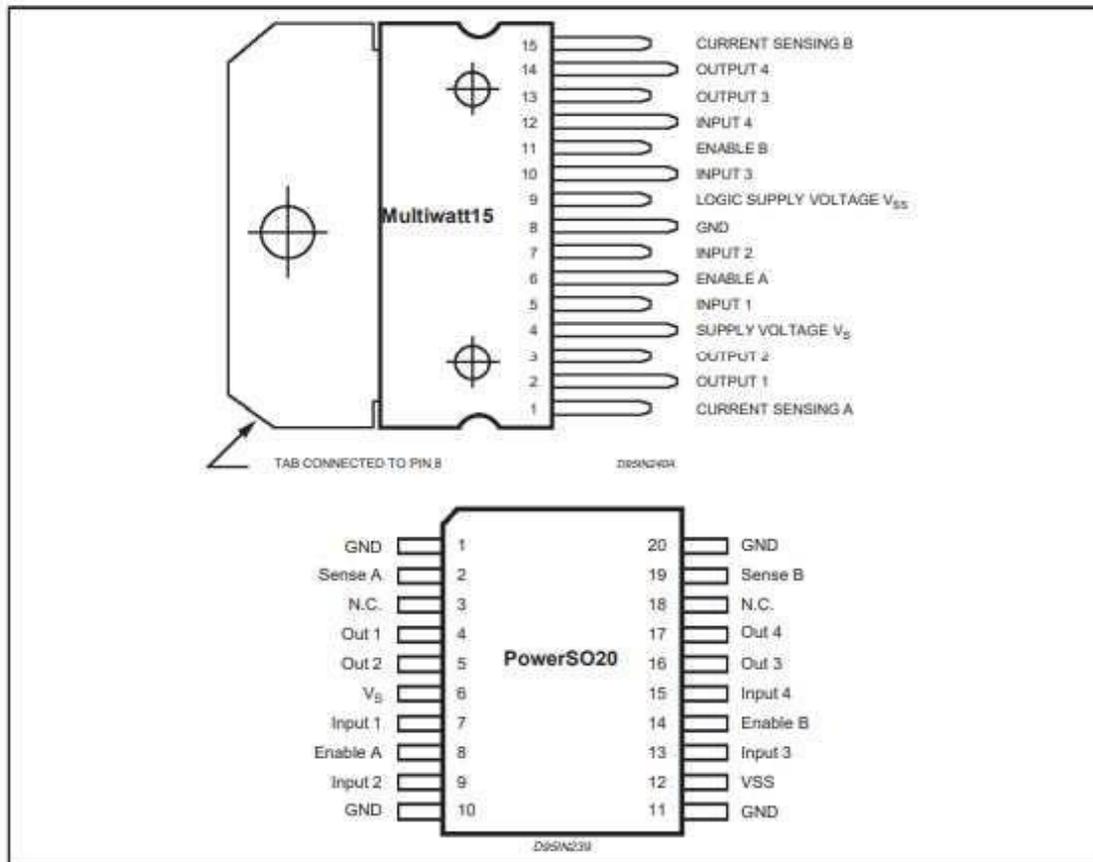


## L298

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol         | Parameter   | Value      | Unit       |
|----------------|---|------------|------------|
| $V_S$          | Power Supply  | 50         | V          |
| $V_{SS}$       | Logic Supply Voltage                                | 7          | V          |
| $V_i, V_{en}$  | Input and Enable Voltage                            | -0.3 to 7  | V          |
| $I_O$          | Peak Output Current (each Channel)                  |            |            |
|                | - Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )                 | 3          | A          |
|                | - Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )    | 2.5        | A          |
|                | -DC Operation                                       | 2          | A          |
| $V_{sens}$     | Sensing Voltage                                     | -1 to 2.3  | V          |
| $P_{tot}$      | Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ ) | 25         | W          |
| $T_{op}$       | Junction Operating Temperature                      | -25 to 130 | $^\circ C$ |
| $T_{stg}, T_J$ | Storage and Junction Temperature                    | -40 to 150 | $^\circ C$ |

## PIN CONNECTIONS (top view)



## THERMAL DATA

| Symbol           | Parameter                           |      | PowerSO20 | Multiwatt15 | Unit         |
|------------------|-------------------------------------|------|-----------|-------------|--------------|
| $R_{th(j-case)}$ | Thermal Resistance Junction-case    | Max. | -         | 3           | $^\circ C/W$ |
| $R_{th(j-amb)}$  | Thermal Resistance Junction-ambient | Max. | 13 (*)    | 35          | $^\circ C/W$ |

(\*) Mounted on aluminum substrate

## Datasheet HC-05

Tech Support: [info@iteadstudio.com](mailto:info@iteadstudio.com)

### HC-05

#### -Bluetooth to Serial Port Module

#### Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.

Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

## Specifications

### Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

| PIN Name | PIN #          | Pad type                | Description  | Note |
|----------|----------------|-------------------------|--|------|
| GND      | 13<br>21<br>22 | VSS                     | Ground pot   |      |
| 3.3 VCC  | 12             | 3.3V                    | Integrated 3.3V (+) supply with On-chip linear regulator output within 3.15-3.3V |      |
| AIO0     | 9              | Bi-Directional          | Programmable input/output line   |      |
| AIO1     | 10             | Bi-Directional          | Programmable input/output line   |      |
| PIO0     | 23             | Bi-Directional<br>RX EN | Programmable input/output line, control output for LNA(if fitted)                |      |
| PIO1     | 24             | Bi-Directional<br>TX EN | Programmable input/output line, control output for PA(if fitted)                 |      |

# Datasheet MAX30102

Click [here](#) for production status of specific part numbers.

## MAX30102

## High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health

### General Description

The MAX30102 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor module. It includes internal LEDs, photodetectors, optical elements, and low-noise electronics with ambient light rejection. The MAX30102 provides a complete system solution to ease the design-in process for mobile and wearable devices.

The MAX30102 operates on a single 1.8V power supply and a separate 3.3V power supply for the internal LEDs. Communication is through a standard I<sup>2</sup>C-compatible interface. The module can be shut down through software with zero standby current, allowing the power rails to remain powered at all times.

### Applications

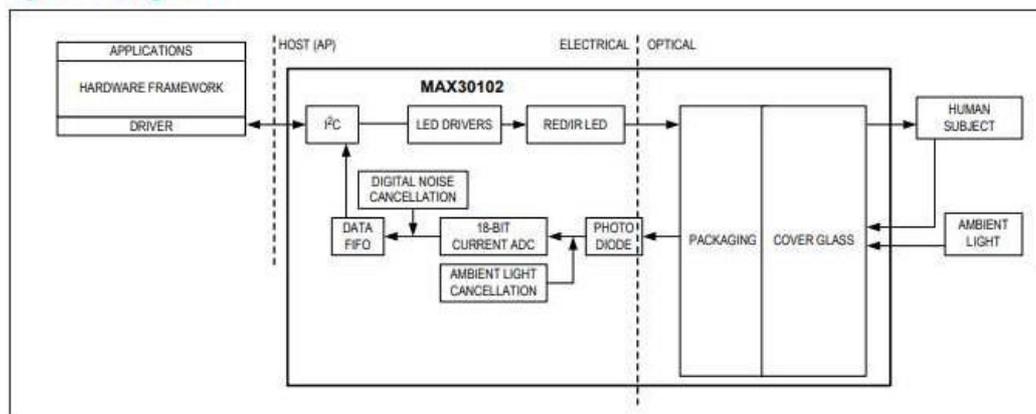
- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Smartphones
- Tablets

### Benefits and Features

- Heart-Rate Monitor and Pulse Oximeter Sensor in LED Reflective Solution
- Tiny 5.6mm x 3.3mm x 1.55mm 14-Pin Optical Module
  - Integrated Cover Glass for Optimal, Robust Performance
- Ultra-Low Power Operation for Mobile Devices
  - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
  - Low-Power Heart-Rate Monitor (< 1mW)
  - Ultra-Low Shutdown Current (0.7μA, typ)
- Fast Data Output Capability
  - High Sample Rates
- Robust Motion Artifact Resilience
  - High SNR
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range

*Ordering Information appears at end of data sheet.*

### System Diagram

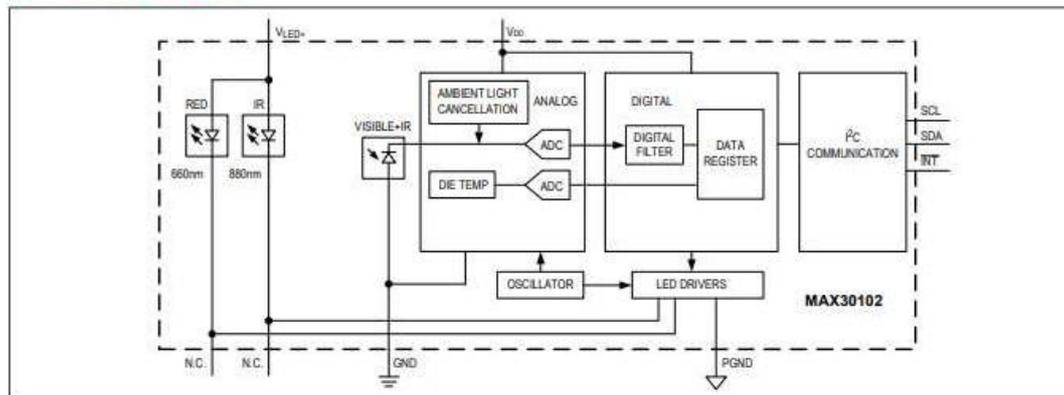


19-7740; Rev 1; 10/18

## MAX30102

## High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health

## Functional Diagram



## Detailed Description

The MAX30102 is a complete pulse oximetry and heart-rate sensor system solution module designed for the demanding requirements of wearable devices. The device maintains a very small solution size without sacrificing optical or electrical performance. Minimal external hardware components are required for integration into a wearable system.

The MAX30102 is fully adjustable through software registers, and the digital output data can be stored in a 32-deep FIFO within the IC. The FIFO allows the MAX30102 to be connected to a microcontroller or processor on a shared bus, where the data is not being read continuously from the MAX30102's registers.

**SpO<sub>2</sub> Subsystem**

The SpO<sub>2</sub> subsystem of the MAX30102 contains ambient light cancellation (ALC), a continuous-time sigma-delta ADC, and a proprietary discrete time filter. The ALC has an internal Track/Hold circuit to cancel ambient light and increase the effective dynamic range. The SpO<sub>2</sub> ADC has programmable full-scale ranges from 2μA to 16μA. The ALC can cancel up to 200μA of ambient current.

The internal ADC is a continuous time oversampling sigma-delta converter with 18-bit resolution. The ADC

sampling rate is 10.24MHz. The ADC output data rate can be programmed from 50sps (samples per second) to 3200sps.

**Temperature Sensor**

The MAX30102 has an on-chip temperature sensor for calibrating the temperature dependence of the SpO<sub>2</sub> subsystem. The temperature sensor has an inherent resolution of 0.0625°C.

The device output data is relatively insensitive to the wavelength of the IR LED, where the Red LED's wavelength is critical to correct interpretation of the data. An SpO<sub>2</sub> algorithm used with the MAX30102 output signal can compensate for the associated SpO<sub>2</sub> error with ambient temperature changes.

**LED Driver**

The MAX30102 integrates Red and IR LED drivers to modulate LED pulses for SpO<sub>2</sub> and HR measurements. The LED current can be programmed from 0 to 50mA with proper supply voltage. The LED pulse width can be programmed from 69μs to 411μs to allow the algorithm to optimize SpO<sub>2</sub> and HR accuracy and power consumption based on use cases.



# Datasheet MLX90614



## MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39

### Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
  - 40 to 125 °C for sensor temperature and
  - 70 to 380 °C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0..+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8 to 16V applications
- Power saving mode
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

### Applications Examples

- High precision non-contact temperature measurements;
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system;
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning;
- Windshield defogging;
- Automotive blind angle detection;
- Industrial temperature control of moving parts;
- Temperature control in printers and copiers;
- Home appliances with temperature control;
- Healthcare;
- Livestock monitoring;
- Movement detection;
- Multiple zone temperature control – up to 100 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay/alert
- Body temperature measurement

### Ordering Information



| Part No.   | Temperature Code   | Package Code  | - Option Code          |
|--|--|---|------------------------|
| MLX90614   | E (-40°C to 85°C)<br>K (-40°C to 125°C)                        | SF (TO-39)  | - X X X<br>(1) (2) (3) |
| (1) Supply Voltage/<br>Accuracy<br>A - 5V<br>B - 3V<br>C - Reserved<br>D - 3V medical accuracy | (2) Number of thermopiles:<br>A – single zone<br>B – dual zone | (3) Package options:<br>A – Standard package<br>B – Reserved<br>C – 35° FOV |                        |

**Example:**  
MLX90614ESF-BAA

### 1 Functional diagram

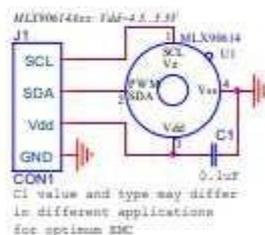


Figure 1 Typical application schematics

### 2 General Description

The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning ASSP are integrated in the same TO-39 can.

Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved.

The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus (System Management Bus) output.

As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20 to 120 °C, with an output resolution of 0.14 °C and the POR default is SMBus.

## Résumé

Notre projet de fin d'étude vise à réaliser d'un prototype d'un robot aide-soignant pour fournir une assistance dans le domaine de la santé. Le robot est doté de fonctionnalités médicales essentielles telles que, le transport des médicaments et du matériel de soins des infirmiers, la mesure de la température du malade, de sa fréquence cardiaque (HR) et le taux d'oxygène dans le sang (SPO<sub>2</sub>) grâce à des capteurs biomédicaux. Son objectif principal est de prodiguer des soins de manière sûre et efficace, et de réduire la transmission de l'infection d'une personne à l'autre.

Le contrôle du robot se fait à distance via la technologie Bluetooth en utilisant une application Android, ce qui améliore le suivi, et réduire la charge de travail du personnel infirmier.

**Mots-clés :** robot, control via Bluetooth, application Android, transport des médicaments, transport du matériel de soins des infirmiers, mesure de la température, mesure de HR, mesure SPO<sub>2</sub>.

## Abstract

Our project aims to produce a prototype of a caregiver robot to provide assistance in the health domain. The robot is equipped with essential medical functionalities such as transporting medicines and nursing equipment, measuring the patient's temperature, heart rate (HR) and blood oxygen level (SPO<sub>2</sub>) using biomedical sensors. Its main objective is to provide care in a safe and effective manner, and to reduce the transmission of infection from one person to another.

Robot control is done remotely via Bluetooth technology using an Android app, which improves tracking, and reduces nursing staff workload.

**Keywords:** robot, control via Bluetooth, Android application, medicine transport, nursing care equipment transport, temperature measurement, HR measurement, SPO<sub>2</sub> measurement.

## ملخص

يهدف مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا إلى إنتاج نموذج أولي لروبوت مقدم الرعاية لتقديم المساعدة في مجال الصحة. تم تجهيز الروبوت بالوظائف الطبية الأساسية مثل نقل الأدوية ومعدات التمريض وقياس درجة حرارة المريض ومعدل ضربات القلب (HR) ومستوى الأكسجين في الدم (SPO<sub>2</sub>) باستخدام أجهزة الاستشعار الطبية الحيوية. هدفها الرئيسي هو تقديم الرعاية بطريقة آمنة وفعالة، والحد من انتقال العدوى من شخص إلى آخر.

يتم التحكم في الروبوت عن بُعد عبر تقنية Bluetooth باستخدام تطبيق Android، مما يحسن التتبع ويقلل من عبء عمل طاقم التمريض. الكلمات المفتاحية: روبوت، تحكم عن طريق البلوتوث، تطبيق أندرويد، نقل الأدوية، نقل معدات الرعاية التمريضية، قياس درجة الحرارة، قياس الرطوبة النسبية، قياس SPO<sub>2</sub>.