

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D' AUTOMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et Technologies**

Filière : **Automatique**

Spécialité : **Automatique et Informatique Industrielle.**

Contrôle de Véhicules et Propulsion Electrique.

Présenté par

Youva LAKRIB

Nazim ABBAS

Thème

Réalisation et Commande d'un Fauteuil Roulant Electrique.

Mémoire soutenu publiquement le 30 / 06/ 2024. devant le jury composé de :

M Ahcene TRIKI

MCB, UMMTO, Encadrant

M KHATI

UMMTO

Mme KASSIM

UMMTO

Mme TITTOUCHE

UMMTO

Remerciement

Un grand merci à Allah, qui nous a guides et aides à réaliser ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr A. TRIKI pour avoir accepté d'encadrer et pour ses conseils et ses précieuses orientations, sa patience qu'il n'a cessé de nous apporter tout du long de ce travail.

Nous tenons tout particulièrement à remercier vivement les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Nous remercîments chaleureusement toute l'équipe de laboratoire L2CSP pour leurs disponibilités, pour leur gentillesse.

Enfin, nous remercions toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

DEDICACES

Je tiens à dédier ce modeste travail a mes chers parents, qui m'ont toujours soutenu.

A ma mère,

Pour ton amour infini, ta patience et tes sacrifices. Tu es ma source d'inspiration et de force.

A la mémoire de mon père,

Pour sa sagesse, ses conseils avisés et son soutien indéfectible. Sa foi en moi m'a toujours encouragé à donner le meilleur de moi-même.

A mes deux frères,

Pour votre amitié, votre complicité et votre soutien constant.

A mes tantes,

Pour leur amour, vos encouragements et vos générosités. Votre soutien a été précieux pour moi.

A ma famille,

Pour votre amour et votre soutien inconditionnel. Vous êtes le pilier sur lequel je m'appuie pour avancer.

A mon binôme JUBA,

Merci a vous tous pour avoir été à mes cotes durant cette aventure académique.

NAZIM

DEDICACES

Tout d'abord je dédié ce modeste travail a

A ma chère mère ;

A mon cher père ;

Oui n'ont jamais cesse de formuler des prières à mon égard, de me soutenir.

M'encourager et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

Puisse Dieu très Haut vous accorder sante, bonheur et longue vie.

A ma sœur.

A mon frère.

A mon binôme NAZIM

Pour le soutien moral et leurs précieux conseils tout au long de mes études.

YOUVA

Table des matières

Introduction Générale	3
1 Généralités sur les fauteuils roulants motorisés	4
1.1 Introduction	4
1.2 Définition d'un fauteuil roulant électrique	4
1.3 Évolution historique	5
1.4 Différences entre les chaises roulantes manuelles et électriques	6
1.4.1 Mode de propulsion	6
1.4.2 Contrôle	7
1.4.3 Polyvalence	7
1.5 Types des fauteuils roulants électriques	7
1.5.1 Fauteuil roulant électrique standard	7
1.5.2 Fauteuil roulant électrique verticalisateur	7
1.5.3 Fauteuil roulant électrique tout-terrain	8
1.5.4 Fauteuil roulant électrique pour pédalage assisté	9
1.6 Systèmes de propulsion et motorisation	9
1.6.1 Moteurs électriques	9
1.6.2 Batteries	10
1.7 Systèmes de contrôle	10
1.7.1 Joystick	10
1.7.2 Commandes sans fil (Bluetooth)	10
1.8 Fonctionnalités additionnelles	11
1.8.1 Sièges ajustables	11
1.8.2 Systèmes d'éclairage et de signalisation :	11
1.9 Conclusion	11
2 Composants principaux du fauteuil roulant électrique réalisé	12
2.1 Introduction	12
2.2 Carte arduino Uno	12

2.2.1	Composants matériels principaux d'une carte Arduino Uno	12
2.2.2	Caractéristiques de la carte Arduino Uno	13
2.2.3	Applications Courantes de la carte Arduino Uno	14
2.2.4	Programmation de la carte Arduino Uno	14
2.2.5	Le Langage Arduino	15
2.2.6	Structure d'un programme Arduino	15
2.2.7	Logiciel Arduino	16
2.3	Module bluetooth HC-06	16
2.3.1	Caractéristiques principales	17
2.3.2	Applications du module HC-06	18
2.3.3	Connexion du module HC-06 avec une carte Arduino	18
2.3.4	Appairage du module HC-06	19
2.3.5	SoftwareSerial.h pour communiquer via HC06	20
2.4	Module relais	21
2.4.1	Caractéristique des relais	21
2.4.2	Disposition électrique	22
2.5	Joystick	23
2.5.1	Fonctionnement du module	23
2.5.2	Lecture des valeurs analogiques depuis le joystick	24
2.5.3	Brochage du module de joystick avec arduino	25
2.6	Capteur ultrason HC-SR04	25
2.6.1	Fonctionnement	26
2.6.2	Connexion du capteur avec arduino	27
2.7	Conclusion	27
3	Description et réalisation	28
3.1	Introduction	28
3.2	Présentation du fauteuil roulant électrique	28
3.2.1	Schéma synoptique du fauteuil roulant électrique	29
3.3	Un system de propulsion électrique	30
3.4	Détecteur d'obstacles	33
3.5	Système de Commande avec Joystick	34
3.5.1	Organigrammes de la commande avec joystick :	35
3.6	Interface de la commande vocale	35
3.6.1	Choix de la commande vocale"voice control"	36
3.6.2	Choix de la commande manette"gamepad"	38
3.6.3	Alimentation électrique	39

TABLE DES MATIÈRES

3.6.4 Schéma électrique	39
3.7 Programme ARDUINO de la commande JOYSTICK	40
3.8 Programme ARDUINO de la commande vocale	44
3.9 Conclusion	48
Conclusion générale	49

Table des figures

1.1	Fauteuil roulant électrique 350E-2 - Handilife	5
1.2	Développement des fauteuils roulants du 19e siècle ou 21e siècle	6
1.3	Fauteuil roulant électrique standard	8
1.4	Fauteuil électrique verticalisateur QUICKIE Q700-UP M.	8
1.5	Fauteuil roulant tout terrain MAGIX	9
1.6	Fauteuil roulant électrique pour pédalage assisté	10
2.1	Brochage carte arduino Uno	13
2.2	Exemples d'applications en domotique et en robotique à base d'une carte Arduino	15
2.3	Interface graphique de l'IDE Arduino	17
2.4	Module Bluetooth HC-06 compatible Arduino	18
2.5	Schéma de câblage du module HC-06 avec Arduino	19
2.6	Carte d'interface de relais a 4 canaux	21
2.7	Schéma électrique du module relais à 4 canaux	22
2.8	Module joystick	23
2.9	Lecture des valeurs analogiques depuis le joystick	24
2.10	Brochage du module de joystick	25
2.11	Capteur à ultrason HC-SR04	26
2.12	Fonctionnement du Capteur ultrason HC-SR04	26
2.13	Schéma de câblage du module hc-06 avec arduino	27
3.1	Présentation du Fauteuil roulant électrique	29
3.2	Schéma synoptique générale du fauteuil roulant	30
3.3	Moteur à courant continu associé au fauteuil	31
3.4	système de transmission	31
3.5	Schéma électrique de la carte de commande d'un moteur	32
3.6	Contrôle de la Direction du sens du Courant dans un Pont en H avec Relais .	32
3.7	Organigramme du système anti-collision	33
3.8	Organigrammes commande par joystick	35

3.9	Configuration de l'interface	36
3.10	L'interface de la commande vocale	37
3.11	Organigramme de la commande vocael	38
3.12	Configuration de l'interface	39
3.13	Schéma électrique sur Proteus	40

Liste des tableaux

2.1	Caractéristiques principales de la carte Arduino Uno	14
-----	--	----

Mot Clé

HC-06 :Module Bluetooth HC-06

Rx/Tx : Réception/Transmission (pour les connexions série du Bluetooth)

UNO : Carte Arduino Uno

DC : Courant Continu

VCC :Tension d'alimentation

SW :Commutateur (Switch) sur le joystick

PWM :Modulation de Largeur d'Impulsion

LED : Diode Électroluminescente

IDE : Environnement de Développement Intégré (pour la programmation Arduino)

résumé

Ce mémoire présente la conception d'un fauteuil roulant électrique innovant pour améliorer l'autonomie des personnes à mobilité réduite. Structuré en trois chapitres, il aborde l'évolution des fauteuils roulants, leurs différents types, et l'intégration de technologies modernes pour répondre aux besoins des utilisateurs.

Le deuxième chapitre décrit les composants du fauteuil, pilotés par une carte Arduino Uno recevant les commandes du joystick et du module Bluetooth pour un contrôle manuel ou vocal. La sécurité est renforcée par un capteur à ultrasons qui arrête le fauteuil .

Le troisième chapitre décrit la réalisation du fauteuil, incluant la motorisation et les systèmes de contrôle. Deux moteurs DC assurent la propulsion, tandis qu'un joystick ajuste direction et vitesse selon les axes X et Y. Une commande vocale permet également un contrôle mains libres pour avancer, reculer ou s'arrêter.

En conclusion, ce projet de fin d'études démontre les compétences techniques et l'engagement dans l'innovation technologique pour améliorer la mobilité assistée. Grâce à l'intégration de technologies modernes, ce fauteuil offre une solution intuitive, sûre et adaptable, contribuant ainsi à la qualité de vie des personnes a mobilités réduites .

Introduction générale

Le développement des technologies d'assistance représente un domaine en constante évolution, ayant un impact significatif sur la qualité de vie des personnes à mobilité réduite. Parmi ces technologies, le fauteuil roulant électrique se distingue par sa capacité à offrir une indépendance de mouvement et une amélioration notable de l'autonomie des utilisateurs. Ce mémoire présente un projet de fin d'études consacré à la conception et à la réalisation d'un fauteuil roulant électrique innovant, intégrant diverses technologies modernes pour améliorer l'expérience utilisateur.

Le projet s'inscrit dans un contexte où les solutions de mobilité assistée sont devenues indispensables pour répondre aux besoins croissants des personnes âgées, des personnes handicapées et de celles ayant des besoins spécifiques en termes de mobilité. La motivation principale de ce projet est de développer un dispositif non seulement fonctionnel, mais aussi intelligent et adaptable, permettant une interaction intuitive et une sécurité accrue pour l'utilisateur.

L'objectif de ce mémoire est double. Premièrement, il vise à fournir une compréhension approfondie des différentes composantes et technologies utilisées dans les fauteuils roulants électriques. Deuxièmement, il détaille le processus de conception, de développement et de mise en œuvre d'un modèle spécifique de fauteuil roulant électrique, en mettant l'accent sur l'innovation et l'optimisation des performances.

Pour structurer ce travail, le mémoire est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur les fauteuils roulants électriques, incluant une définition claire, les différents types existants et les composants essentiels. Le deuxième chapitre se concentre sur l'étude détaillée des principaux composants du fauteuil roulant développé, tels que la carte Arduino, le joystick, le module Bluetooth HC06 et le capteur ultrason. Le troisième chapitre décrit la réalisation concrète du fauteuil roulant, en présentant le schéma synoptique, les rôles et les fonctionnements des différentes parties, ainsi que le programme Arduino utilisé pour gérer le dispositif.

En conclusion, ce projet de fin d'études illustre non seulement les compétences techniques acquises tout au long du cursus, mais aussi l'engagement à contribuer à l'amélioration de la qualité de vie des personnes à mobilité réduite grâce à l'innovation technologique.

Chapitre 1

Généralités sur les fauteuils roulants motorisés

1.1 Introduction

Le fauteuil roulant électrique est un dispositif essentiel pour les personnes à mobilité réduite, leur offrant une indépendance de mouvement significative. Ce chapitre propose une vue d'ensemble des fauteuils roulants électriques, en définissant ce qu'ils sont, en présentant les différents types disponibles sur le marché, et en décrivant les composants essentiels qui les constituent. [10].

1.2 Définition d'un fauteuil roulant électrique

Un fauteuil roulant électrique est un dispositif de mobilité destiné aux personnes incapables de marcher en raison d'incapacités physiques, de maladies, de blessures ou d'autres raisons. Il est équipé de moteurs électriques contrôlés par un joystick ou d'autres dispositifs adaptatifs. Ces moteurs et dispositifs de contrôle sont alimentés par une batterie rechargeable d'une autonomie souvent supérieur à 10 km.

Ce type de fauteuil roulant est essentiel pour améliorer l'indépendance et la qualité de vie des utilisateurs, notamment ceux ayant une force limitée dans les bras ou les mains, en facilitant une mobilité efficace sur divers types de terrains. [8] .



FIGURE 1.1 – Fauteuil roulant électrique 350E-2 - Handilife

1.3 Évolution historique

Début du 20e siècle

Emergence des premiers concepts de fauteuils roulants électriques pour améliorer l'autonomie des personnes à mobilité réduite.

Année 1916

Un inventeur paraplégique crée le premier fauteuil roulant électrique fonctionnel, un jalon dans l'histoire de l'accessibilité.

Après la Seconde Guerre mondiale

Les avancées technologiques permettent l'intégration de moteurs électriques plus compacts et de batteries rechargeables, rendant les fauteuils plus pratiques et fonctionnels.

Années 1960 - 1970

Les fauteuils gagnent en légèreté et en maniabilité avec l'introduction de l'aluminium et des plastiques composites, facilitant leur utilisation quotidienne.

Années 1980 - 1990

Les progrès en informatique entraînent l'adoption de commandes programmables et d'interfaces utilisateur avancées, qui permettent une personnalisation accrue pour répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs.

21e siècle

Les fauteuils roulants électriques bénéficient de technologies avancées, telles que la navigation assistée par GPS et les systèmes de détection d'obstacles, améliorant significativement l'autonomie et la sécurité des utilisateurs [1, 2] .



FIGURE 1.2 – Développement des fauteuils roulants du 19e siècle ou 21e siècle

1.4 Différences entre les chaises roulantes manuelles et électriques

Les chaises roulantes manuelles nécessitent une poussée manuelle de la part de l'utilisateur ou d'une tierce personne, alors que les chaises roulantes électriques sont dotées d'un moteur électrique pour se déplacer. Cette distinction fondamentale impacte divers aspects de leur utilisation :

1.4.1 Mode de propulsion

Les chaises roulantes manuelles exigent un effort physique constant de la part de l'utilisateur pour se déplacer, ce qui peut être fatigant, en particulier sur de longues distances ou des surfaces inclinées. En revanche, les chaises roulantes électriques permettent à l'utilisateur de se déplacer sans effort physique intense, grâce au moteur électrique.

1.4.2 Contrôle

Les chaises roulantes manuelles sont contrôlées par des mouvements manuels des mains sur les roues ou à l'aide de poignées arrière, tandis que les chaises roulantes électriques sont contrôlées à l'aide d'un joystick ou d'autres dispositifs de commande électroniques, offrant ainsi un contrôle plus précis et moins fatigant.

1.4.3 Polyvalence

Les chaises roulantes manuelles sont généralement plus légères et plus compactes, ce qui les rend plus faciles à transporter et à manœuvrer dans des espaces restreints. Les chaises roulantes électriques, bien que plus lourdes et plus encombrantes, offrent une autonomie et une capacité de couverture de distance supérieures, ce qui les rend idéales pour une utilisation prolongée à l'intérieur et à l'extérieur.[3] [4]

1.5 Types des fauteuils roulants électriques

Il existe plusieurs types de fauteuils roulant électriques, Chaque type offre des avantages spécifiques adaptés à différents besoins. Le choix du fauteuil approprié dépendra des besoins individuels de l'utilisateur, de son environnement quotidien, et des activités prévues. On donne quelques types de c'est fauteuils. [5]

1.5.1 Fauteuil roulant électrique standard

Les fauteuils roulants électriques standards sont conçus pour un usage quotidien, principalement en intérieur ou dans des environnements urbains bien aménagés. Équipés de moteurs électriques alimentés par des batteries rechargeables, ils sont généralement contrôlés via un joystick à portée de main. Fabriqués en acier pour la robustesse ou en aluminium pour la légèreté, ces fauteuils offrent confort et durabilité. Ils sont faciles à manœuvrer dans des espaces restreints et adaptés aux surfaces planes, mais sont moins efficaces sur des terrains accidentés et nécessitent des recharges fréquentes en raison de leur autonomie limitée. [5]

1.5.2 Fauteuil roulant électrique verticalisateur

Le fauteuil roulant électrique verticalisateur permet à l'utilisateur de passer de la position assise à une position debout grâce à un système motorisé, ce qui améliore la circulation sanguine et réduit les risques de complications liées à une position assise prolongée. Fabriqué avec des alliages légers et résistants, il intègre des mécanismes sécurisés pour le changement



FIGURE 1.3 – Fauteuil roulant électrique standard

de position. Ce type de fauteuil favorise la santé physique et facilite les interactions à hauteur des personnes valides. Cependant, il est coûteux en raison de la technologie embarquée et nécessite plus d'espace pour le maniement en raison de son poids et de sa taille supérieurs. [5]



FIGURE 1.4 – Fauteuil électrique verticalisateur QUICKIE Q700-UP M.

1.5.3 Fauteuil roulant électrique tout-terrain

Les fauteuils roulants électriques tout-terrain sont conçus pour naviguer sur des surfaces variées telles que gravier, sable et petits obstacles naturels, grâce à des roues plus grandes et un système de suspension avancé pour absorber les chocs. Leur structure robuste, souvent en acier renforcé ou en aluminium, et leurs pneus spéciaux assurent une meilleure adhérence sur des surfaces irrégulières. Ils permettent aux utilisateurs d'accéder à des environnements naturels et autres terrains difficiles, offrant une plus grande autonomie et liberté de mouve-

ment. Cependant, ces fauteuils sont plus onéreux en raison de leurs spécifications techniques avancées et nécessitent une maintenance plus fréquente en raison de l'usure accrue par les terrains exigeants. [5]



FIGURE 1.5 – Fauteuil roulant tout terrain MAGIX

1.5.4 Fauteuil roulant électrique pour pédalage assisté

Le fauteuil roulant électrique pour pédalage assisté combine assistance électrique et pédalage, permettant aux utilisateurs d'exercer leurs jambes tout en bénéficiant d'une aide à la mobilité. Ce type de fauteuil favorise l'exercice physique, améliore la circulation et la condition cardiovasculaire, et permet une mobilité indépendante avec ou sans assistance électrique. Toutefois, il est plus coûteux en raison de la technologie intégrée et plus lourd à cause du système électrique et des pédales. [5]

1.6 Systèmes de propulsion et motorisation

1.6.1 Moteurs électriques

Les fauteuils roulants électriques sont équipés de moteurs électriques qui fournissent la puissance nécessaire pour le mouvement. Ces moteurs sont généralement des MCC, offrant une efficacité élevée et une maintenance réduite. Ils sont aussi conçus pour être silencieux et efficaces, permettant une utilisation prolongée sans surchauffe[11].



FIGURE 1.6 – Fauteuil roulant électrique pour pédalage assisté

1.6.2 Batteries

Les batteries les plus courantes dans les fauteuils roulants électriques sont les batteries au plomb-acide et les batteries au lithium-ion. Les batteries au lithium-ion sont préférées pour leur légèreté et leur capacité à maintenir une charge plus constante sur une plus longue période.

L'autonomie d'une batterie peut varier considérablement, généralement entre 10 et 40 km sur une seule charge, en fonction du type de batterie et des conditions d'utilisation.

1.7 Systèmes de contrôle

1.7.1 Joystick

Le joystick est l'interface de contrôle standard pour la plupart des fauteuils roulants électriques. Il permet une manœuvre précise et est généralement monté sur l'accoudoir. Certains modèles de joysticks avancés offrent des fonctionnalités programmables et peuvent être adaptés pour les personnes ayant des capacités motrices limitées [6]

1.7.2 Commandes sans fil (Bluetooth)

Les technologies sans fil, notamment le Bluetooth, sont de plus en plus utilisées pour permettre le contrôle à distance des fauteuils roulants. Cela permet non seulement à l'utilisateur de manipuler le fauteuil mais aussi à des soignants ou des membres de la famille de prendre le contrôle si nécessaire. De plus, cela facilite l'intégration avec d'autres appareils tels que les smartphones pour une connectivité améliorée. [6]

1.8 Fonctionnalités additionnelles

1.8.1 Sièges ajustables

Les sièges ajustables sont essentiels pour le confort et la santé de l'utilisateur. Ils permettent de multiples réglages, tels que l'inclinaison, la hauteur et parfois même la position debout, afin de réduire le risque de pressions prolongées et d'améliorer la circulation sanguine

1.8.2 Systèmes d'éclairage et de signalisation :

1.Éclairage

Des LED ou des lampes halogènes sont souvent intégrées pour améliorer la visibilité du fauteuil et de son utilisateur dans des conditions de faible luminosité.

2.Signalisation

Des indicateurs de direction et des feux de stop sont également incorporés pour améliorer la sécurité lors de l'utilisation en extérieur, particulièrement dans les zones de circulation.

3.Systèmes de suivi de santé

Certains fauteuils roulants électriques peuvent être équipés de technologies de suivi de santé, comme des capteurs de rythme cardiaque, de pression artérielle ou de saturation en oxygène. Ces informations peuvent être surveillées via une application, permettant une gestion proactive de la santé

1.9 Conclusion

En résumé, les fauteuils roulants électriques sont des dispositifs complexes mais essentiels pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite. La diversité des types de fauteuils et des composants permet de répondre à une variété de besoins spécifiques, rendant ces technologies indispensables dans le domaine de l'assistance à la mobilité.

Chapitre 2

Composants principaux du fauteuil roulant électrique réalisé

2.1 Introduction

La performance et la fiabilité d'un fauteuil roulant électrique dépendent fortement des composants qui le constituent. Ce chapitre se concentre sur l'étude des principaux composants du fauteuil roulant développé, notamment la carte Arduino utilisée comme cerveau de l'appareil, le joystick pour le contrôle directionnel, le module Bluetooth HC06 pour la communication sans fil, et le module ultrason pour la détection d'obstacles.

2.2 Carte arduino Uno

La carte Arduino Uno est un microcontrôleur très populaire, largement utilisé en électronique et en programmation. Elle est particulièrement appréciée pour sa facilité d'utilisation, sa polyvalence et le soutien important de sa communauté, ce qui en fait un excellent choix aussi bien pour les débutants que pour les professionnels.

2.2.1 Composants matériels principaux d'une carte Arduino Uno

Microcontrôleur ATmega : c'est le cœur de la carte, offre une combinaison de mémoire flash, SRAM, et EEPROM, fournissant une base solide pour les applications embarquées.

Ports d'Entrée/Sortie Numériques (Digital I/O) : plusieurs broches numériques permettant de lire ou envoyer des signaux numériques. Certaines de ces broches peuvent être utilisées comme sorties PWM (Pulse Width Modulation).

Ports d'Entrée Analogiques :des broches analogiques capables de lire des signaux analogiques, convertis en valeurs numériques par un convertisseur analogique-numérique (ADC) à 10 bits.

Port USB Type-B : Utilisée pour l'alimentation et la programmation de la carte via le câble USB connecté à un ordinateur.

Connecteur d'Alimentation :Prise de courant continu pour alimenter la carte indépendamment de l'USB.

Header ICSP(In-Circuit Serial Programming : permet de programmer directement le microcontrôleur ATmega328P sans passer par le bootloader Arduino .

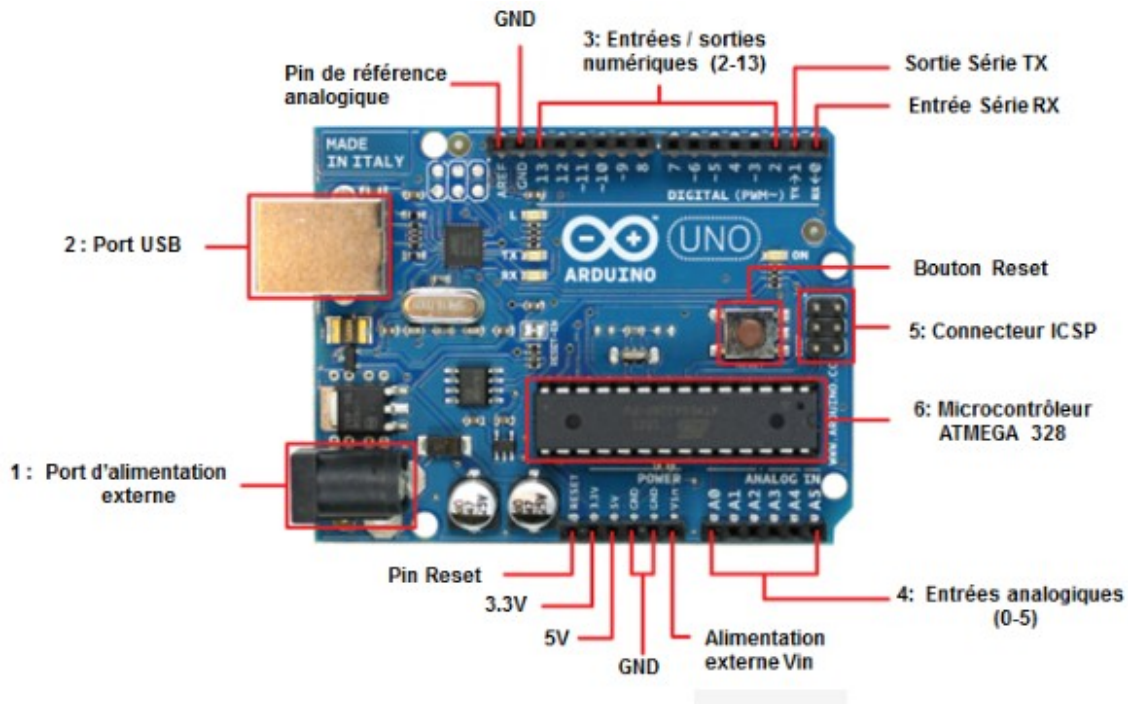


FIGURE 2.1 – Brochage carte arduino Uno

2.2.2 Caractéristiques de la carte Arduino Uno

La carte Arduino Uno présente plusieurs caractéristiques techniques qui en font une plateforme prise pour les projets électroniques et de programmation.

Les principales caractéristiques de deux cartes Arduino, très utilisées pour la réalisation de projets électroniques, sont données dans le tableau 1 :

Caractéristiques	Arduino Uno
Microcontrôleur	ATmega328
Tension d'alimentation interne	5V
Tension d'alimentation externe	7 à 12V (limites 6 à 20V)
Nombre d'entrées/sorties numériques	14 (dont 6 sorties PWM)
Nombre d'entrées analogiques	6
Mémoire flash (programme)	32 Ko
Mémoire SRAM	2 Ko
Mémoire EEPROM	1 Ko

TABLE 2.1 – Caractéristiques principales de la carte Arduino Uno

2.2.3 Applications Courantes de la carte Arduino Uno

- **Prototypage et Développement** L'Arduino Uno est très utilisée pour créer divers gadgets électroniques, des jouets intelligents, et des systèmes de surveillance domestique. Elle est aussi très prisée dans les environnements éducatifs, où elle aide à enseigner les bases de l'électronique et de la programmation, offrant une expérience pratique précieuse pour les étudiants.
- **Intégration dans des Systèmes Complexes** Ces cartes à microcontrôleurs sont aussi à la base des contrôleurs de systèmes complexes, comme la domotique et la robotique par exemple.

Dans la domotique, l'Arduino contrôle l'éclairage, les systèmes de sécurité, et les thermostats intelligents, améliorant le confort et l'efficacité énergétique. En robotique, elle sert de base pour les robots autonomes, les bras robotiques, et les systèmes de drones, permettant des tâches complexes et autonomes dans divers domaines industriels et de recherche.

2.2.4 Programmation de la carte Arduino Uno

La programmation de la carte Arduino Uno se fait principalement à l'aide du langage Arduino, basé sur le C/C++ et de l'IDE Arduino, qui offre un environnement convivial pour écrire, compiler, et téléverser des sketches (programmes) sur la carte.

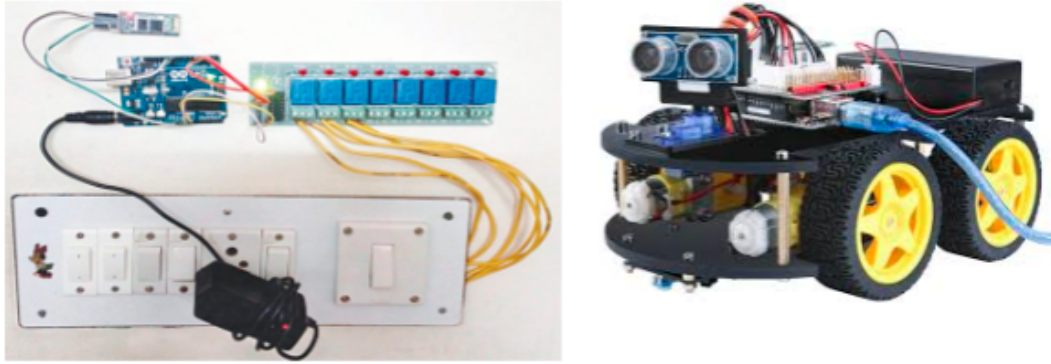


FIGURE 2.2 – Exemples d’applications en domotique et en robotique à base d’une carte Arduino

2.2.5 Le Langage Arduino

Le langage Arduino est basé sur le C/C++ et simplifié pour être accessible aux débutants tout en étant suffisamment puissant pour des applications complexes. Il comprend des structures de contrôle, des fonctions, des variables, et des bibliothèques intégrées.

- **Structures de Contrôle** : Les structures de contrôle du langage Arduino sont similaires à celles du C/C++. Elles incluent les boucles (for, while, do...while), les conditions (if, else if, else, switch), et les opérateurs logiques .
- **Fonctions** : En plus des fonctions intégrées comme `setup()` et `loop()`, les utilisateurs peuvent créer leurs propres fonctions pour organiser le code.
- **Variables** : Les types de variables disponibles incluent les types de base (int, float, char), les tableaux, et les chaînes de caractères. Les variables peuvent être globales ou locales, selon leur scope (portée).
- **Bibliothèques** : Arduino inclut des bibliothèques standard pour les fonctionnalités courantes comme la gestion des servomoteurs (Servo), la communication I2C (Wire), et les interfaces série (Serial). Les utilisateurs peuvent également installer des bibliothèques tierces pour des composants spécifiques.

2.2.6 Structure d’un programme Arduino

Les programmes Arduino, appelés "sketches" ;, suivent une structure simple mais rigoureuse qui permet aux utilisateurs de contrôler facilement les entrées et sorties de la carte. Un sketch Arduino se compose généralement de deux fonctions principales : `setup()` et `loop()`.

Void `setup()` : Cette fonction est appelée une seule fois au démarrage du programme. Elle est utilisée pour initialiser les paramètres, configurer les broches d’entrées et de sorties,

et définir les paramètres initiaux des composants connectés.

Void loop() : Cette fonction contient le code qui s'exécute en boucle continue tant que la carte est sous tension. Elle est utilisée pour les tâches répétitives telles que la lecture des capteurs, l'envoi de données, et la mise à jour des sorties.

En plus de ces deux fonctions, les sketches peuvent inclure des déclarations de variables, des fonctions supplémentaires pour organiser le code, et des bibliothèques pour étendre les fonctionnalités de base de l'Arduino.

2.2.7 Logiciel Arduino

Logiciel Arduino, connu sous le nom d'Integrated Development Environment (IDE), est un outil clé pour la programmation des cartes Arduino. L'IDE Arduino offre une interface conviviale pour écrire, compiler, et télécharger des sketches sur la carte Arduino. Voici les principaux composants de l'IDE Arduino :

- **Éditeur de Code** : L'éditeur permet d'écrire et de modifier les sketches Arduino. Il met en évidence la syntaxe et offre des fonctionnalités de base telles que le copier-coller, la recherche et le remplacement.
- **Vérifier (Checkmark)** : Compile le sketch pour vérifier les erreurs de syntaxe sans le téléverser sur la carte.
- **Téléverser (Arrow)** : Compile le sketch et le télécharge sur la carte Arduino connectée.
- **Nouveau, Ouvrir, et Enregistrer** : Gère les sketches, permettant de créer de nouveaux sketches, d'ouvrir des sketches existants et de les enregistrer.
- **Console** : Affiche les messages de compilation, les erreurs, et les autres informations pertinentes. Elle est utile pour le débogage.
- **Moniteur Série** : Permet de communiquer avec la carte Arduino via une connexion série. Il est utilisé pour envoyer et recevoir des données depuis/vers la carte Arduino. L'IDE Arduino supporte également l'installation de bibliothèques supplémentaires permettant d'ajouter des fonctionnalités avancées comme la communication avec des capteurs spécifiques, la gestion des réseaux sans fil, et le contrôle des écrans LCD.

2.3 Module bluetooth HC-06

Les modules HC-06 sont des modules de communication Bluetooth utilisés pour la communication sans fil entre les périphériques électroniques. Ils sont utilisés pour transmettre des données telles que les ordres de commande, les lectures de capteurs et d'autres informations à distance. Ils peuvent être utilisés pour connecter des périphériques tels que des téléphones

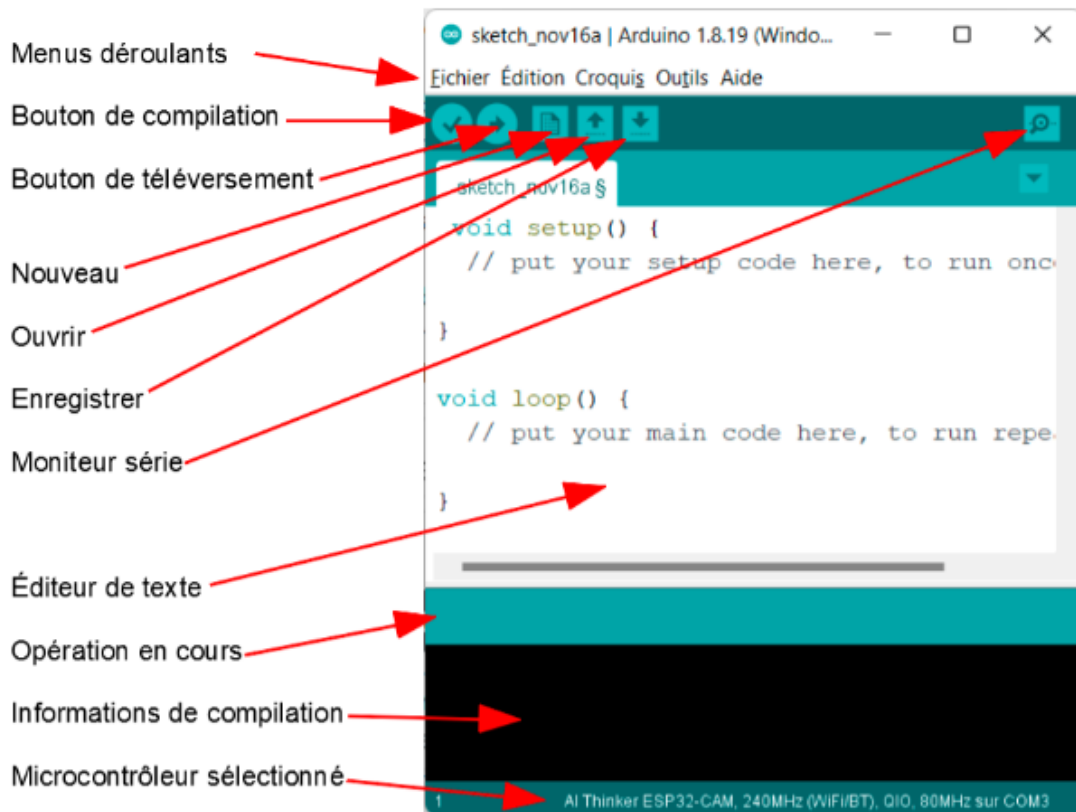


FIGURE 2.3 – Interface graphique de l'IDE Arduino

mobiles, des ordinateurs, des microcontrôleurs et d'autres périphériques électroniques compatibles Bluetooth.

Les modules HC-06 sont célèbres pour leur facilité d'utilisation et leur coût abordable. Ils sont largement utilisés dans des projets de robotique, de domotique et de développement de produits électroniques grand public en raison de leur facilité d'intégration et de leur compatibilité avec une variété de périphériques.

Les paramètres du module HC06 sont le nom le code PIN et la vitesse de communication en baudrate. Les valeurs par défaut de ces paramètres sont respectivement, HC-06, 1234 et 9600.

2.3.1 Caractéristiques principales

Les caractéristiques principales de ce module sont :

- **Interface** : Le HC-06 utilise une interface série UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) pour communiquer avec les microcontrôleurs. Il dispose de quatre broches principales : VCC (alimentation), GND (masse), TX (transmission), et RX (réception).



FIGURE 2.4 – Module Bluetooth HC-06 compatible Arduino

- **Tension d’Alimentation** : Il fonctionne généralement avec une tension de 3,3V à 5V, ce qui le rend compatible avec la plupart des microcontrôleurs et des systèmes embarqués.
- **Portée** : Le module offre une portée de communication d’environ 10 mètres, idéale pour des applications domestiques et des petits projets sans fil.
- **Vitesse de Transmission** : Le HC-06 supporte des vitesses de transmission allant de 9600 à 115200 bauds, avec 9600 bauds étant la configuration par défaut.

2.3.2 Applications du module HC-06

Le module HC-06 est largement utilisé pour des transmissions de données sans fil, dans les divers projets électroniques :

- **Projets DIY** : Utilisé dans des projets de domotique, de contrôle de robots, et d’automatisation pour transmettre des données de capteurs ou recevoir des commandes de contrôle.
- **Contrôle à Distance** : Permet de contrôler des appareils et des systèmes à distance via une application mobile ou un autre dispositif Bluetooth.
- **Éducation** : Un outil courant dans l’enseignement pour démontrer les concepts de communication sans fil.

2.3.3 Connexion du module HC-06 avec une carte Arduino

La **figure 2.6** présente un exemple de connexion du module HC-06 à une carte Arduino Uno :

Dans ce schéma :

- La broche **vcc** du HC-06 à 5V de l’Arduino,

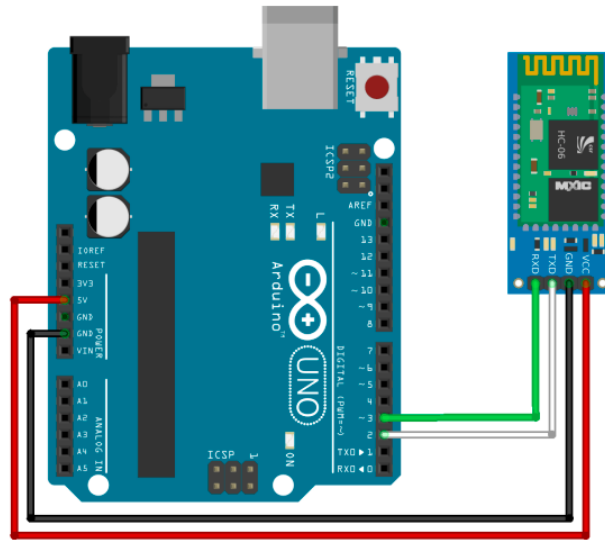


FIGURE 2.5 – Schéma de câblage du module HC-06 avec Arduino

- La broche **GND** du HC-06 à GND de l'Arduino,
- La broche **RX** du HC-06 à la broche de l'Arduino utilisée pour la transmission de données,
- La broche **TX** du HC-06 à la broche de l'Arduino utilisée pour la réception de données,

voici un exemple de code simple pour établir une communication série avec le module :

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600); // Initialisation de la communication série à 9600 bauds  
}  
  
void loop() {  
    if (Serial.available()) {  
        char data = Serial.read(); // Lecture des données reçues  
        Serial.write(data); // Renvoi des données (boucle de retour)  
    }  
}
```

2.3.4 Appairage du module HC-06

Appairer le module HC-06 signifie établir une connexion sans fil sécurisée entre le module Bluetooth HC-06 et un autre appareil compatible Bluetooth, tel qu'un smartphone, une tablette, ou un ordinateur. Ce processus de jumelage permet aux deux dispositifs de se reconnaître et de communiquer entre eux de manière fiable. Voici les étapes à réaliser pour appairer le module HC-06 :

1. **Mise sous tension** : Assurez-vous que le module HC-06 est correctement alimenté et connecté à votre projet (par exemple, une carte Arduino).
2. **Mode de détection** : Lorsque le HC-06 est alimenté, il entre en mode de détection et est prêt à être appairé. Le module HC-06 est détectable sous son nom (par défaut "HC- 06").
3. **Recherche de dispositif** : Sur l'appareil avec lequel vous souhaitez appairer le HC-06 (par exemple, un smartphone), activez le Bluetooth et recherchez de nouveaux dispositifs.
4. **Sélection du module** : Dans la liste des dispositifs disponibles, sélectionner le nom module HC-06 (par défaut : HC- 06).
5. **Code PIN** : Il sera peut-être demandé d'entrer un code PIN pour appairer les dispositifs. Par défaut, le code PIN du HC-06 est souvent "1234" ou "0000".
6. **Confirmation d'appairage** : Une fois le code PIN accepté, la LED présente sur le module doit cesser de clignoter pour indiquer que le module HC-06 et l'autre appareil sont correctement appairés et peuvent communiquer.

Exemple d'Appairage avec un Smartphone :

- 1. Alimenter et connecter le module HC-06.
- 2. Sur le smartphone, allez dans les paramètres Bluetooth et activez le Bluetooth.
- 3. Recherchez de nouveaux dispositifs et sélectionnez "HC-06" dans la liste.
- 4. Lorsque le code PIN est demandé, entrez "1234" (ou "0000").
- 5. Une fois appairé, vous pouvez utiliser une application de terminal Bluetooth (par exemple, Arduino Bluetooth) pour envoyer et recevoir des données entre le smartphone et le module HC-06.

2.3.5 SoftwareSerial.h pour communiquer via HC06

Pour gérer le module HC-06 dans le programme Arduino, la librairie **SoftwareSerial.h** peut être utilisée. Les fonctions de cette librairie à utiliser sont :

- **SoftwareSerial hc06(Rx,Tx)** pour créer une liaison série et définir le port série (nomé hc06) et les broches servant à la communication (Rx et Tx),
- **hc06.begin()** pour définir la vitesse de communication.
- **hc06.available()** pour tester si des données sont disponible dans le buffer du port série.
- **hc06.read()** pour lire les données du port série, un octet à la fois.
- **hc06.print()** pour envoyer une chaîne de caractères en ASCII.
- **hc06.write()** pour envoyer des données, un octet à la fois [13].

2.4 Module relais

Le module relais à 4 canaux pour Arduino permet de contrôler jusqu'à quatre appareils à haute tension à partir de signaux de basse tension (5V) provenant d'un microcontrôleur. Chaque canal peut gérer des charges jusqu'à 10A à 250V AC ou 30V DC. Grâce à des optocoupleurs intégrés, il assure une isolation sécurisée entre le circuit de commande et le circuit de puissance.

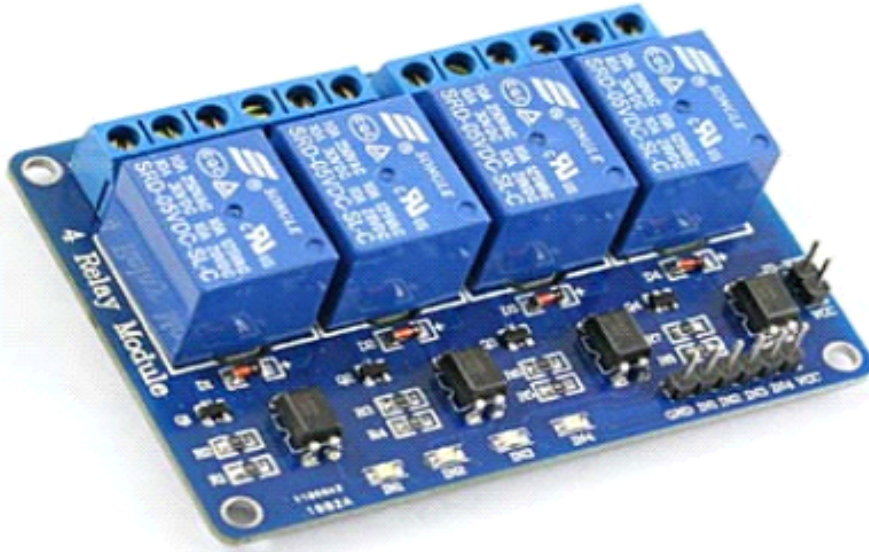


FIGURE 2.6 – Carte d'interface de relais a 4 canaux

2.4.1 Caractéristique des relais

- Sortie maximale du relais : DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- Module de relais à 4 canaux avec opto-coupleur. Carte d'extension de déclenchement de niveau bas, compatible avec la carte de contrôle Arduino.
- Interface standard pouvant être contrôlée directement par microcontrôleur (8051, AVR, PIC, DSP, ARM, MSP430, logique TTL).
- Relais de haute qualité avec relais SPDT à faible bruit. Un terminal commun, un normalement ouvert, un terminal normalement fermé.

- Isolation par opto-coupleur, pour la sécurité en haute tension et prévention des boucles de masse avec le microcontrôleur.[14]

2.4.2 Disposition électrique

Un relais à quatre canaux comprend quatre entrées de commande (IN1, IN2, IN3, IN4) pour activer ou désactiver les relais individuellement. Les bornes de chaque relais incluent NO (Normalement Ouvert), NC (Normalement Fermé), et COM (Commun) pour connecter les dispositifs à contrôler. L'alimentation (VCC) et la masse (GND) sont nécessaires pour faire fonctionner le module.

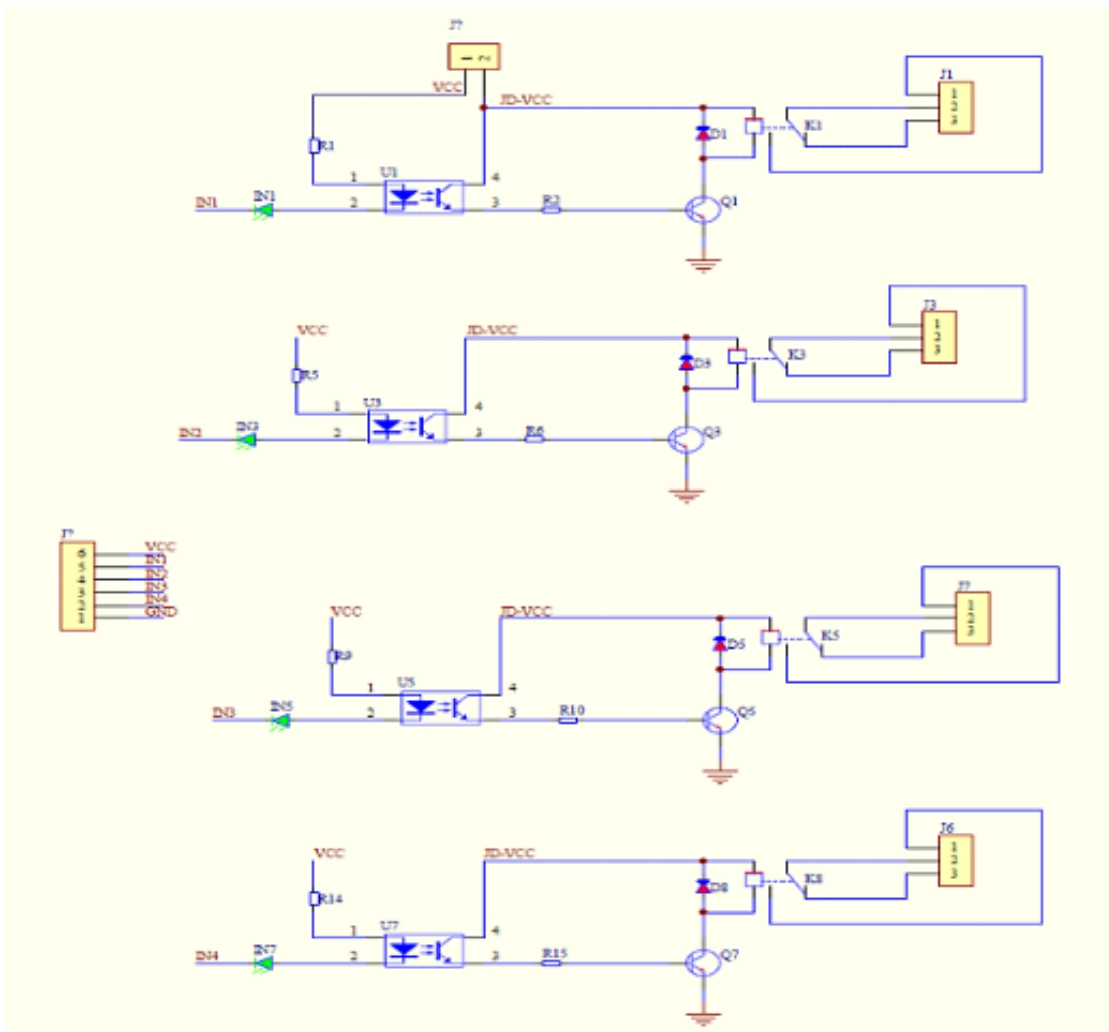


FIGURE 2.7 – Schéma électrique du module relais à 4 canaux

2.5 Joystick

Le joystick est un module de commande analogique qui permet de capturer des mouvements directionnels dans deux axes (X et Y) et un bouton-poussoir intégré pour détecter des pressions. Il utilise deux potentiomètres pour fournir des valeurs de position analogiques que l'Arduino peut lire via ses broches analogiques. Ces modules sont couramment utilisés dans des projets de robotique et de jeux pour permettre un contrôle manuel précis [16].



FIGURE 2.8 – Module joystick

GND : La broche de masse.

VCC : Alimentation du module. .

VRX : La tension de sortie horizontale.

VRy : La tension de sortie verticale.

SW : La sortie du commutateur à bouton-poussoir. Par défaut, la sortie du commutateur est flottante.

2.5.1 Fonctionnement du module

Le joystick Arduino fonctionne à l'aide de deux potentiomètres intégrés, chacun mesurant le mouvement dans un axe (X et Y). Lorsque le joystick est déplacé, les potentiomètres modifient leur résistance, ce qui entraîne un changement de tension proportionnel à la position du joystick. Cette variation de tension est lue par les broches analogiques de l'Arduino, qui

convertit ces valeurs en positions X et Y numériques. Le module comprend également un bouton-poussoir intégré, activé en appuyant sur le joystick, ce qui peut être détecté par une broche numérique de l'Arduino. En combinant les données des axes X et Y avec l'état du bouton-poussoir, le joystick permet un contrôle précis et intuitif pour divers projets interactifs comme la robotique, les jeux ou la navigation dans les menus. [16].

2.5.2 Lecture des valeurs analogiques depuis le joystick

Le joystick émet un signal analogique dont la tension varie entre 0 et 5V. Lorsque vous déplacez le joystick le long de l'axe X d'un extrême à l'autre, la sortie X passe de 0 à 5 V, et la même chose se produit lorsque vous le déplacez le long de l'axe Y. Et, lorsque le joystick est centré (position de repos), la tension de sortie est d'environ la moitié de VCC, soit 2,5 V. Cette tension de sortie peut être transmise à un CAN sur un microcontrôleur pour déterminer la position physique du joystick.

Étant donné que la carte Arduino a une résolution ADC de 10 bits, les valeurs sur chaque canal analogique (axe) peuvent aller de 0 à 1023. Par conséquent, lorsque le joystick est déplacé d'un extrême à l'autre, il lira une valeur comprise entre 0 et 1023 pour le canal correspondant. Lorsque le joystick est centré, les canaux vertical et horizontal liront tous deux 512.

La **figure 2.10** représente les axes X et Y ainsi que la façon dont les sorties réagiront lorsque le joystick est déplacé dans différentes directions [16].

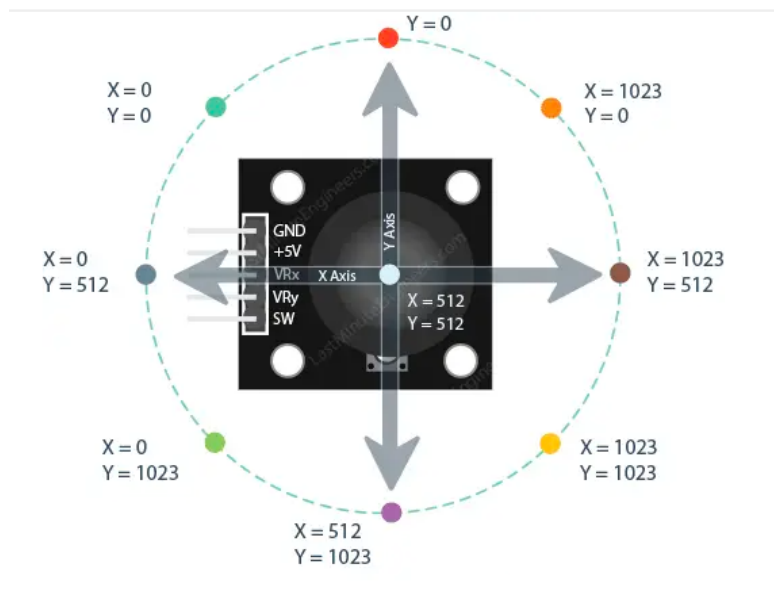


FIGURE 2.9 – Lecture des valeurs analogiques depuis le joystick

2.5.3 Brochage du module de joystick avec arduino

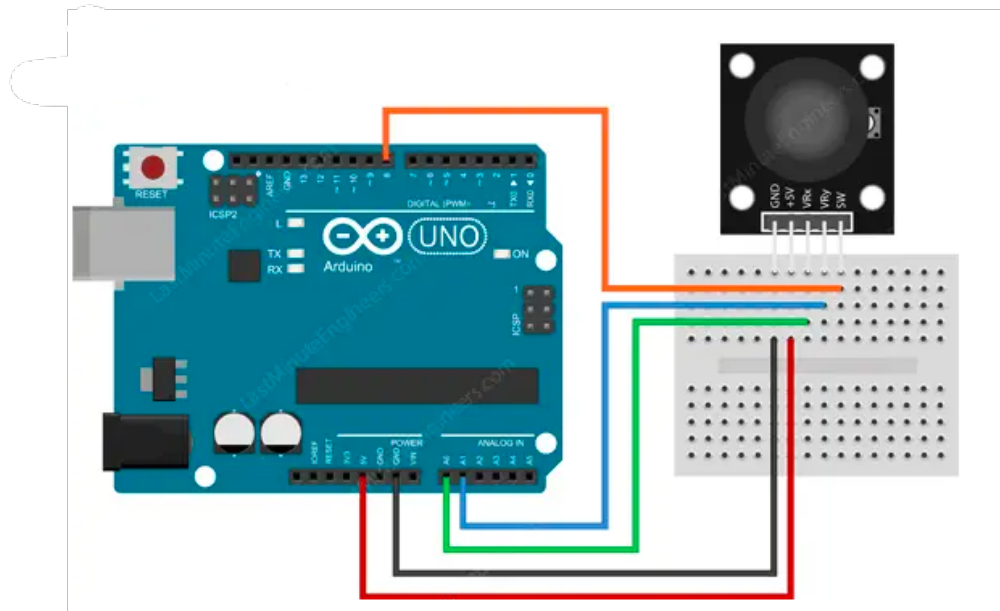


FIGURE 2.10 – Brochage du module de joystick

dans ce schéma :

- La broche **VCC** à la borne 5V de l'arduino
- La broche **GND** à la borne GND de l'Arduino.
- La broche **VR_x** à une broche analogique de l'arduino utiliser pour envoyer les valeurs du potentiomètre de l'axe X.
- La broche **VR_y** à une broche analogique de l'arduino utiliser pour envoyer les valeurs du potentiomètre de l'axe Y.

2.6 Capteur ultrason HC-SR04

Le capteur ultrason HC-SR04 est un dispositif électronique couramment utilisé pour mesurer des distances avec une grande précision. Il fonctionne en émettant des ondes ultrasonores et en mesurant le temps nécessaire pour que ces ondes reviennent après avoir détecté un objet. Voici une description détaillée de ses caractéristiques, et son fonctionnement :



FIGURE 2.11 – Capteur à ultrason HC-SR04

2.6.1 Fonctionnement

Il fonction de la manière suivante voir figure 2.12 :

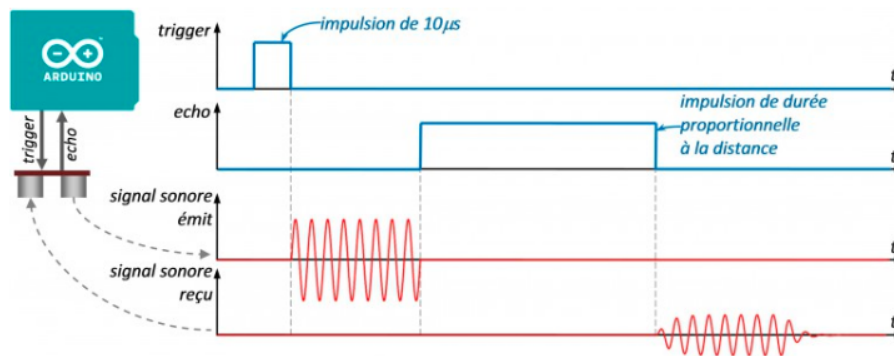


FIGURE 2.12 – Fonctionnement du Capteur ultrason HC-SR04

1. **Déclenchement (Trigger)** : L'Arduino envoie une impulsion de 10 microsecondes à la broche Trigger du capteur. Cette impulsion est représentée par le premier signal bleu en haut.

2. **Émission du signal ultrasonore** : Après avoir reçu l'impulsion de déclenchement, le capteur émet une série d'ondes ultrasonores. Cette émission est représentée par le signal rouge en bas.

3. **Réception du signal (Echo)** : Les ondes ultrasonores se propagent et, lorsqu'elles rencontrent un obstacle, elles sont réfléchies et retournent vers le capteur. Le temps entre l'émission et la réception des ondes est mesuré.

4. **Impulsion de durée proportionnelle** : Le capteur génère alors un signal de sortie sur la broche Echo, dont la durée est proportionnelle au temps écoulé pour l'aller-retour des ondes. Ce signal est représenté par le deuxième signal bleu.

5. **Calcul de la distance** : L'Arduino mesure la durée de l'impulsion sur la broche Echo et utilise la formule suivante pour calculer la distance :

$$\text{Distance} = \frac{\text{Temps} \times \text{Vitesse du son}}{2}$$

La division par 2 est nécessaire car le temps mesuré est pour l'aller-retour de l'onde.

En résumé, le capteur HC-SR04 envoie des ondes ultrasonores, mesure le temps qu'elles mettent à revenir après réflexion sur un objet, et l'Arduino utilise ce temps pour calculer la distance de l'objet.

2.6.2 Connexion du capteur avec arduino

La **figure 2.14** présente un exemple de connexion du module HC-06 à une carte Arduino Uno :

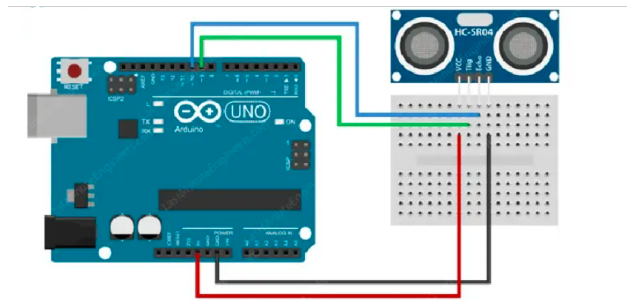


FIGURE 2.13 – Schéma de câblage du module hc-06 avec arduino

Dans ce schéma :

- Connecté la broche **VCC** du HC-SR04 à la broche 5V de la carte Arduino Uno.
- Relié la broche **GND** du HC-SR04 avec la masse (GND) d' Arduino.
- Connecté la broche **Trig** du HC-SR04 a une broche numérique de l'Arduino,
- Relié la broche **Echo** du HC-SR04 a une broche numérique de l'Arduino,

2.7 Conclusion

L'analyse détaillée des composants principaux du fauteuil roulant électrique montre l'importance de chaque élément dans le fonctionnement global de l'appareil. La carte Arduino, le joystick, le module Bluetooth, et le capteur ultrason travaillent en synergie pour fournir une expérience utilisateur fluide et sécurisée, démontrant ainsi la robustesse et l'efficacité du design choisi.

Chapitre 3

Description et réalisation

3.1 Introduction

La réalisation d'un fauteuil roulant électrique nécessite une intégration harmonieuse de plusieurs systèmes et composants. Ce chapitre présente le schéma synoptique du fauteuil roulant conçu, en détaillant chaque partie, de la structure mécanique aux systèmes de commande et de propulsion, en passant par les interfaces de contrôle et les capteurs de sécurité. Il inclut également une explication détaillée du programme Arduino utilisé pour gérer le fonctionnement de l'ensemble.

3.2 Présentation du fauteuil roulant électrique

Dans le cadre de ce projet, nous avons conçu un système de motorisation pour un fauteuil roulant manuel. Après plusieurs essais, deux moteurs DC ont été ajoutés pour permettre le déplacement. Chaque moteur a été solidement fixé sur une plaque métallique à l'aide de boulons. Ces plaques ont ensuite été soudées au châssis du fauteuil roulant afin d'assurer une stabilité optimale. Pour transmettre le mouvement des moteurs aux roues, une poulie de vélo a été installée sur chaque roue à l'aide de boulons, en parallèle avec les moteurs. Les poulies et les moteurs ont été reliés par une chaîne de vélo, permettant ainsi de convertir efficacement l'énergie des moteurs en mouvement des roues. Une fois cette configuration en place, nous avons abordé la partie commande et puissance afin de contrôler les moteurs et assurer le bon fonctionnement du fauteuil roulant motorisé, comme illustré à la **figure 3.1** .

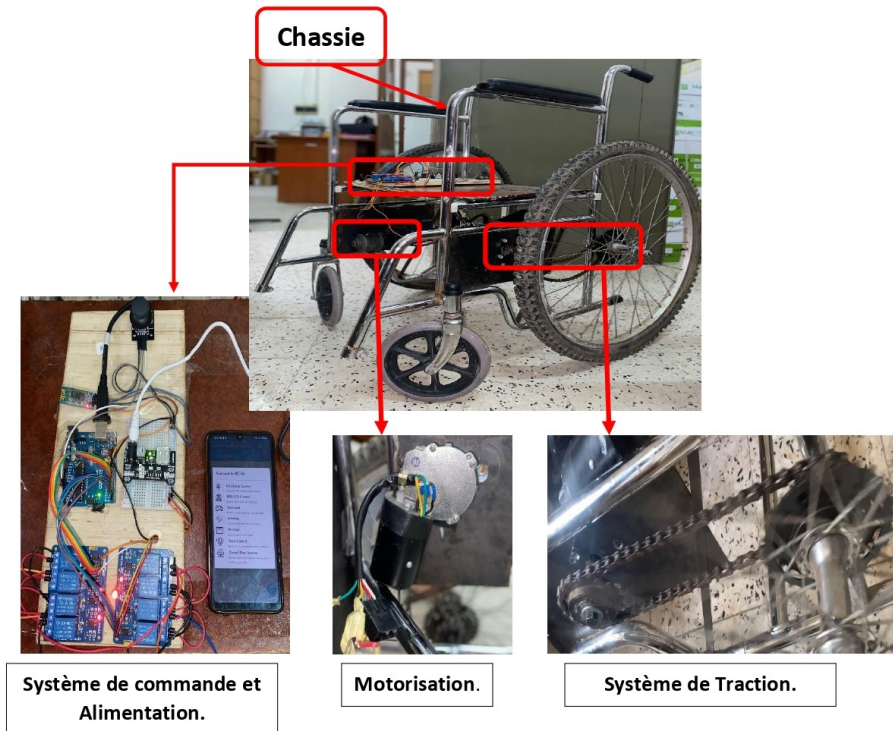


FIGURE 3.1 – Présentation du Fauteuil roulant électrique

3.2.1 Schéma synoptique du fauteuil roulant électrique

Le schéma de la **figure 3.2** montre un système de contrôle du fauteuil roulant motorisé. L'Arduino reçoit des commandes d'un joystick, d'un module Bluetooth et du capteur à ultrasons. Le joystick permet le contrôle manuel, le Bluetooth permet la commande à distance, et le capteur à ultrasons aide à éviter les obstacles. L'Arduino traite ces informations et contrôle les moteurs gauche et droit via un pont en H pour diriger le fauteuil.

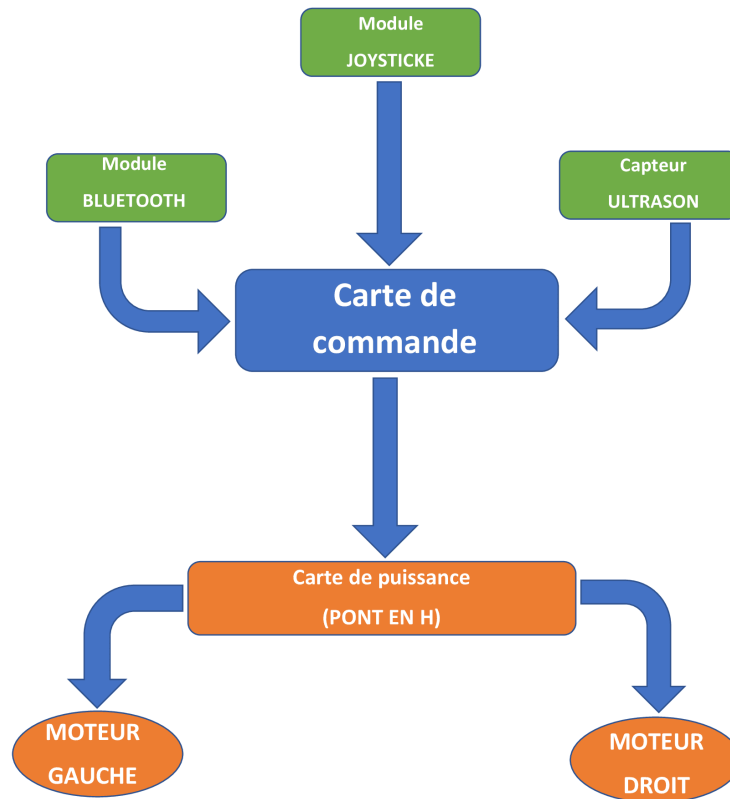


FIGURE 3.2 – Schéma synoptique générale du fauteuil roulant

3.3 Un system de propulsion électrique

Le system de propulsion électrique est composé deux parties identiques et installées des deux côtés du fauteuil. Chacune est composée de :

- Un moteur électrique à courant continu de 12V, équipé de réducteur de vitesse mécanique à vis sans fin. Ce mécanisme représenté en **figure 3.3** permet d'avoir un couple élevé et une grande stabilité de charge [datasheet MCC].
- Un système de transmission de mouvement de l'axe du moteur à la roue, composé de deux pignons (roues dentées) et d'une chaîne métallique (**voir figure 3.4**)

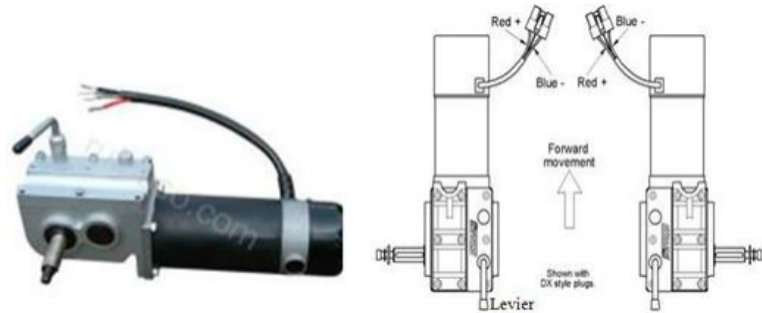


FIGURE 3.3 – Moteur à courant continu associé au fauteuil



FIGURE 3.4 – système de transmission

- Un circuit de puissance (pont en H) réalisé en utilisant un module relais, décrit dans le chapitre 2. Le schéma de ce circuit est donné en **figure 3.5**. Le rôle de cette carte est d'alimenter les moteurs avec l'énergie électrique nécessaire en fonction des signaux de commande qu'elle reçoit de la carte Arduino.

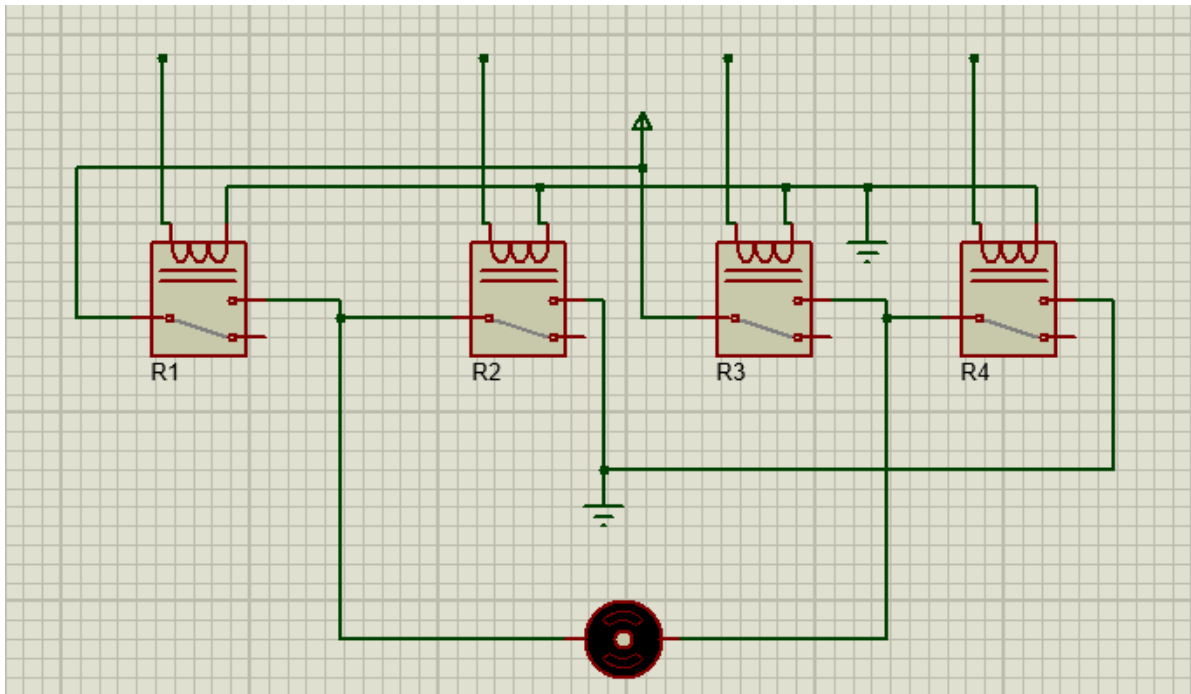


FIGURE 3.5 – Schéma électrique de la carte de commande d'un moteur

Comme illustre dans la (figure3.6) ,le controle du sens de rotation des moteurs se fait par la commande de l'ouverture et la fermeture des contacts relais du pont en H .

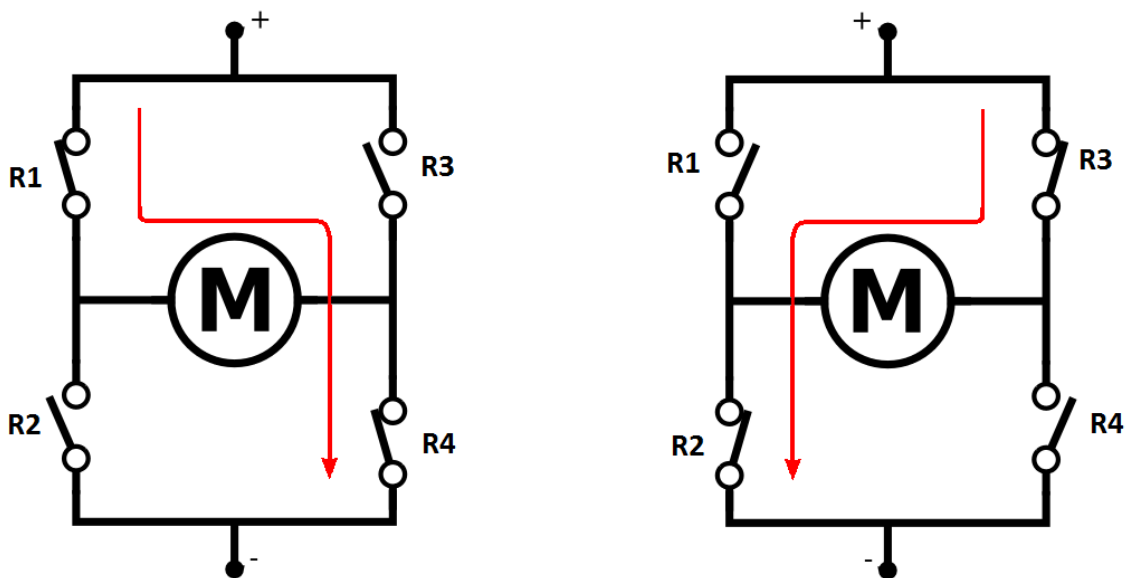


FIGURE 3.6 – Contrôle de la Direction du sens du Courant dans un Pont en H avec Relais

3.4 Détecteur d'obstacles

Le détecteur de d'obstacles est réalisé à base du module ultrason HC- SR04 . Ce détecteur est utilisé pour détecter la présence d'obstacles devant le fauteuil. Ce composant joue un rôle important pour la sécurité du fauteuil et de l'utilisateur. En effet, lorsqu'un obstacle est détecté à une distance inférieur à une distance critique, fixée à 50 cm, la carte de commande fait arrêter le fauteuil quels que soit les ordres de l'utilisateur pour éviter la collision entre le fauteuil et l'obstacle détecté.

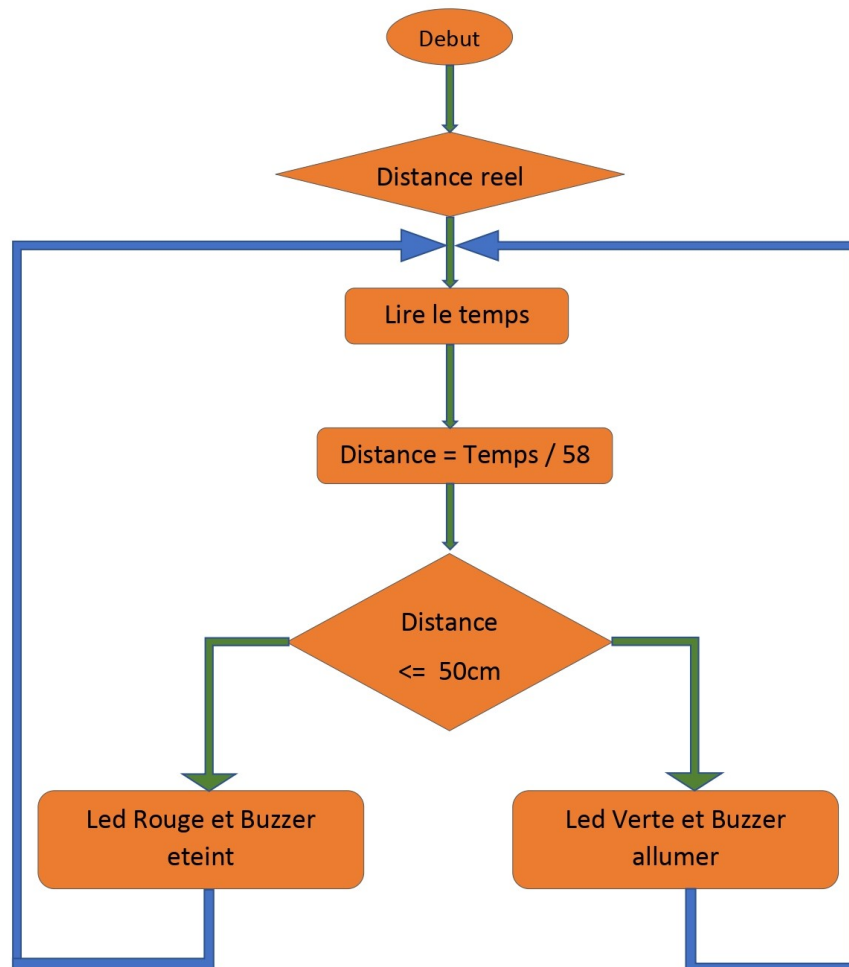


FIGURE 3.7 – Organigramme du système anti-collision

1. Le processus commence.
2. Le capteur à ultrasons commence à mesurer la distance réelle.
3. Le système lit le temps que prend l'écho de l'ultrason pour revenir au capteur.
4. La distance est calculée en divisant le temps mesuré par 58.

5. Le système vérifie si la distance mesurée est inférieure ou égale à 50 cm.
6. Si la distance est supérieure à 50 cm :La LED rouge et le buzzer sont éteints sinon le processus retourne au début pour une nouvelle mesure.
7. Si la distance est inférieure ou égale à 50 cm :La LED verte s'allume et le buzzer émet un son pour indiquer la présence d'un obstacle à proximité, sinon Le processus retourne au début pour une nouvelle mesure.

3.5 Système de Commande avec Joystick

Il s'agit du module Joystick présenté dans le chapitre 2, Il permet à l'utilisateur de spécifier le sens du déplacement du fauteuil (avant, arrière ,gauche ,droite). La carte Arduino interprète les ordres de l'utilisateur par la lecture des valeurs analogiques des axes X et Y du joystick **figure 3.8** :

- Si la valeur de l'axe X est supérieure à 600 (joystick poussé vers l'avant), l'ordre est de se déplacer vers l'avant. Si la valeur est inférieure à 400 (joystick poussé vers l'arrière), l'ordre est de se déplacer en marche arrière.
- Si la valeur de l'axe Y est supérieure à 600 (joystick poussé vers la gauche), l'ordre est de se déplacer à gauche. Si la valeur est inférieure à 400 (joystick poussé vers la droite), l'ordre est de se déplacer à droite.

3.5.1 Organigrammes de la commande avec joystick :

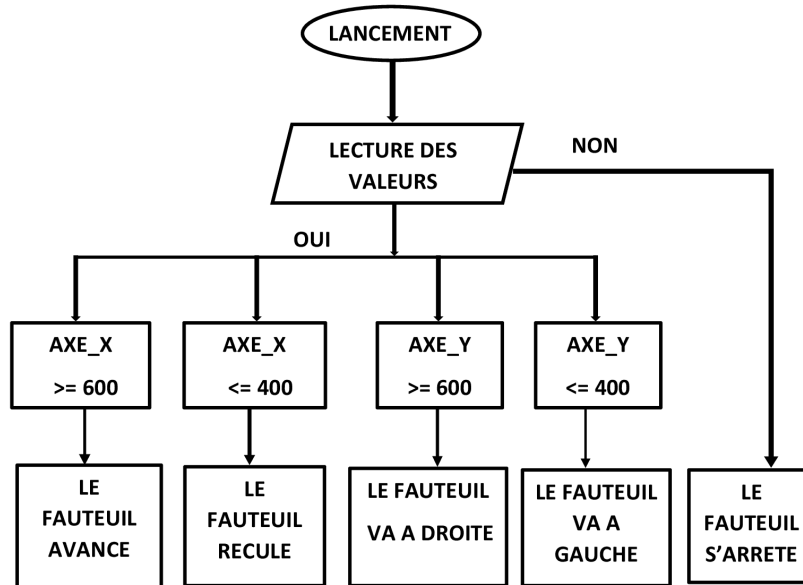


FIGURE 3.8 – Organigrammes commande par joystick

3.6 Interface de la commande vocale

En plus du joystick, la chaise roulante est équipée d'un système de commande vocale pour une utilisation mains libres. Ce système utilise un module de reconnaissance vocale connecté à l'Arduino, via le module Bluetooth HC06, capable de comprendre des commandes vocales prédéfinies comme "avance", "recule", "gauche" et "droite" et aussi "arrête". Lorsque

l'utilisateur prononce une commande vocale, le module la traduit en signal électrique que l'Arduino utilise pour contrôler les moteurs de la même manière que le joystick.

Pour mettre en œuvre la commande vocale d'un fauteuil roulant connecté à un smartphone via Bluetooth et contrôlé par Arduino, voici les étapes à suivre :

Après avoir établi la connexion Bluetooth entre le smartphone et le module Bluetooth de l'Arduino, nous avons utilisé l'application **Arduino Bluetooth Control** disponible sur Play Store. En accédant à l'application, une fenêtre s'affiche pour choisir le mode d'utilisation, soit le mode manette, soit le mode commande vocale, comme le montre la **figure 3.9**

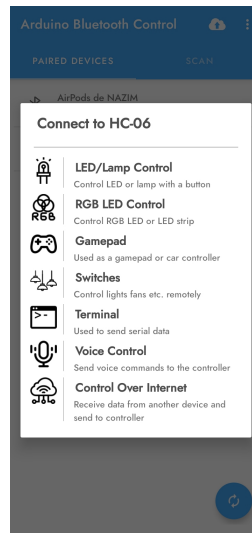


FIGURE 3.9 – Configuration de l'interface

3.6.1 Choix de la commande vocale "voice control"

Après avoir choisi la commande vocale une interface apparaît comme la montre la **figure 3.10** en cliquant sur l'icône bleue et prononcer l'instruction voulu les services de reconnaissance vocal google convertissent audio en texte et partage avec l'application ce dernier l'envoi au module puis vers l'arduino .le fonctionemet de la commade vocale est décrite dans la **figure 3.11**

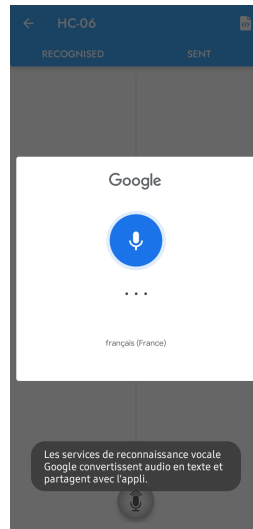


FIGURE 3.10 – L'interface de la commande vocale

Voici un organigramme de la commande vocale qui explique le principe de fonctionnement :

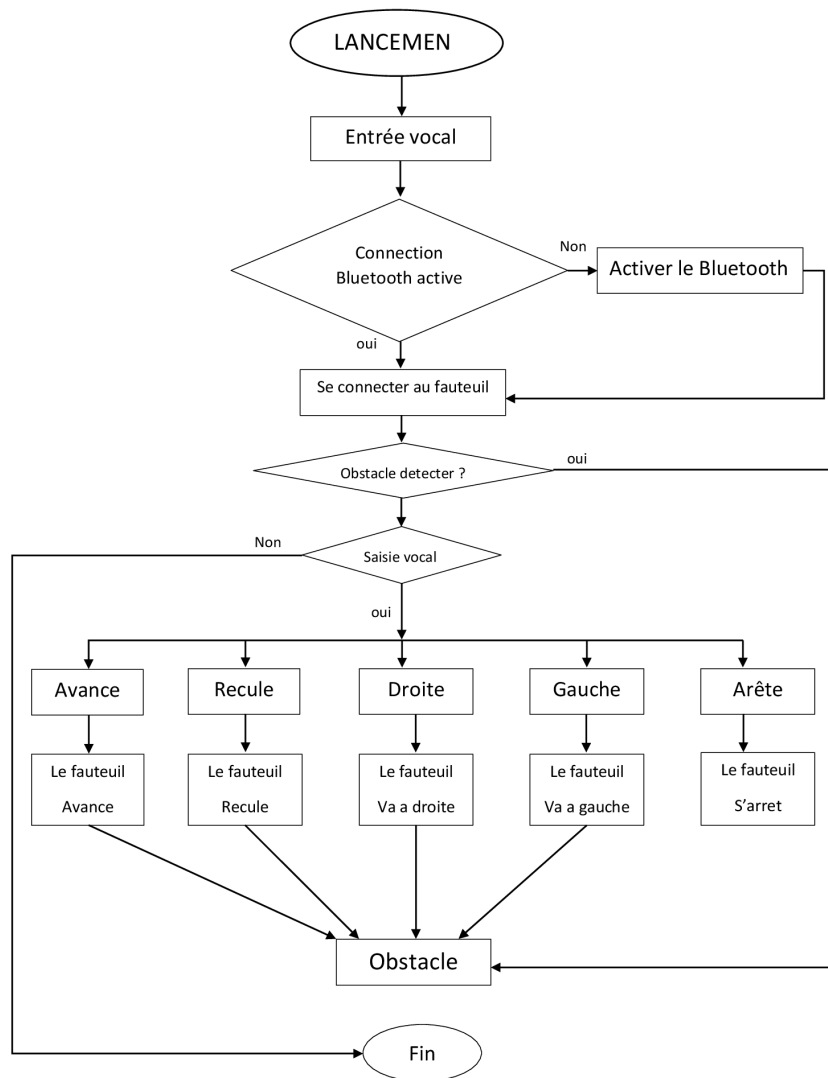


FIGURE 3.11 – Organigramme de la commande vocael

3.6.2 Choix de la commande manette"gamepad"

Après avoir choisi la commande gamepad une interface apparait comme la montre **la figure 3.12**

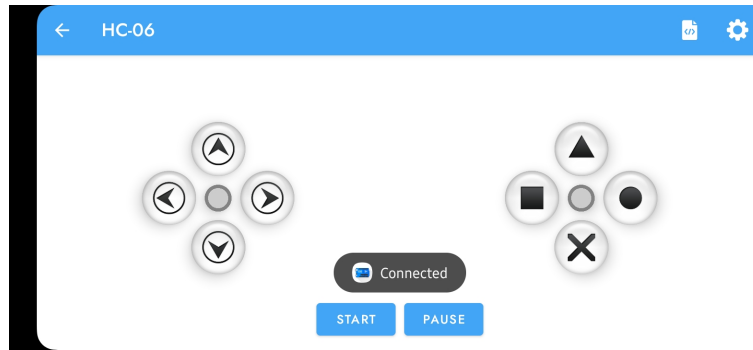


FIGURE 3.12 – Configuration de l'interface

Les quatre boutons à gauche sont spécifiés pour diriger le fauteuil dans les quatre directions :

Le bouton haut permet de déplacer en avant.

Le bouton bas permet de déplacer en arrière .

Le bouton gauche permet de déplacer vers la gauche.

Le bouton droit permet de déplacer vers la droite .

3.6.3 Alimentation électrique

Cette partie fournit les alimentations électriques nécessaires au fonctionnement des différentes parties du fauteuil roulant. Une alimentation de 12V est utilisée pour les moteurs, tandis qu'une alimentation de 5V est nécessaire pour les autres composants.

Pour réaliser cette alimentation, on peut utiliser une batterie de 12V équipée d'un système de gestion de batterie (BMS - Battery Management System). Un convertisseur abaisseur de tension doit être également intégré pour fournir une tension de 5V à partir de la tension de 12V de la batterie.

3.6.4 Schéma électrique

Le schéma électrique présente la connexion électrique des différents composants et circuits est donné par la **figure 3.13**, obtenue en utilisant le logiciel « Proteus » :

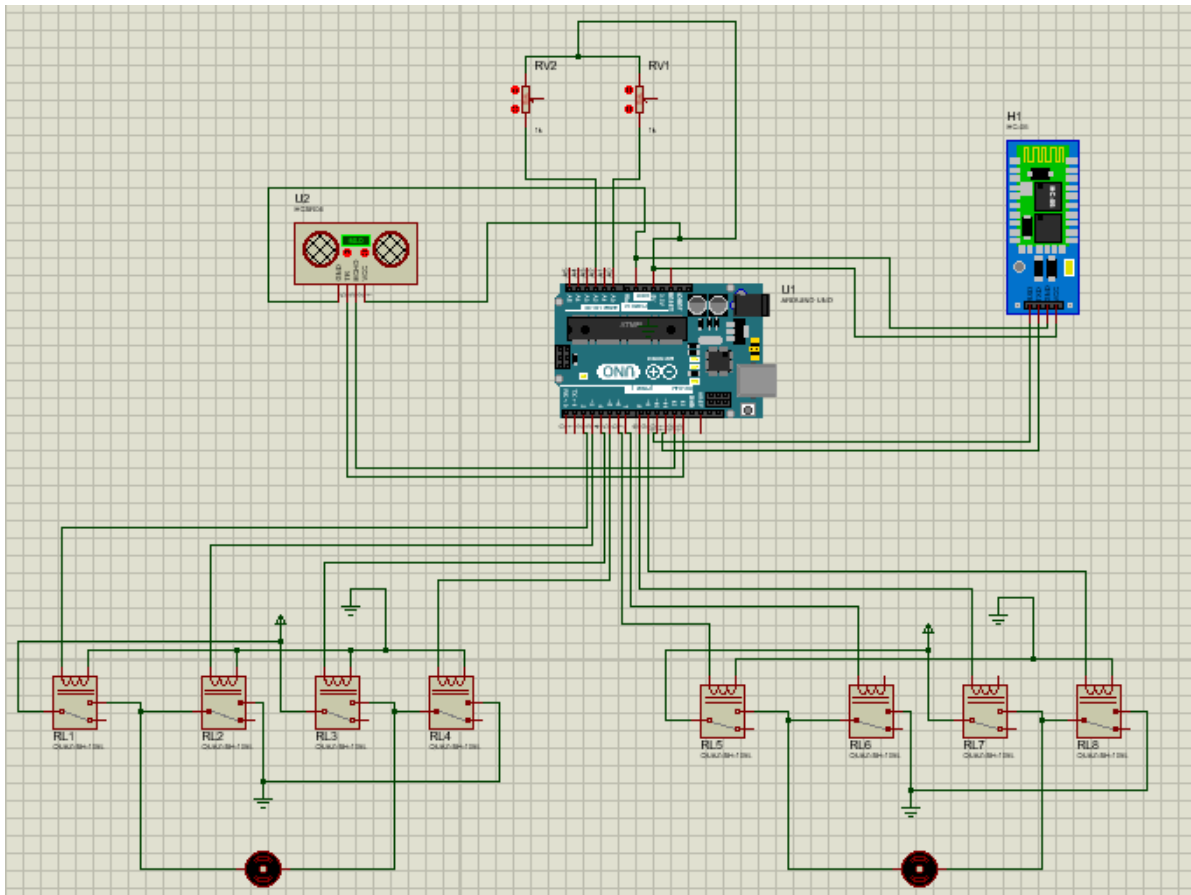


FIGURE 3.13 – Schéma électrique sur Proteus

3.7 Programme ARDUINO de la commande JOYSTICK

//partie 1 : Déclaration des constantes et variables utilisées dans le programme.

Les constantes sont utilisées pour définir les pins de la carte Arduino connectés aux modules Relais. Les variables sont utilisées pour définir les valeurs lues des axes X et Y du joystick.

```
int Capteur_Ultra_son_Trig = 12;
int Capteur_Ultra_son_Echo = 13;
int k_1_md = 2; //md=moteur droite
int k_2_md = 3;
int k_3_md = 4;
int k_4_md = 5;
int k_1_mg = 6; //mg=moteur gauche
int k_2_mg = 7;
```

```
int k_3_md = 8;
int k_4_md = 9;
int axe_X;
int axe_Y;

void setup() {
    // Partie 2: La boucle void setup ou nous avons déclaré le sens des pins,
    // déclaré les pins en entré (INPUT) ou en sortie (OUTPUT).
    pinMode(k_1_md,OUTPUT);
    pinMode(k_2_md,OUTPUT);
    pinMode(k_3_md,OUTPUT);
    pinMode(k_4_md,OUTPUT);
    pinMode(k_1_md,OUTPUT);
    pinMode(k_2_md,OUTPUT);
    pinMode(k_3_md,OUTPUT);
    pinMode(k_4_md,OUTPUT);
    pinMode(Capteur_Ultra_son_Trig, OUTPUT);
    pinMode(Capteur_Ultra_son_Echo, INPUT);
}

void loop() {
    // partie 3 : La boucle void loop la ou on a programmer le fonctionnement de notre
    // fauteuil roulant électrique en fonction des valeur lues apartir du joystick et
    // le capteur ultrason
    axe_X = analogRead(A1);
    axe_Y = analogRead(A0);
    digitalWrite(Capteur_Ultra_son_Trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(Capteur_Ultra_son_Trig, LOW);
    int Duree = pulseIn(Capteur_Ultra_son_Echo, HIGH);
    int Distance = Duree / 58; //d'après la datasheet, permet de convertir en cm

    if (axe_X > 600)
        // marche avant
        pour avancer il faut que la distance mesurer soit superieur a 50 cm
```

et la valeur du lues sur l'axe X du joystick soit supérieur a 600.

```

{
  if ( Distance < 50 ) {
    digitalWrite(k_1_md,LOW);
    digitalWrite(k_4_md,LOW);
    digitalWrite(k_2_md,LOW);
    digitalWrite(k_3_md,LOW);
    digitalWrite(k_1_mg,LOW);
    digitalWrite(k_4_mg,LOW);
    digitalWrite(k_2_mg,LOW);
    digitalWrite(k_3_mg,LOW);

  }
  else {
    digitalWrite(k_1_md,HIGH);
    digitalWrite(k_4_md,HIGH);
    digitalWrite(k_2_md,LOW);
    digitalWrite(k_3_md,LOW);
    digitalWrite(k_1_mg,HIGH);
    digitalWrite(k_4_mg,HIGH);
    digitalWrite(k_2_mg,LOW);
    digitalWrite(k_3_mg,LOW);
  }
}
}
else if (axe_X < 400)
  //marche arrier
  //pour reculer il faut que la valeur du lue sur l'axe X du joystick soit
  inférieur a 400.
{
  digitalWrite(k_1_md,LOW);
  digitalWrite(k_4_md,LOW);
  digitalWrite(k_2_md,HIGH);
  digitalWrite(k_3_md,HIGH);
  digitalWrite(k_1_mg,LOW);
  digitalWrite(k_4_mg,LOW);
  digitalWrite(k_2_mg,HIGH);
  digitalWrite(k_3_mg,HIGH);

```

```

}
else if (axe_Y > 600 )
  // a gauche
  pour tourner a gauche il faut que la valeur lue sur l'axe Y du joystick soit
  supérieur a 600.
{
  digitalWrite(k_1_md,HIGH);
  digitalWrite(k_4_md,HIGH);
  digitalWrite(k_2_md,LOW);
  digitalWrite(k_3_md,LOW);
  digitalWrite(k_1_mg,LOW);
  digitalWrite(k_4_mg,LOW);
  digitalWrite(k_2_mg,HIGH);
  digitalWrite(k_3_mg,HIGH);
}
else if (axe_Y < 400 )
  //a droite
  pour tourner à droite il faut que la valeur lue sur l'axe Y du joystick soit
  inférieur a 400.
{
  digitalWrite(k_1_md,LOW);
  digitalWrite(k_4_md,LOW);
  digitalWrite(k_2_md,HIGH);
  digitalWrite(k_3_md,HIGH);
  digitalWrite(k_1_mg,HIGH);
  digitalWrite(k_4_mg,HIGH);
  digitalWrite(k_2_mg,LOW);
  digitalWrite(k_3_mg,LOW);
}
else //stop
// et si le joystick est centé ,le fauteuil s'arrête.
{
  digitalWrite(k_1_md,LOW);
  digitalWrite(k_4_md,LOW);
  digitalWrite(k_2_md,LOW);
  digitalWrite(k_3_md,LOW);
  digitalWrite(k_1_mg,LOW);

```

```
    digitalWrite(k_4_mg,LOW);
    digitalWrite(k_2_mg,LOW);
    digitalWrite(k_3_mg,LOW);
}
}
```

3.8 Programme ARDUINO de la commande vocale

//partie 1 : déclaration des constantes et bibliothèque utilisées dans le programme. Les constantes sont utilisées pour définir les pins de la carte Arduino connectées aux module Relais , la bibliothèque `softwareserial.h` est utiliser pour faciliter la communication bluetooth et déclarer les pins du module bluetooth connecter a l'Arduino.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BTphone(10,11);
int Capteur_Ultra_son_Trig = 12;
int Capteur_Ultra_son_Echo = 13;
int k_1_md = 2; //md=moteur droite
int k_2_md = 3;
int k_3_md = 4;
int k_4_md = 5;
int k_1_mg = 6; //mg=moteur gauche
int k_2_mg = 7;
int k_3_mg = 8;
int k_4_mg = 9;
void setup() {
    // Partie 2: La boucle void setup ou nous avons déclarer le sens des pins,déclare les pins en entrer (INPUT) ou en sortie (OUTPUT) et déclarer la vitesse de communication.

    BTphone.begin(9600);
    pinMode(k_1_md,OUTPUT);
    pinMode(k_2_md,OUTPUT);
    pinMode(k_3_md,OUTPUT);
    pinMode(k_4_md,OUTPUT);
    pinMode(k_1_mg,OUTPUT);
```

```

pinMode(k_2_mg,OUTPUT);
pinMode(k_3_mg,OUTPUT);
pinMode(k_4_mg,OUTPUT);
pinMode(Capteur_Ultra_son_Trig, OUTPUT);
pinMode(Capteur_Ultra_son_Echo, INPUT);
pinMode(LedVerte,OUTPUT);
pinMode(buzzer,OUTPUT);
}

void loop() {
    digitalWrite(Capteur_Ultra_son_Trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(Capteur_Ultra_son_Trig, LOW);
    int Duree = pulseIn(Capteur_Ultra_son_Echo, HIGH);
    int Distance = Duree / 58; //d'après la datasheet, permet de convertir en cm

    String message;                                     // Boucle de lecture sur le BT

    while(BTphone.available())
    {
        message = BTphone.readString();                // Écriture du message dans le BT
    }
    if(message == "avance")
    // bt marche avant
    pour avancer il faut que la distance mesurer soit supérieur a 50 cm
    et le message reçu du smartphone est "Avance"
    {
        if ( Distance < 50) {
digitalWrite(k_1_md,LOW);
digitalWrite(k_4_md,LOW);
digitalWrite(k_2_md,LOW);
digitalWrite(k_3_md,LOW);
digitalWrite(k_1_mg,LOW);
digitalWrite(k_4_mg,LOW);
digitalWrite(k_2_mg,LOW);
digitalWrite(k_3_mg,LOW);

```

```
}
  digitalWrite(k_1_md,LOW);
digitalWrite(k_4_md,LOW);
digitalWrite(k_2_md,HIGH);
digitalWrite(k_3_md,HIGH);
digitalWrite(k_1_mg,LOW);
digitalWrite(k_4_mg,LOW);
digitalWrite(k_2_mg,HIGH);
digitalWrite(k_3_mg,HIGH);
  }
  if(message == "recule")
  // bt marche arriéré
  pour reculer il faut que le message reçu du smartphone est "recul"
  {

digitalWrite(k_1_md,HIGH);
digitalWrite(k_4_md,HIGH);
digitalWrite(k_2_md,LOW);
digitalWrite(k_3_md,LOW);
digitalWrite(k_1_mg,HIGH);
digitalWrite(k_4_mg,HIGH);
digitalWrite(k_2_mg,LOW);
digitalWrite(k_3_mg,LOW);
  }
  if(message == "droite")
  // bt marche droite
  pour reculer il faut que le message reçu du smartphone est "droite"
  {

digitalWrite(k_1_md,LOW);
digitalWrite(k_4_md,LOW);
digitalWrite(k_2_md,HIGH);
digitalWrite(k_3_md,HIGH);
digitalWrite(k_1_mg,HIGH);
digitalWrite(k_4_mg,HIGH);
digitalWrite(k_2_mg,LOW);
```

```
digitalWrite(k_3_md,LOW);
  }
  if(message == "gauche")
  // bt marche gauche
  pour reculer il faut que le message reçu du smartphone est "gauche"
  {

digitalWrite(k_1_md,HIGH);
digitalWrite(k_4_md,HIGH);
digitalWrite(k_2_md,LOW);
digitalWrite(k_3_md,LOW);
digitalWrite(k_1_md,LOW);
digitalWrite(k_4_md,LOW);
digitalWrite(k_2_md,HIGH);
digitalWrite(k_3_md,HIGH);
  }
else if(message == "arrête")
// bt marche stop
pour reculer il faut que le message reçu du smartphone est "arrête"
{

digitalWrite(k_1_md,LOW);
digitalWrite(k_4_md,LOW);
digitalWrite(k_2_md,LOW);
digitalWrite(k_3_md,LOW);
digitalWrite(k_1_md,LOW);
digitalWrite(k_4_md,LOW);
digitalWrite(k_2_md,LOW);
digitalWrite(k_3_md,LOW);
  }
}
```

3.9 Conclusion

Le processus de réalisation du fauteuil roulant électrique, tel que décrit dans ce chapitre, a permis de concrétiser les concepts théoriques en un dispositif fonctionnel. La présentation détaillée des schémas, des rôles et du fonctionnement des différentes parties, ainsi que du programme Arduino, illustre la complexité et la minutie nécessaires pour parvenir à un résultat satisfaisant et opérationnel.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a permis de concevoir et de réaliser un fauteuil roulant électrique intelligent, intégrant des technologies de pointe pour améliorer la mobilité et l'autonomie des utilisateurs. À travers les différents chapitres de ce mémoire, nous avons exploré en profondeur les aspects théoriques et pratiques liés au développement d'un tel dispositif.

La première partie du mémoire a offert un aperçu général des fauteuils roulants électriques, en mettant en lumière les différentes catégories et les composants essentiels. Cette base théorique a permis de contextualiser le projet et de comprendre les enjeux et les défis liés à la conception de dispositifs de mobilité assistée.

Dans la deuxième partie, nous avons analysé en détail les composants principaux du fauteuil roulant développé. La carte Arduino, en tant que cerveau de l'appareil, a démontré sa flexibilité et sa puissance dans la gestion des différentes fonctions du fauteuil. Le joystick, en tant qu'interface utilisateur, a prouvé son efficacité pour le contrôle directionnel, tandis que le module Bluetooth HC06 et le capteur ultrason ont ajouté des dimensions de connectivité et de sécurité, essentielles pour un usage quotidien.

La réalisation concrète du fauteuil roulant, présentée dans la troisième partie, a illustré le processus d'intégration des différents systèmes et composants. Les schémas synoptiques, les descriptions des rôles et fonctionnements des parties, ainsi que le programme Arduino, ont montré la complexité et la précision nécessaires pour développer un dispositif opérationnel et fiable.

Les tests effectués sur le fauteuil roulant ont révélé que le dispositif répondait aux attentes en termes de performance et de sécurité. Cependant, certaines améliorations peuvent être envisagées pour optimiser l'autonomie de la batterie, améliorer l'ergonomie de l'interface utilisateur et intégrer des fonctionnalités supplémentaires comme la reconnaissance vocale ou la navigation autonome.

Ce projet ouvre des perspectives intéressantes pour de futurs développements. Les avancées technologiques constantes dans les domaines de l'électronique, de la robotique et des interfaces homme-machine offrent de nouvelles opportunités pour améliorer encore les fauteuils roulants électriques. En conclusion, ce travail témoigne de la contribution potentielle de l'ingénierie et de l'innovation technologique à la qualité de vie des personnes à mobilité réduite.

Bibliographie

- [1] Julie Williams. The history of the electric wheelchair. *New York : Mobility Press, 2005.*
- [2] Amol M. Karmarkar and Kenneth J. Ottenbacher. Technological advances in wheelchairs : Past, present, and future. *Journal of Rehabilitation Research and Development, vol. 40, no. 3, 2003, pp. 367-379.*
- [3] John. Smith. Manual vs. electric wheelchairs. *Journal of Rehabilitation Research and Development, vol. 52, no. 4, 2015, pp. 342-357, Accessed June 14, 2024.*
- [4] M. Anderson, J. & Johnson. Types of electric wheelchairs. *Journal of Assistive Technology, 14(3), 123-135, 2020.*
- [5] Marie-Claude Comte et Évelyne Dias Catel, Géraldine. Choisir son fauteuil roulant à propulsion par moteur électrique. 3ème édition. *CERAH, 2023.*
- [6] L. Rogers, J. & Fehr. A review of intelligent wheelchair controller architectures. *Journal of Rehabilitation Research and Development, 54, 427-438, 2017.*
- [7] Organisation mondiale de la santé (oms). *Rapport mondial sur le handicap., 2011.*
- [8] Jason CHEMAMA. Guide du fauteuil roulants : manuels, électriques et innovations. *HANDIEASY, 2 mars 2020.*
- [9] Tarekbirtt. Fauteuil roulant Électrique. *Ouedkniss,, 14 novembre 2022.*
- [10] R. A. BCooper. Wheelchair design and testing. *Handbook of Wheelchair Design and Accessibility, ??(??) :3-18, ??*
- [11] Y. Zhang, X. Yang. Motor selection and drive system design for an electric wheelchair. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 24(3), 1259-1267, 2013.*
- [12] tarekbirtt. Fauteuil roulant Électrique. *<https://www.ouedkniss.com/>.*
- [13] Xukyo. Votre arduino communique avec le module hc-06. *Tutoriels, 6 Mar 2018.*
- [14] William. Qu'est-ce qu'un module relais et à quoi sert-il ? 14 novembre 2022.
- [15] Utiliser un relais pour piloter des composants de forte puissance. *Fiche Tutoriel 11. [PDF]., 18 mars 2018.*

- [16] Fonctionnement du joystick à 2 axes et interface avec arduino + traitement, 25 septembre 2023.
- [17] Q'est ce qu'un joystick ? comment le faire fonctionner dans vos projets ?, 29 octobre 2022.
- [18] A . SSmith, J. & Brown. Control of dc motors using h-bridge with relays. *Journal of Electronic Circuits*, 12(3), 145-158.