



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن احمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي

Département de Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : ingénierie de la maintenance en instrumentation

Thème

**Automatisation de stationnement d'un automobile :
Self parking car**

Présenté et soutenu publiquement par :

BELBAHI IMANE

ALIANE NOUR EL HOUDA

Devant le jury composé de :

Mr. ROUAN SERIK MEHDI	MCB	Univ. Oran-2, IMSI	Président
Mr. HASSINI ABDELATIF	Professeur	Univ. Oran-2, IMSI	Encadrant
Mr. ADDA NEGAZ SAMIR	MAA	Univ. Oran-2, IMSI	Examineur

Année 2022/2023

Remerciment

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce d'Allah le tout puissant de nous avoir donné la volonté d'entamer et de le terminer.

Et au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute nos gratitude.

on remercie nos très chers parents, qui ont toujours été là pour nous. on remercie nos sœurs et frères , pour leurs encouragements.

On voudrais tout d'abord adresser toute nos reconnaissances à le directeur de ce mémoire, monsieur Hassini Abdelatif , pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

L'enseignement de qualité dispensé par le Master (IMI) a également su nourrir nos réflexions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, merci donc aux enseignants-chercheurs.

on tiens à remercier spécialement NASSIM BELMECHRI qui fut la première à nous faire découvrir le sujet qui a guidé notre mémoire.

on remercie en particulier NOUBA OTMANI et Yasser, pour nous'avoir aider et donné l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail de terrain..

on voudrais exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui n'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de nos démarche

DIDICACES

ALIANE NOUR EL HOUDA

Je dédie ce travail à ma mère pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices

A mon père pour son soutien son affection et la confiance qu'il m'accordée

A la mémoire de mes grandes mères

A mes chères sœurs et mes frères, pour leur appui et leur encouragement,

A ma chère amie BELBAHI RANDA. A toutes mes amies

BELKAOUSSA KAOUTHER, SOUHILA ALLAOUI pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre

Soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi

BELBAHI IMANE

Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour, sincérité et fierté

Tout d'abord, je le dédie à la mémoire de mon défunt père, qui a suscité en moi le goût de l'effort par sa rigueur inébranlable. Il restera toujours présent dans mon

Cœur.

À la plus belle créature qu'ALLAH a créée sur terre ...À cette source de tendresse, de

Patience et de générosité,

À ma mère !

A mes chères sœurs : AHLAM, RIMA et ses enfants et ma petite sœur LINA

À mon grand frère MOHAMMED EL AMIN pour Leur soutien constant et leur

Présence ont été des piliers essentiels dans mon parcours.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers ma chère amie ALIANE NOUR EL HOUDA,

Ainsi que mes amies SOUHILA ALLAOUI, Amina Chikalil et Fella Saal. Leur

Encouragement a toujours été une source de motivation et de force pour moi, et je

leur souhaite un succès continu dans leurs propres chemins.

Enfin, je veux exprimer ma gratitude envers tous ceux qui, par un simple mot, m'ont donnée la force de persévérer.

Résumé

L'objectif de ce projet est de concevoir un prototype simple de système de stationnement qui peut effectuer des manœuvres de stationnement en parallèle de manière autonome. Ce système comprendrait une série de capteurs de proximité ainsi qu'un microprocesseur central intégrée qui contrôle la voiture. La voiture de stationnement parallèle autonome détecte d'abord son environnement à l'aide d'une série de capteurs de proximité infrarouges et ultrasons placés devant la voiture. Ces capteurs sont connectés à un microprocesseur Arduino, qui lit les tensions de sortie des capteurs. La voiture se déplace alors en fonction des valeurs fournies par les capteurs. La voiture est dirigée par ses roues avant. L'essieu avant est connecté à moteur Arduino, qui peut être écrit à des angles spécifiques en fonction des signaux donnés par l'Arduino. La voiture est conduite par ses roues arrière, qui sont contrôlées par un simple moteur électrique et une configuration de pont en H. Le pont en H permet au moteur de changer de direction et de varier la vitesse de rotation.

Abstract

The objective of this project is to design a simple prototype of a parking system that can perform parallel parking maneuvers autonomously. This system would include a series of proximity sensors and a central microprocessor that controls the car. The autonomous parallel parking car first detects its surroundings using a series of infrared and ultrasonic proximity sensors placed in front of the vehicle. These sensors are connected to an Arduino microprocessor, which reads the output voltages of the sensors. The car then moves based on the values provided by the sensors. The car is steered by its front wheels. The front axle is connected to a servo motor, which can be set at specific angles based on the signals given by the Arduino. The car is driven by its rear wheels, which are controlled by a simple electric motor and an H-bridge configuration. The H-bridge allows the motor to change direction and vary the rotational speed.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Organisation du PFE.....	2
Chapitre I : La robotique dans les automobiles	3
I.1. Introduction	3
I.2. Généralité sur les robots	3
I.3. Les robots mobiles autonome	4
I.3.1. Définition	4
I.4. Classification des robots mobiles	5
I.5. Les types de robot mobile	6
I.5.1. Les robots mobiles à roues.....	6
I.5.1.1. Robot mobile de type unicycle	6
I.5.1.2. Robot mobile de type tricycle	6
I.5.1.3. Robot mobile de type voiture.....	7
I.5.1.4. Robot mobile de type omnidirectionnel	8
I.5.2. Robots mobiles à pattes	8
I.5.3. Robots mobiles comme un drone	9
I.6. Les caractéristiques d'un robot mobile	9
I.7. Partie principale sur autopilotage dans l'automobile	10
I.8. Partie électronique dans l'automobile	11
I.8.1. Le multiplexage dans un véhicule.....	12
I.8.2. Les composants électroniques dans un véhicule	12
I.8.3. Les types des réseaux multiplexeurs	13
I.9. Les avantages et les problèmes de la robotique mobile	14
I.9.1. Les avantages de la robotique mobile.....	14
I.9.2. Les Problèmes en robotique mobile.....	15
I.10. Conclusion	16
Chapitre II : Architecture d'un système SAV.....	17
II.1. Introduction	17
II.2. Etude bibliographique	17
II.2.1. L'entrée du « système automobile ».....	17

II.2.2. Définition du concept de stationnement	18
II.3. L'aide au stationnement.....	19
II.3.1. Radar de recul.....	19
II.3.2. Caméra de recul.....	20
II.3.3. Le Park Assist	20
II.4. Système de stationnement automobile intelligent utilisant Arduino UN.....	20
II.4.1. Description générale	20
II.4.2. Explication de circuit	21
II.4.2.1. Circuit d'alimentation	21
II.4.2.2. Circuit détection de ligne.....	21
II.4.2.3. Circuit de détection d'obstacle.....	22
II.4.2.4. Circuit de commande	22
II.4.2.5. L'actionnaire	23
II.4.3. Les composants principaux dans le prototype	23
II.4.3.1. Assemblage.....	23
II.4.3.2. La visualisation.....	24
II.4.3.3. La connectique.....	24
II.4.3.4. Le microcontrôleur	25
II.4.3.5. Moteur à courant continue	32
II.4.3.6. Carte pilote moteur.....	32
II.4.3.7. Description générale sur les capteurs	34
II.5. Conclusion.....	36
Chapitre III : Réalisation de prototype.....	37
III.1. Introduction	37
III.2. Fonctionnement des sous-circuits.....	37
III.2.1. Circuit détection des lignes et des obstacles	37
III.2.2. Fonctionnement de capteur infrarouge	38
III.2.3. Le fonctionnement avec l'ultrasons	42
III.2.4. Circuit commande.....	45
III.2.4. 1. Le fonctionnement et Spécifications du servo su-micro	45
III.2.5. Les actionnaires	46
III.2.5.1. Fonctionnement du moteur Arduino (datasheet).....	46
III.2.5.2. Branchement d'un moteur DC avec Arduino UNO	47

III.2.5.3. Fonctionnement du pilote moteur L298N.....	48
III.3. Schéma fonctionnels générale du projet	49
III.4. Conclusion.....	51
Chapitre IV : Résultat et discussion.....	52
IV.1. Introduction.....	52
IV.2. La mise en œuvre	52
IV.3. Les enjeux de mise en œuvre	54
IV.4. Mise en marche du prototype	55
IV.4.1. Algorithme de déplacement de la voiture	55
IV.4.2. Système de contrôle.....	57
IV.5. Le scénario du mouvent de prototype	58
IV.6. Teste	61
IV.6.1. Test basé sur l'algorithme	61
IV.6.2. Les Tests de logiciels.....	63
IV.6.3. Test du matériel	63
IV.6.4. Test du système.....	64
IV.7. Les résultats finaux et les observations	65
IV.8. Conclusion	66
Conclusion générale	67
Annexe	69
Bibliographie.....	70

Liste des figures

Figure I.1 : Les robots mobiles autonomes.....	4
Figure I.2 : Robot mobile de type unicycle.....	6
Figure I.3 : Robot mobile de type tricycle.....	7
Figure I.4 : Robot mobile de type voiture.....	7
Figure I.5 : Robot mobile de type omnidirectionnel.....	8
Figure I.6 : Robot mobile à pattes.....	8
Figure I.7 : Exemple sur drone.....	9
Figure I.8 : Les caractéristique du robot mobile.....	10
Figure I.9 : Partie de base d'un robot conçu.....	11
Figure I.10 : Exemple du câblage avec multiplexage.....	13
Figure II.1 : Description de la carte Arduino UNO.....	25
Figure II.2 : Le microcontrôleur.....	26
Figure II.3 : Schéma interne d'un microcontrôleur.....	27
Figure II.4 : Synoptique à l'intérieur de microcontrôleur.....	28
Figure II.5 : La carte Arduino Méga.....	29
Figure II.6 : La carte Arduino DUE.....	30
Figure II.7 : La carte Arduino NANO.....	30
Figure II.8 : Moteur DC à courant continue.....	33

Figure	II.9 :	Carte	pilote	
moteur.....				33
Figure	II.10	Les	différents	types
signaux.....				des
				34
Figure	II.11 :		Capteur	
infrarouge.....				35
Figure	II.12 :	Capteur	d'ondes	
ultrason.....				35
Figure	III.1 :	Schéma	simplifié	fonctionnel
d'infrarouge.....				38
Figure III.2 :	Diagramme schématique de la distance par voltage.....			39
Figure III.3 :	Schéma symbolique de la connectivité entre l'Arduino UNO et le capteur IR.....			40
Figure	III.4 :	Diagramme	schématique	de
IR.....				circuit
				récepteur
				41
Figure III.5 :	Schéma descriptif de la détection des obstacles.....			42
Figure III.6 :	Schéma symbolique de la connectivité entre l'Arduino UNO et le capteur ultrason.....			43
Figure III.7 :	Schéma simplifiée fonctionnel d'ultrason.....			43
Figure III.8 :	Schéma simplifiée de circuit électrique de la connectivité entre Arduino et ultrason.....			44
Figure III.9 :	Diagramme du signal détecté par l'ultrason.....			44
Figure	III.10 :	Principe	de	fonctionnement
datasheet.....				Arduino
				moteur
				47
Figure III.11 :	Câblage d'un moteur DC avec l'Arduino			47
Figure III.12 :	Câblage d'un pilote moteur avec l'Arduino.....			48
Figure	III.13 :	Schéma	des	quatre
l'Arduino.....				moteurs
				et
				de
				49
Figure	III.14 :	Diagramme	schématique	fonctionnel
projet.....				final
				du
				50
Figure	IV.1 :	Diagramme	simplifiée	de
l'algorithme.....				57
Figure IV.2 :	représentation de la détection de l'environnement par le robot mobile.....			61
Figure IV.3 :	mouvement représente la détection d'obstacle et le s'éloigné.....			61
Figure IV.4 :	représentation de l'insertion et le stationnement d'automobile.....			61

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Exemple de fonctionnement électrique dans une automobile de nos jours.....	12
Tableau II.1 : La différence entre l'Arduino et Raspberry.....	24
Tableau III.1 : Spécification du servo sub-micro.....	26

Liste des abréviations

1. CSMA CD/AMP (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detection and Arbitration Message Priority).
2. Le bus CAN (Control Area Network)
3. CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance).
4. NRZ (Non Return To Zero)
- 5.IDO : Internet des objets
- 6.SAV : stationnement automatique de la voiture
- 7.R U R : Rossums Universal Robots

Introduction générale

Le stationnement constitue un défi majeur dans les zones urbaines des pays développés et en développement. L'augmentation rapide du nombre de voitures a engendré une pénurie de places de stationnement dans de nombreuses villes. Ce déséquilibre découle d'une mauvaise planification de l'utilisation des sols et d'une sous-estimation des besoins en espace lors de la phase initiale de planification. Le stationnement quotidien représente souvent un véritable casse-tête pour les conducteurs, car non seulement cela nécessite leurs compétences, mais cela accroît également les risques de collision avec d'autres véhicules garés.

Ce projet de voiture auto-stationnant vise à résoudre ce problème en détectant un espace approprié pour que la voiture s'y insère, en ajustant sa trajectoire en fonction des obstacles, en les surmontant et en se garant sans causer de dommages. L'objectif est d'améliorer le confort et la sécurité du stationnement, surtout dans les zones restreintes où il faut une grande attention et expérience pour guider un véhicule en observant l'environnement réel. Dans le cadre de ce projet, une voiture autonome est capable de choisir un espace de stationnement standard, de sélectionner la direction (gauche ou droite) pour le stationnement, puis d'effectuer le stationnement elle-même.

Les systèmes embarqués dans notre robot mobile ont pour principal objectif de rendre le processus de stationnement entièrement automatisé, éliminant ainsi toute intervention humaine et la recherche manuelle d'espaces. Le projet se concentre principalement sur la facilitation du stationnement entre deux voitures ou dans des espaces difficiles à garer pour les conducteurs. L'idée est de remplacer l'effort physique requis par les humains pour garer les voitures par une solution sans effort, en utilisant des technologies telles que l'IDO (identification et détection d'objets) et des dispositifs mécaniques. Bien que les systèmes de stationnement automatique existent déjà dans certaines voitures, cette technologie est souvent coûteuse, avec ce projet, nous espérons ouvrir davantage de possibilités en développant un système moins onéreux qui profitera à un plus grand nombre de personnes.

Organisation du PFE

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres qui décrivent le travail accompli pour la conception et la réalisation de notre système. Le chapitre I aborde les concepts généraux dans le domaine de la robotique, notamment les différentes composantes électroniques. Le chapitre II présente le cadre électronique choisi comme base principale pour résoudre les problématiques liées à la robustesse de la commande du véhicule, qui sont exposées dans le chapitre III. Le chapitre IV est consacré à la planification de la mise en œuvre et aux tests effectués sur notre prototype. En outre, un algorithme sera développé pour résoudre le problème de stationnement en fonction de la longueur de la place de parking. Nous concluons ce chapitre IV et terminerons ce projet de fin d'études par une conclusion générale.

Chapitre I : La robotique dans les automobiles

I.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons déterminer une science qui traite des questions liées à la conception, à la fabrication et à l'utilisation des robots, qui définit par le mot robotique.

Nous utilisons les bases de la physique, des mathématiques, du génie mécanique, du génie électronique, du génie électrique, de l'informatique et d'autres. La robotique est utilisée dans plusieurs industries comme l'automobile, la médecine, l'électroménager et plusieurs autres. Le plus complexe des machines peuvent être assemblées à l'aide de la robotique. Par ailleurs, Les robots peuvent être fixes (bras manipulateur) ou mobiles (robot marcheur, robot à roues) selon l'application, les robots fixes sont généralement utilisés dans les usines, les hôpitaux, domaine agricole, etc. Cependant, les robots mobiles sont généralement utilisés dans les environnements dangereux nucléaires, militaires, déminage, etc...

Ce dernier Type de robot est notre domaine d'intérêt dans ce mémoire. Le suivi d'objets en robotique mobile est devenu une des tâches les plus utilisées.

I.2. Généralité sur les robots

Le terme robot est issu des langues slaves tels que biélorusse, la polonaise, ou encore la tchèque. Ce mot qui veut dire esclave ou travailleur dévoué, fut originalement utilisé par l'écrivain d'origine tchécoslovaque Karel Capek dans sa pièce théâtre R.U.R en 1920.

Pour concevoir, simuler ou commander un robot, il est nécessaire, entre autres, de disposer de modèles du mécanisme. Plusieurs niveaux de modélisation sont possibles. Ils dépendent des spécifications du cahier charges de l'application envisagée : il en découle des modèles géométriques, cinématiques¹ et dynamiques à partir desquels peuvent être engendrés les mouvements du robot, ou bien des modèles statiques qui décrivent les interactions du mécanisme avec son environnement. L'obtention de ces différents modèles n'est pas aisée, la difficulté variant selon la complexité de la cinématique de la chaîne articulée. Entrent en ligne de compte le nombre de degrés de liberté, le type des articulations mais aussi le fait que la chaîne peut être ouverte simple, arborescente ou fermée [1].

I.3. Les robots mobiles autonome

I.3.1. Définition

Ce sont des instruments peuvent se déplacer dans son environnement, les robots mobiles sur roues constituent la majorité des robots mobiles en fait ils sont plus faciles à construire que les autres types. Par exemple : les robots-explorateurs, les robots de service, les robots ludiques, les véhicules autonomes.

De manière générale, on regroupe sous l'appellation robots mobiles l'ensemble des robots a base mobile, par opposition notamment aux robots manipulateurs. L'usage veut néanmoins que l'on désigne le plus souvent par ce terme les robots mobiles à roues. Les autres robots mobiles sont en effet le plus souvent désignés par leur type de locomotion, qu'ils soient marcheurs, sous-marins ou aériens.

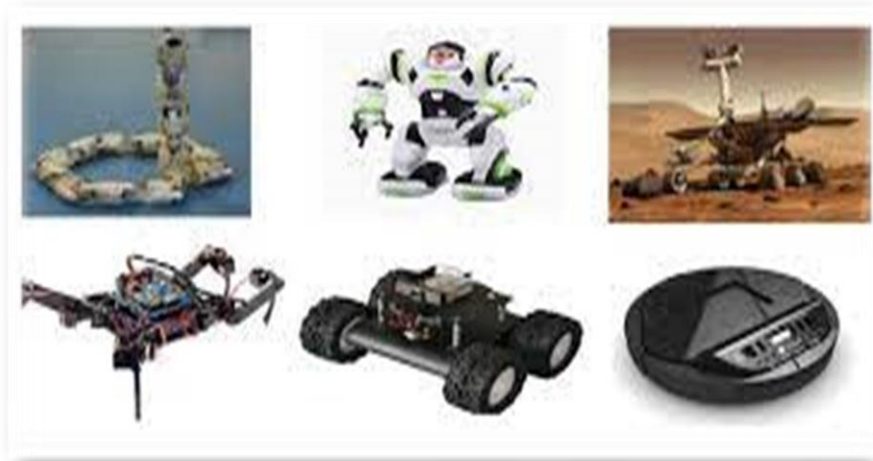


Figure I.1 : Les robots mobiles autonomes [22].

I.4. Classification des robots mobiles

La classification des robots mobiles se fait selon plusieurs critères :

- Degré d'autonomie.
- Système de locomotion.
- Énergie utilisée.

Un robot mobile autonome est un système automoteur doté de capacités de prise de décision, de moyen d'acquisition et de traitement de réparation qui lui permettent d'effectuer un certain nombre de tâches, soit avec un signal et un contrôle directement d'un humain, soit avec un signal provenant de programmes informatiques. On peut citer quelques types des robots (véhicules) :

Véhicules télécommandés par un opérateur :

Ces robots sont commandés par un opérateur qui leur impose chaque tâche élémentaire à réaliser.

- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser :

Le véhicule contrôle automatiquement ses actions.

- Véhicule semi- autonome :

Ce type de véhicule réalise des tâches prédéfinies.

- Véhicule autonome :

Ce type de véhicule réalise des tâches semi-définies, il pose des problèmes d'un niveau de complexité élevé de représentation des connaissances, de capacité décisionnelle et de génération de plans qui sont résolus à bord dans la mesure du possible [1].

I.5. Les types de robot mobile

I.5.1. Les robots mobiles à roues

Il existe plusieurs classes de robots à roues déterminées, principalement, par la position et le nombre de roues utilisées.

Nous citerons ici les quatre classes principales de robots à roues.

I.5.1.1. Robot mobile de type unicycle

Un robot de type unicycle est actionné par deux roues indépendantes, il possède éventuellement des roues folles pour assurer sa stabilité. Son centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices.

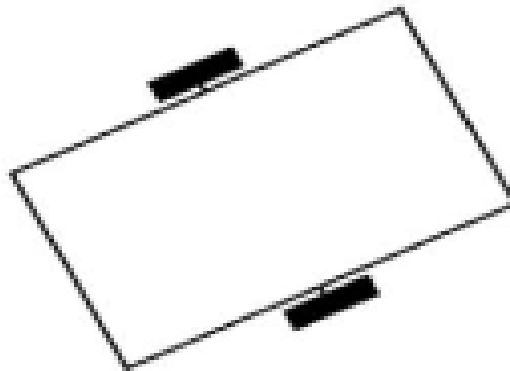


Figure I.2 : Robot mobile de type unicycle.

I.5.1.2. Robot mobile de type tricycle

Un robot de type unicycle est actionné par deux roues indépendantes, il possède éventuellement des roues folles pour assurer sa stabilité. Son centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices.

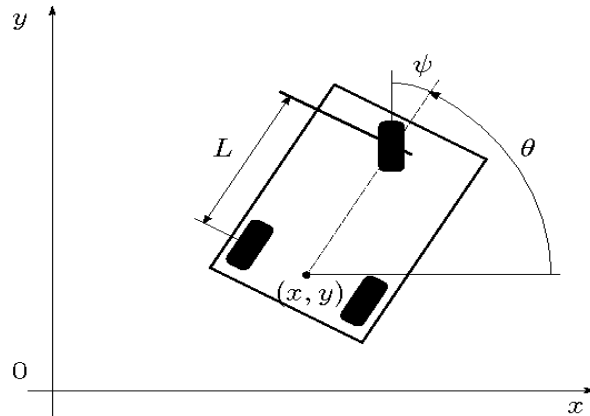


Figure I.3 : Robot mobile de type tricycle.

I.5.1.3. Robot mobile de type voiture

Un robot de type unicycle est actionné par deux roues indépendantes, il possède éventuellement des roues folles pour assurer sa stabilité. Son centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices.

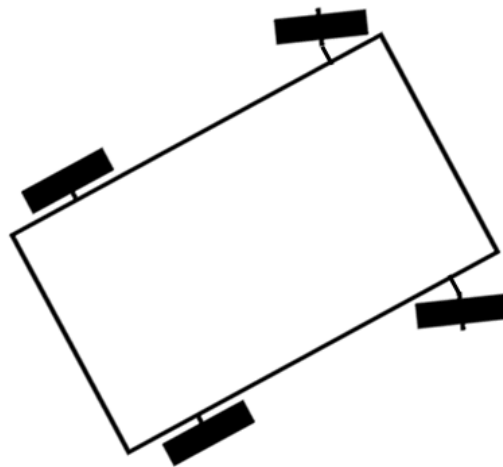


Figure I.4 : Robot mobile de type voiture.

I.5.1.4. Robot mobile de type omnidirectionnel

Un robot omnidirectionnel est un robot qui peut se déplacer librement dans toutes les directions. Il est en général constitué de trois roues décentrées orientables placées en triangle équilatéral.

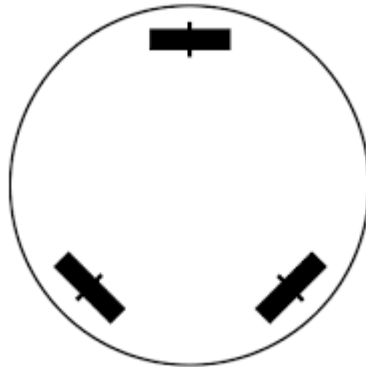


Figure I.5 : Robot mobile de type omnidirectionnel.

I.5.2. Robots mobiles à pattes

Les robots mobiles marcheurs sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès au site difficile et dangereux à l'homme, on distingue les robots marcheurs à deux jambes (humanoïdes), à quatre pattes (type cheval), et à six pattes (type araignée). La plupart des robots amateurs sont conçus avec six pattes, qui permettent au robot d'être statiquement équilibré (équilibré en permanence sur 3 pattes).



Figure I.6 : Robots mobiles à pattes [23].

I.5.3. Robots mobiles comme un drone

Un drone est un aéronef sans pilote, télécommandé ou bien programmé. Il existe une multitude de drones. La taille, la masse, l'autonomie sont autant de paramètres qui différeront selon l'application que doit réaliser un drone. Il faut distinguer drone à voilure fixe et drone voilure tournante.

- Un drone hélicoptère est à voilure tournante. Il assure sa poussée et sa portance par ses moteurs. Il a l'avantage de pouvoir voler à de faibles vitesses ou bien de rester immobile.
- Un drone avion est à voilure fixe. Il assure sa poussée par son moteur et sa portance par son moteur et ses ailes. Cela lui permet de couvrir de longues distances ou bien d'atteindre de hautes altitudes [3].



Figure I. 7 : Exemple sur drone.

I.6. Les caractéristiques d'un robot mobile

Un robot peut être décrit comme un système électromécanique ou une machine qui peut être commandée au moyen d'un programme informatique ou d'un équipement électronique (microprocesseur, microcontrôleur...) ; il existe de nombreuses définitions du robot, mais il présente certaines caractéristiques importantes telles que :

- **Détection** : à l'aide de divers capteurs tels que les capteurs de lumière, les capteurs tactiles, le sonar, il doit détecter le milieu environnant.

- **Locomotion** : Il est nécessaire de se déplacer dans l'environnement de travail ou dans le milieu de travail à l'aide de roues ou de jambes.
- **Énergie** : pour réaliser la tâche souhaitée, il est nécessaire de consommer de l'énergie. Il peut donc être alimenté par des piles, de l'électricité ou de l'énergie solaire, selon le cas.
- **L'intelligence** : comme nous, elle permet aux robots de recueillir des informations sur leur environnement et leur permet de commencer à prendre des décisions pour eux-mêmes [6].

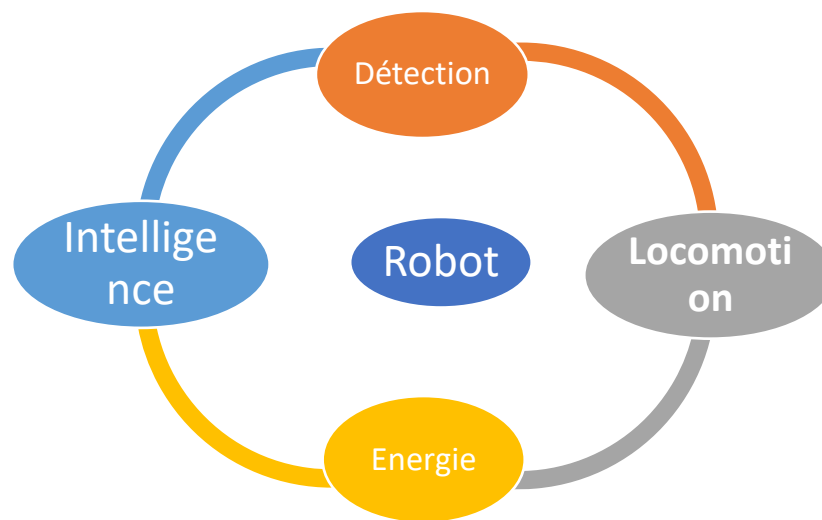


Figure I.8 : Les caractéristiques du robot mobile.

I.7. Partie principale sur autopilotage dans l'automobile

Le système se compose d'un microcontrôleur, d'un encodeur, d'un pilote et de capteurs qui reçoivent les configurations du système et, en fonction de ces configurations, l'Arduino Méga déclenche les capteurs, et d'autres éléments pour faire fonctionner le système selon les besoins.

Les étapes suivantes démontrent le mécanisme de fonctionnement du système :

1. Le microcontrôleur lit les données des ultrasons et de l'encodeur et prend des décisions pour contrôler le système.

2. Après avoir reçu des commandes, le microcontrôleur modifie ses paramètres par défaut en fonction des nouvelles commandes.
3. Le microcontrôleur envoie les données au conducteur et à la roue [11].

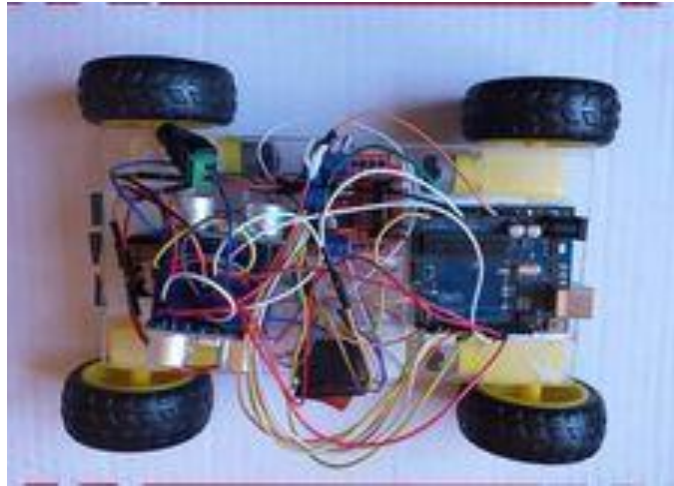


Figure I.9 : Partie de base d'un robot conçu.

I.8. Partie électronique dans l'automobile

Les premières applications électroniques sont apparues pour la première fois dans les véhicules au cours des années 60 sous la forme d'un régulateur de tension ou d'un système de commande de l'allumage. Maintenant, l'électronique est présente dans la plupart des systèmes de l'automobile.

Depuis les fonctions de mobilité (contrôle moteur, suspension) jusqu'aux fonctions sécuritaires (ABS, Airbag, ...) sans oublier les fonctions de confort (téléphonie, internet, ...) (cf. Tableau 1). En 1993, les parties électriques et électroniques représentaient 12% du prix de fabrication d'une voiture et se composaient essentiellement de câblage.

En 2005, cette proportion est estimée à 25%, et cette croissance est principalement liée à l'accroissement de la part des équipements électroniques dans l'automobile [19].

Chapitre I : La robotique dans les automobiles

Tableau I.1 : Exemple de fonctionnement électronique dans une automobile de nos jours.

Mobilité	Sécurité	Confort
Traction Contrôle moteur	Système d'airbag Prétensionneurs	Commande Equipment véhicule
Tenue de route Suspension Contrôle de stabilité	Active Freinage Anticollision	Communication Instrument Téléphone Aide à la navigation
Direction Direction assistée	Intrusion Condamnation	Environnement Climatisation Bruit

I.8.1. Le multiplexage dans un véhicule

Le multiplexage est une technique qui consiste à faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission. Elle permet de partager une même ressource entre plusieurs utilisateurs.

L'augmentation du nombre de calculateurs et de capteurs dans les automobiles entraîne une hausse du nombre de connexions et de longueur de câbles (et donc de pannes).

La multiplication de ces fonctions électroniques aujourd'hui nécessite un moyen robuste, fiable et économique pour échanger en temps réel des informations sur des distances moyennes ; les nombreux câbles nécessaires doivent, en outre, être contenus dans un espace très réduit. Cette dernière solution ne peut être que le multiplexage.

I.8.2. Les composants électroniques dans un véhicule

Pratiquement tous les véhicules présentent une architecture électronique qui se compose de plusieurs périphériques, qui se communiquent entre eux et ces derniers se décomposent en trois groupes :

- **Les actionneurs** : moteurs électriques, électro-aimants, sirènes, klaxons, ...

Ces actionneurs sont généralement intégrés dans des pièces mécaniques.

Chapitre I : La robotique dans les automobiles

- **Les capteurs** : capteurs de pluie, de lumière, de position, de tension, de vitesse etc., ces capteurs sont pour la plupart équipés de petites parties électroniques.
- **Les systèmes complets (boîtiers)** : Ces systèmes sont des ensembles électroniques complets, ils reçoivent ou émettent des informations soit en interrogeant un actionneur ou en recevant une information d'un capteur ce qu'il permet de gérer les défauts de ces capteurs et actionneurs [8].

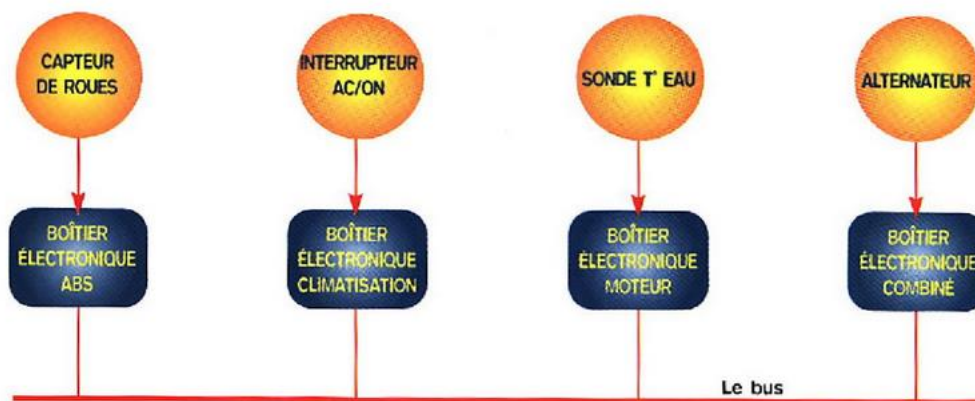


Figure I.10 : Exemple du câblage avec multiplexage.

I.8.3. Les types des réseaux multiplexeurs

Trois types principaux des réseaux multiplexés existent sur le marché : le CAN (Control Area Network), le VAN (Vehicle Area Network).

- Le CAN est un réseau à haute vitesse (500 à 1 000 kilobits par seconde) développé à l'origine par Bosch et les constructeurs allemands.

Ce dernier convient pour des Échanges rapides : moteur et sécurité.

- Le VAN offre un gros avantage par rapport au CAN. Lorsqu'un émetteur envoie une information, seul le récepteur concerné l'acquiesce, alors que, avec le CAN, tous les sous-ensembles acquiescent le message, même s'il ne leur est pas destiné. Le VAN fonctionne

Également très bien en mode dégradé. Le VAN s'adapte bien aux équipements de Confort et de carrosserie.

- Le J 18/50, d'origine américaine, est un protocole à faible vitesse (41,6 kilobits par Seconde) pour la carrosserie (vitres, alarmes, rétroviseurs, etc.

- Le bus de données CAN (Controller Area Network) est un bus système série très répandu dans beaucoup d'industries, notamment l'automobile ,Il a été normalisé avec la norme ISO 11898 .

Il met en application une approche connue sous le nom de multiplexage, et qui consiste à raccorder à un même câble (un bus) un grand nombre de calculateurs qui communiqueront donc à tour de rôle. Cette technique élimine le besoin de câbler des lignes dédiées pour chaque information à faire transiter (connexion point-à-point). Dès qu'un système (voiture, avion, bateau, réseau téléphonique, etc.) atteint un certain niveau de complexité, l'approche point-à-point devient impossible du fait de l'immense quantité de câblage à installer et de son coût (en masse, matériaux, main d'œuvre, maintenance).

L'introduction des bus multiplexés (principalement le CAN) dans l'automobile avait pour objectif de réduire la quantité de câbles dans les véhicules (il y avait alors jusqu'à 2 km de câbles par voiture), mais elle a surtout permis l'explosion du nombre de calculateurs et capteurs distribués dans tout le véhicule, et des prestations correspondantes (baisse de consommation, dépollution, sécurité active/passive, confort, détection des pannes, etc.), tout en diminuant les longueurs câblées [21].

I.9. Les avantages et les problèmes de la robotique mobile

I.9.1. Les avantages de la robotique mobile

Les robots mobiles peuvent être utilisés à différentes étapes des processus de production. Ils sont faciles à mettre en œuvre et aident globalement à optimiser les processus et à développer l'activité grâce à une plus grande flexibilité, un rendement plus élevé et une meilleure qualité. Les travailleurs qualifiés sont soulagés et peuvent se concentrer sur les tâches de finition manuelle qui sont particulièrement nécessaires.

L'ajout d'un robot peintre mobile autonome à votre processus présente de nombreux avantages.

Examinons ici les plus importants d'entre eux :

- Augmentation de la productivité.
- Qualité constante.
- Réduction des déchets et des consommables.
- Résoudre le problème de la pénurie de peintres qualifiés.
- Aide à attirer de nouveaux talents.

I.9.2. Les Problèmes en robotique mobile

On distingue sans trop d'ambiguïté un certain nombre de problèmes en robotique mobile.

- Bien évidemment, l'aspect matériel, qui consiste à choisir et dimensionner aussi bien la structure mécanique du système que sa motorisation, son alimentation et l'architecture informatique de son système de contrôle-commande apparaît comme le premier point à traiter.

Le choix de la structure est souvent effectué parmi un panel de solutions connues et pour lesquelles on a déjà résolu les problèmes de modélisation, planification et commande. Le choix des actionneurs et de leur alimentation est généralement assez traditionnel.

- La plupart des robots mobiles sont ainsi actionnés par des moteurs électriques à courant continu avec ou sans collecteur, alimentés par des convertisseurs de puissance fonctionnant sur batterie. De la même façon, les architectures de contrôle-commande des robots mobiles ne sont pas différentes de celles des systèmes automatiques ou robotiques plus classiques.
- On y distingue cependant, dans le cas général, deux niveaux de spécialisation, propres aux systèmes autonomes : une couche décisionnelle, qui a en charge la planification et

- La gestion (séquentielle, temporelle) des évènements et une couche fonctionnelle, chargée de la génération en temps réel des commandes des actionneurs.
- Bien évidemment, l'architecture du robot dépend fortement de l'offre et des choix technologiques du moment [21].

I.10.Conclusion

Dans ce chapitre, nous présentons une vue générale sur le robot mobile avec ses différents constituants où nous définissons certaines notions fondamentales liées à la robotique ensuite il se focalisera principalement sur les architectures de contrôle/commande qui sont dédiées leurs types et leur classification et ont avait présentées le coté électronique dans l'automobile pour pouvoir entamées a la conception électronique, mécanique dans le chapitre suivant utilisé pour la réalisation.

Chapitre II : Architecture d'un système SAV

II.1. Introduction

Depuis que l'automatisation existe sa croissance est fulgurante et contenue encoure aujourd'hui. C'est bien que faire de l'intelligence artificiel et devenue accessible à toutes personnes en ayant besoin. Dans ce chapitre nous représenterons une vus d'ensemble de l'architecture d'un stationnement de voiture autonome.

II.2. Etude bibliographique

La mise au point des avions à pilote automatique a constitué un grand pas dans l'histoire de l'humanité vers l'automatisation des véhicules. Cette invention a jeté les bases de l'innovation dans le domaine des voitures autopilotées. Depuis 1920, les chercheurs s'efforcent de relever le défi de la construction de voitures auto stationnement. En 1926, Lihirrican²² Wonder a utilisé des antennes radio pour envoyer des impulsions radio qui ont été captées par les antennes.

L'antenne transmet le signal à des signal à des disjoncteurs qui actionnent de petits moteurs électriques qui dirigent tous les mouvements de la voiture. Il s'agit de la première étape de l'innovation des voitures autonomes. Actuellement, Tesla a mis en œuvre avec succès le concept de voiture sans conducteur.

II.2.1. L'entrée du « système automobile »

Le stationnement est un élément central du fonctionnement de l'objet automobile et de son système dans son ensemble. En étudiant le système automobile⁷², Dupuy (1995) s'est attaché à caractériser le stationnement de différentes manières sans vraiment proposer de définition explicite. Cet auteur considère le stationnement comme « le service de base pour l'automobiliste ».

Le stationnement a été aussi appréhendé comme un élément du réseau automobile, En conséquence, sans les possibilités de stationnement, le réseau routier perdrait en partie sa capillarité et l'automobile une part de son ubiquité. Il joue un rôle dans la capacité d'écoulement, de fluidité, en permettant au véhicule de pouvoir "sortir" et "rentrer" dans le

réseau circulatoire. Plus la possibilité de s'arrêter est difficile, plus la fluidité du trafic est entravée par des flux ralentis qui cherchent à s'arrêter quelque part ».

Du point de vue de l'usage de sol, le terme « stationnement » est souvent employé pour faire référence soit à son emprise spatiale et à la consommation du foncier qu'il engendre, soit à sa dimension politique en tant qu'outil des politiques d'aménagement urbain.

II.2.2. Définition du concept de stationnement

Nous montrerons que le stationnement répond aux caractéristiques d'un système complexe. Selon une représentation volontairement trop globale et abstraite, nous nous référerons aux quatre définitions génériques identifiées précédemment.

- Premièrement, le stationnement peut être appréhendé, de manière élémentaire, comme un équipement aménagé, une entité matérielle, un objet physique, autrement dit un dispositif aménagé. Dans une appréhension globale du système, on peut considérer, dans un premier temps, que le système de stationnement est constitué par un ensemble de dispositifs aménagés pour accueillir des véhicules immobiles. Ces entités constituent des supports structurels permettant l'existence et assurant le fonctionnement du système.
- Deuxièmement, le stationnement est appréhendé comme un lieu. Dans une perception systémique, les dispositifs de stationnement sont donc localisés et définis dans l'espace.
- Troisièmement, le stationnement est appréhendé comme un service qui répond à un besoin spécifique. Dans une conception plus large, le stationnement est assimilé à un service consommé au cours d'un déplacement, et qui est motivé et déterminé par la réalisation d'une activité. La notion de service renvoie entre autres à l'organisation du système dans son ensemble. Cette organisation détermine les règles d'occupation des équipements et leur disponibilité dans l'espace et dans le temps.
- Enfin, le stationnement est assimilé à une action dont l'acteur est l'utilisateur, qui peut aussi être qualifié de demandeur ou de consommateur final du service de stationnement.

En référence à cette construction conceptuelle de notre objet d'étude, nous retiendrons la définition suivante : « le système de stationnement correspond à un ensemble de dispositifs physiques aménagés et organisés en vue de répondre aux besoins spécifiques de stockage des véhicules dans l'espace et dans le temps, dans le cadre des déplacements, et sous-tendant la réalisation des activités socioéconomiques » [22].

II.3. L'aide au stationnement

Les différents systèmes d'aide au stationnement appartiennent à la catégorie des équipements de sécurité active. Cette dernière englobe tous les dispositifs à la disposition du conducteur pour diminuer les risques de collision. Les aides à la conduite (régulateur de vitesse, aide au freinage, etc.) en font partie. Dans cette catégorie, on retrouve également les 3 principaux systèmes d'aide au stationnement :

- Radar de recul.
- Caméra de recul.
- Park Assist.

II.3.1. Radar de recul

Le radar de recul est l'une des premières aides au stationnement à voir le jour. Le système utilise :

- Des **capteurs** de type radar situés sur le pare-chocs. Ils sont activés dès que le conducteur passe la marche arrière.
- Des **ultrasons** pour évaluer la distance qui sépare la voiture d'un obstacle.
- Un **signal sonore** à intervalles plus ou moins longs pour avertir le conducteur de la proximité de l'obstacle. Lorsque le signal auditif devient continu, cela signifie que le pare-chocs se trouve à 30 cm de l'obstacle.

Il repère ainsi tous les obstacles présents autour du véhicule, notamment au niveau des angles morts : voiture stationnée, trottoir, piétons, animaux, etc. Le radar de recul peut être doublé par une caméra.

II.3.2. Caméra de recul

La caméra de recul complète le radar de recul. Elle permet au conducteur de visualiser l'environnement immédiat du véhicule sur un écran LCD situé sur le tableau de bord. Elle facilite davantage les marches arrière. Elle est généralement installée en option sur certains modèles de véhicule, mais peut également être installée après l'achat.

II.3.3. Le Park Assist

Le Park Assist représente la technologie d'aide au stationnement la plus évoluée. Véritable assistant de stationnement, il permet de repérer une place de stationnement adaptée aux dimensions du véhicule et de prendre le contrôle de la direction du volant pour réaliser la manœuvre de stationnement (créneau ou bataille). Le conducteur, lui, garde le contrôle des pédales et de la boîte de vitesse. Seuls les modèles de voiture haut de gamme sont équipés du Park Assist.

Les dispositifs de sécurité actifs ont pris une importance considérable aujourd'hui dans les mesures de sécurité routière, car ils participent activement à la sécurité du passager et du véhicule. Au point de faire désormais partie des notions du Code à connaître absolument pour obtenir son permis de conduire [9].

II.4. Système de stationnement automobile intelligent utilisant Arduino UNO

Lorsque l'Ido est complété par des capteurs et des actionneurs, l'innovation se transforme en une occurrence de la classe plus large des cadres physiques numériques qui incorpore également des avancées.

II.4.1. Description générale

Les crises de circulation sont l'un des problèmes les plus courants et le manque de connaissances pour déterminer l'espace de stationnement adéquat.

Il y a plusieurs règles à respecter :

- Choisir le bon squelette de voiture pour y placer toutes les pièces.

- L'échographie : Il doit déterminer la distance correcte et appropriée, fonctionner avec des fréquences allant de 20 kHz à plusieurs gigahertz.
- Un moteur à courant continu (DC) : il n'a normalement que deux fils, l'un positif et l'autre négatif.

Si vous connectez ces deux fils directement à une batterie, le moteur tournera. Si vous intervertissez les fils, le moteur tournera dans le sens inverse.

- Pilote de moteur L298N : l'un des moyens les plus simples et les moins coûteux de contrôler les moteurs à courant continu.

Il peut contrôler à la fois la vitesse et le sens de rotation de deux moteurs à courant continu.

- Le codeur optique : Haute précision dans la détermination de la mesure du mouvement de rotation [9].

II.4.2. Explication de circuit

Véhicule auto-stationnement (S.E.V) est un robot intelligent qui se compose de plusieurs composants électroniques (circuit détection de ligne, circuit de commande, circuit de déterminer la distance, circuit d'alimentation et les actionneurs).

II.4.2.1. Circuit d'alimentation

Pour fonctionner, la carte a besoin d'une alimentation. Le microcontrôleur fonctionnant sous 5V, la carte peut être alimentée en 5V par le port USB (en **2**) ou bien par une alimentation externe (en **3**) qui est comprise entre 7V et 12V. Cette tension doit être continue et peut par exemple être fournie par une pile 9V. Un régulateur se charge ensuite de réduire la tension à 5V pour le bon fonctionnement de la carte. Pas de danger de tout

II.4.2.2. Circuit détection de ligne

Le circuit de détection de ligne noire dans une automobile autonome est crucial pour maintenir le véhicule sur la bonne trajectoire. Il utilise des capteurs de vision, tels que des caméras, pour détecter les lignes noires sur la chaussée. Les images capturées sont

prétraitées et analysées à l'aide d'algorithmes de détection et de suivi des lignes. Les informations obtenues sont ensuite utilisées par le système de contrôle du véhicule pour ajuster la direction et maintenir le véhicule centré entre les lignes. Ce circuit permet à l'automobile autonome de suivre la route de manière précise et sûre, contribuant ainsi à assurer une conduite autonome fiable.

II.4.2.3. Circuit de détection d'obstacle

Le circuit de détection d'obstacles dans une automobile autonome joue un rôle essentiel dans la sécurité et la navigation du véhicule. Il utilise divers capteurs, tels que des radars, des lidars et des caméras, pour détecter les obstacles présents sur la route. Les informations collectées par ces capteurs sont traitées par des algorithmes avancés qui analysent la taille, la distance et la trajectoire des obstacles. Ces données sont ensuite utilisées par le système de contrôle du véhicule pour prendre des décisions en temps réel, comme l'adaptation de la vitesse, le changement de voie ou l'arrêt en cas de danger imminent. Ce circuit de détection d'obstacles permet à l'automobile autonome d'éviter les collisions et de naviguer de manière autonome en toute sécurité dans son environnement.

II.4.2.4. Circuit de commande

C'est dans ce circuit que sont rassemblés tous les éléments de contrôle comme les boutons, les interfaces et le microcontrôleur.

La manière la plus simple de relayer les commandes émergeant de ce circuit pour les transmettre au circuit de puissance est d'utiliser des transistors ou encore des relais. Lorsque les tensions d'alimentation des deux circuits sont plus importantes ou si l'on veut protéger la commande de retours accidentels de courant provenant de la puissance, des optocoupleurs (plutôt que des transistors) assurent une isolation galvanique : l'information est transmise sous forme de lumière. Ainsi, les deux circuits sont complètement isolés électriquement nerveux d'un organisme : c'est ici que se prennent les décisions mais peu d'énergie y circule. Le pilote se compose d'un pilote moteur L298N et de deux moteurs à courant continu. Le pilote de moteur est utilisé pour piloter des moteurs.

II.4.2.5. L'actionnaire

Les actionneurs sont les moteur et les LED qui transforme l'information reçoit par le système ont des signaux lumière pour les LEDs et rotation mécanique pour les moteurs [8].

II.4.3. Les composants principaux dans le prototype

Cette partie décrit tout le matériel utilisé dans notre projet. Elle présente une figure pour chacun d'entre eux avec courte description de son principe de fonctionnement et de la raison pour laquelle il est utilisé dans le système.

II.4.3.1. Assemblage

Le moteur à courant continu est soudé à l'aide de fils de cuivre. Référez-vous à la figure 3. Les deux moteurs à courant continu sont placés parallèlement l'un à l'autre. 4 moteurs à courant continu sont ensuite montés sur le châssis à l'aide de vis. Les moteurs à courant continu sont placés face à face. La banque d'alimentation et le pont en H sont également montés sur le châssis. Un câble USB relie le pont en H au pont d'alimentation. Un autre câble USB est connecté pour établir une connexion et fournir une alimentation à d'autres composants. L'Arduino UNO est placé au-dessus d'une autre plaque du châssis. Un autre circuit (pc personnalisé) est placé sous l'Arduino pour le connecter au Raspberry pie. Pour compléter la construction, des pneus sont connectés au châssis afin de pouvoir se déplacer [23].

Tableau II.1 : la différence entre l'Arduino et Raspberry PI.

	Arduino	Raspberry
Date de publication	2005	2012
Type	Microcontrôleur	Ordinateur monocarte
Source d'alimentation	USB, source d'alimentation externe	USB, source d'alimentation externe
Connexion USB	Oui	Oui
Connexion HDMI	Non	Oui
Logiciel	Environnement de développement intégré basée sur Java	Optionnel (système d'exploitation spécifiques comme Raspbian)

II.4.3.2. La visualisation

Les trois "points blancs" entourés en rouge (4) sont en fait des LED dont la taille est de l'ordre du millimètre. Ces LED servent à deux choses :

- Celle tout en haut du cadre : elle est connectée à une broche du microcontrôleur et va servir pour tester le matériel. Nota : Quand on branche la carte au PC, elle clignote quelques secondes.
- Les deux LED du bas du cadre : servent à visualiser l'activité sur la voie série (une pour l'émission et l'autre pour la réception). Le téléchargement du programme dans le microcontrôleur se faisant par cette voie, on peut les voir clignoter lors du chargement.

II.4.3.3. La connectique

La carte Arduino ne possédant pas de composants qui peuvent être utilisés pour un programme, mis à part la LED connectée à la broche 13 du microcontrôleur, il est nécessaire

Chapitre II : Architecture d'un système SAV

de les rajouter. Mais pour ce faire, il faut les connecter à la carte. C'est là qu'intervient la connectique de la carte (en **5a** et **5b**). Par exemple, on veut connecter une LED sur une sortie du microcontrôleur. Il suffit juste de la connecter, avec une résistance en série, à la carte, sur les fiches de connexion de la carte.

Cette connectique est importante et a un brochage qu'il faudra respecter. Nous le verrons quand nous apprendrons à faire notre premier programme. C'est avec cette connectique que la carte est "extensible" car l'on peut y brancher tous types de montages et modules ! Par exemple, la carte Arduino UNO peut être étendue avec des Shields, comme le « Shield Ethernet » qui permet de connecter cette dernière à internet. [18]

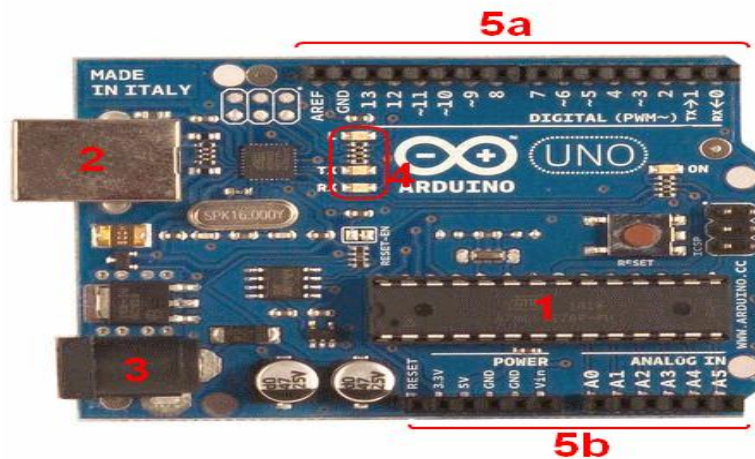


Figure II.1: description de la carte Arduino UNO [19].

II.4.3.4. Le microcontrôleur

Au cours de mes recherches, nous avons rencontré des options alternatives de microcontrôleur. C'est donc le microcontrôleur qui va être le cerveau de la carte Arduino, pour en revenir à nos moutons. C'est lui que nous allons programmer. On aura le temps d'en discuter, pour l'instant je veux uniquement vous présenter les éléments principaux qui le composent. [15]

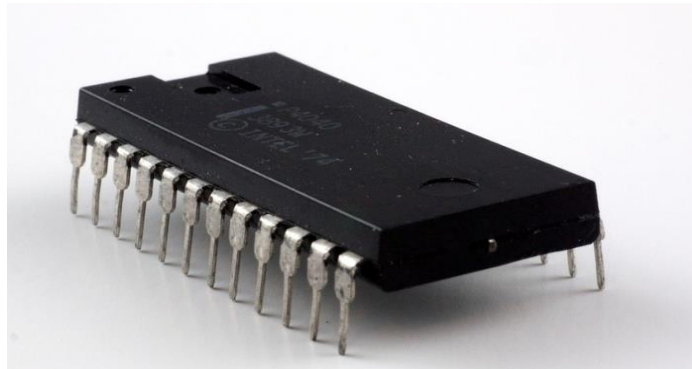


Figure II.2: Le microcontrôleur.

a) Composition des éléments internes d'un microcontrôleur :

Un microcontrôleur est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait composé des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Si l'on veut, c'est un ordinateur (sans écran, sans disque dur, sans lecteur de disque) dans un espace très restreint. Parmi les différents éléments d'un microcontrôleur typique, je vais vous présenter ceux qui vont nous être utiles.

❖ La mémoire :

La mémoire du microcontrôleur sert à plusieurs choses. On peut aisément citer le stockage du programme et de données autres que le programme. Il existe cinq types de mémoire :

- La mémoire Flash : c'est celle qui contiendra le programme à exécuter (celui que vous allez créer !). Cette mémoire est effaçable et réinscriptible (c'est la même que celle d'une clé USB par exemple).
- RAM : c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables de votre programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur (comme sur un ordinateur).
- EEPROM : c'est le "disque dur" du microcontrôleur. Vous pourrez y enregistrer des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée et coupée de son alimentation. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme.
- Les registres : c'est un type particulier de mémoire utilisé par le processeur. Nous n'en parlerons pas tout de suite.

Chapitre II : Architecture d'un système SAV

- La mémoire cache : c'est une mémoire qui fait la liaison entre les registres et la RAM. Nous n'en parlerons également pas tout de suite.

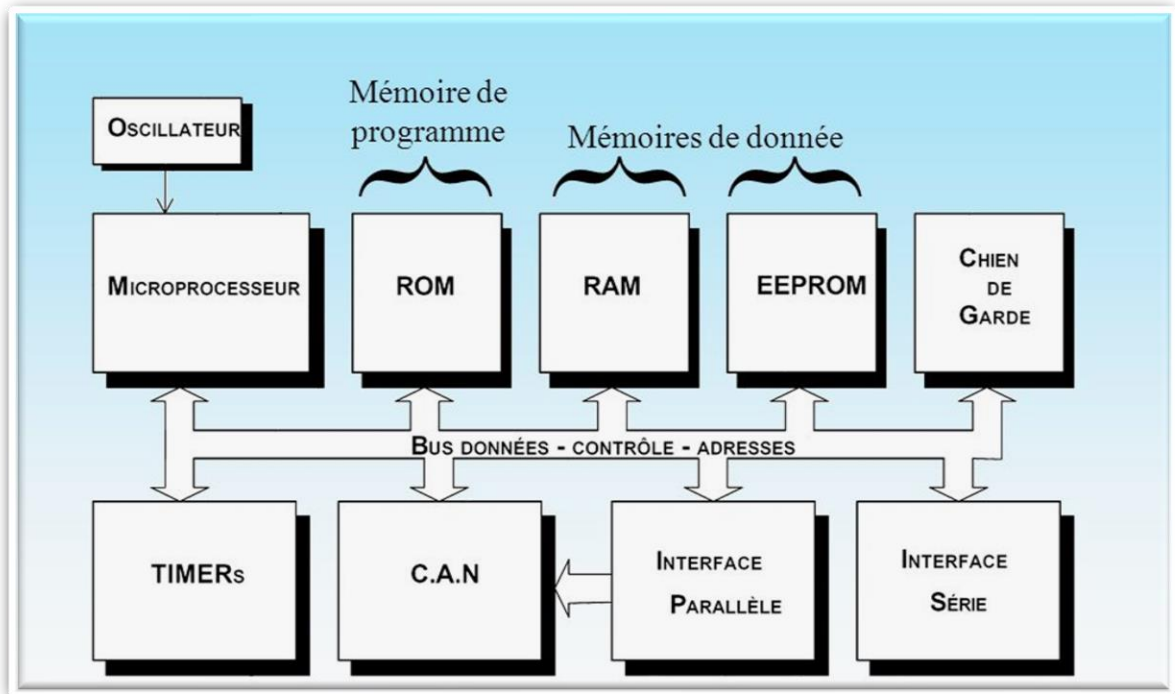


Figure II.3 : Schéma interne d'un microcontrôleur.

❖ L'emplacement du programme :

Le microcontrôleur reçoit le programme sous forme de signal électrique sur ses broches Tx et Rx, d'ailleurs disponible sur les broches de la carte. Une fois qu'il est reçu, il est intégralement stocké dans une mémoire de type Flash que l'on appellera "la mémoire de programme". Ensuite, lorsque la carte démarre "normalement" (qu'aucun programme n'est en train d'être chargé), le cerveau va alors gérer les données et les répartir dans les différentes mémoires :

- La mémoire programme est celle qui va servir à savoir où l'on en est dans le programme, à quelle instruction on est rendu. C'est à dire, en quelque sorte, pointer sur des morceaux des zones 2 et 3 que l'on a vu dans le précédent exemple de programme.

Chapitre II : Architecture d'un système SAV

- La mémoire de données, aussi appelé "RAM" (comme dans votre ordinateur) va stocker les variables telles que le numéro de la broche sur laquelle est connectée une LED, ou bien une simple valeur comme un chiffre, un nombre, des caractères, etc.

Voici un petit synoptique qui vous montre un peu l'intérieur du microcontrôleur (c'est très simplifié !) :

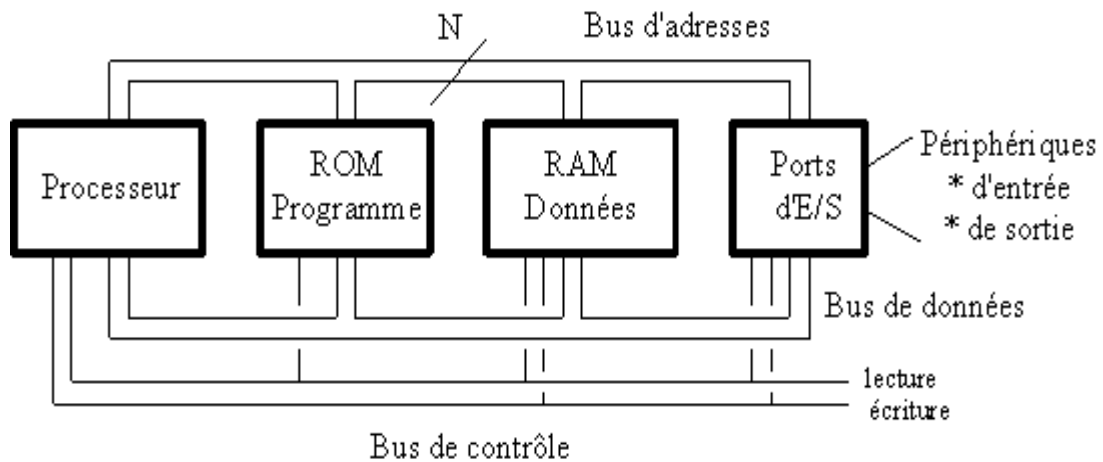


Figure II.4: Synoptique à l'intérieur de microcontrôleur [19].

b) Démarrage du microcontrôleur :

Lorsque le microcontrôleur démarre, il va commencer par lancer un bout de code particulier : le bootloader. C'est ce dernier qui va surveiller si un nouveau programme arrive sur la voie USB et s'il faut donc changer l'ancien en mémoire par le nouveau. Si rien n'arrive, il donne la main à votre programme, celui que vous avez créé. Ce dernier va alors défile, instruction par instruction. Chaque fois qu'une nouvelle variable sera nécessaire, elle sera mise en RAM pour que l'on ait une mémoire de cette dernière (et supprimée lorsqu'elle n'est plus nécessaire). Sinon, les instructions vont se suivre une par une, dans l'ordre que vous les avez écrites.[6]

A. Les types des cartes Arduino :

Il y a trois types de cartes :

Les officielles qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Project.

Les compatibles qui ne sont pas fabriquées par Smart Project, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.

Les « autres » fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...).

- La carte Arduino MEGA :

La carte Arduino MEGA est la carte la plus diffusée après la carte ARDUINO UNO. Elle offre un nombre d'entrées/sorties beaucoup plus important (54 contre 14), un processeur plus puissant doté d'une mémoire plus vaste qui permet d'exploiter des algorithmes plus complexes.

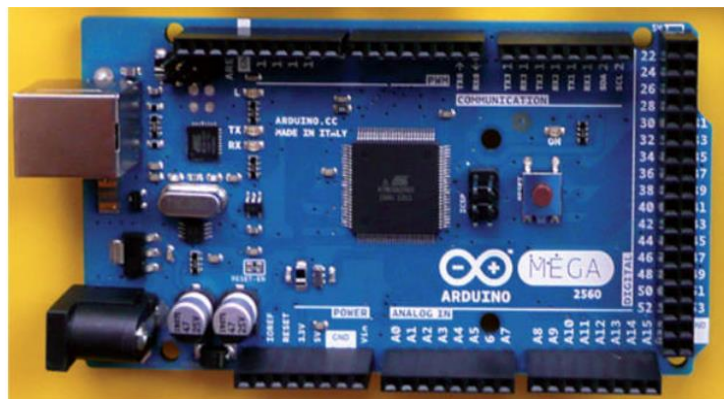


Figure II.5: La carte Arduino Méga.

- La carte Arduino DUE :[2]

La carte Arduino DUE est une évolution de la carte Arduino MEGA et offre des performances réputées 3 fois supérieures. Elle permet de manipuler rapidement des algorithmes lourds particulièrement utiles dans le monde de la robotique par exemple.

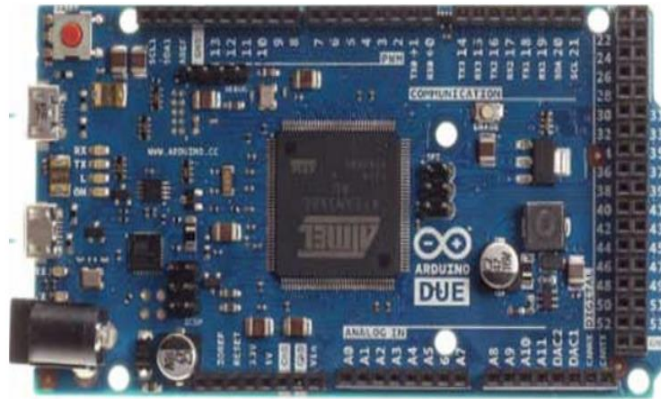


Figure II.6: La carte Arduino DUE.

- **La carte Arduino NANO :**

La carte Arduino NANO la même qu'une carte Arduino UNO miniaturisée. Sa taille et son poids réduits la destinent à une utilisation dans des espaces réduits (en textile par exemple) ou dans des applications de robotique ou de modélisme pour lesquels le poids et la taille des facteurs déterminant (hélicoptères, drones ...)

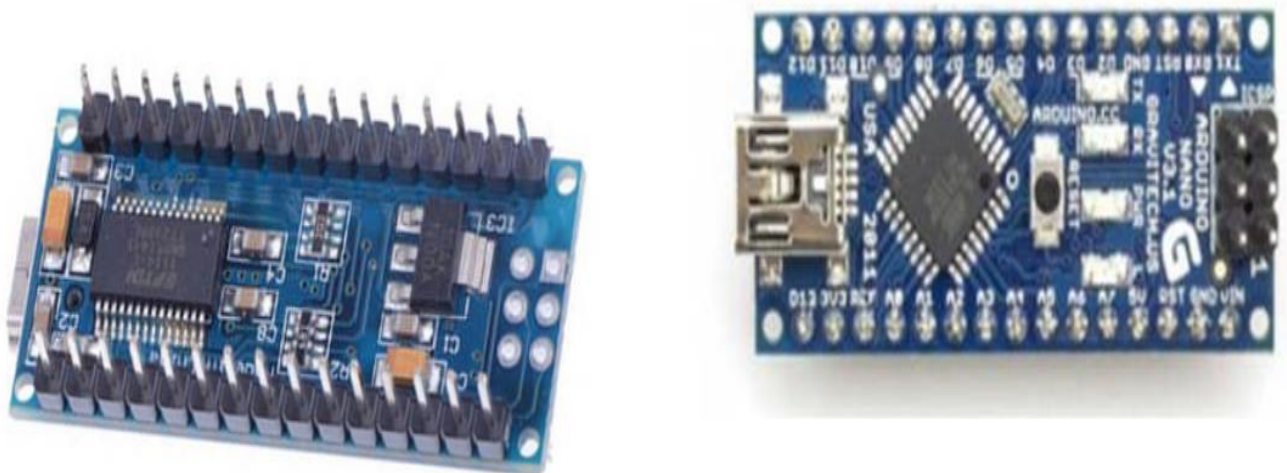


Figure II.7: La carte Arduino NANO.

B. Le but et l'utilité : [3]

Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, nous allons programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique. L'utilité est sans doute quelque chose que l'on perçoit mal lorsque l'on débute, mais une fois que vous serez rentré dans le monde de l'Arduino, vous serez fasciné par l'incroyable puissance dont il est question et des applications possibles ! Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines ! Pour vous donner quelques exemples, vous pouvez

- Contrôler les appareils domestiques.
- Fabriquer votre propre robot.
- Faire un jeu de lumières.
- Communiquer avec l'ordinateur.
- Télécommander un appareil mobile (modélisme) etc.

C. Les avantages de système Arduino :

Le prix : En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.

La liberté : C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino. Elle constitue en elle-même deux choses :

Le logiciel : gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris.

Le matériel : cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet. Cette liberté a une condition : le nom « Arduino » ne doit être employé que pour les cartes « officielles ». En somme, vous ne pouvez pas fabriquer votre propre carte sur le modèle Arduino et lui assigner le nom « Arduino ». Les cartes non officielles, on peut les trouver et

les acheter sur Internet et sont pour la quasi-totalité compatibles avec les cartes officielles Arduino.

La compatibilité : Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.

La communauté : La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site arduino.cc (en anglais) et arduino.cc (en français).

D. Les inconvénients de système Arduino :

- La simplicité des cartes Arduino n'est pas exclusivement associée à des avantages : l'environnement de développement intégré est un excellent support pour **contrôler le matériel**, mais les nouveaux programmeurs n'apprennent de cette façon pratiquement rien de l'écriture de code classique. D'une manière générale, les bibliothèques prêtes à l'emploi risquent d'éliminer complètement le besoin de programmation et donc de limiter inutilement le rayon d'action possible.
- Un autre inconvénient d'Arduino apparaît lorsque la version standard des cartes microcontrôleurs peut ou doit être complétée par des interfaces et des fonctions d'entrée/sortie supplémentaires. Bien que le matériel standardisé permette une mise à niveau simple via des Shields, l'achat de ces modules complémentaires pour Ethernet, LED etc. fait alors augmenter rapidement les coûts du projet [19].

II.4.3.5. Moteur à courant continue

Un moteur à courant continu convertit l'énergie électrique en énergie mécanique. C'est l'un des deux types de moteurs de base : l'autre type est le moteur à courant alternatif ou CA. Parmi les moteurs à courant continu, il existe des moteurs à enroulement shunt, à enroulement en série, à enroulement composé et à aimant permanent.

Chapitre II : Architecture d'un système SAV

Un moteur à courant continu se compose d'un stator, d'un induit, d'un rotor et d'un collecteur avec balais. Les deux champs magnétiques à l'intérieur du moteur le font tourner. Les moteurs à courant continu sont le type de moteur le plus simple et sont utilisés dans les appareils ménagers, tels que les rasoirs électriques, et dans les lève-vitres électriques des voitures.



Figure II.8: Moteur DC à courant continue.

II.4.3.6. Carte pilote moteur

Cette carte imprimée de circuits intégrés permet d'actionner les moteurs du robot via l'envoi de signaux électriques, directement rattachée aux quatre moteurs. Cette carte est connectée et contrôlée par la carte Arduino.



Figure II.9: Carte pilote moteur L298N [23].

II.4.3.7. Description générale sur les capteurs

A. Définition

Dans un grand nombre de domaine, il est nécessaire d'avoir accès à une grandeur physique. Cette connaissance permet de connaître l'état physique d'un système et de pouvoir prendre des décisions quant à la conduite de celui-ci. L'état physique du système doit être connu sous la forme d'une grandeur électrique : tension ou courant. L'opération qui permet de transformer une grandeur physique en une grandeur électrique est réalisée par un capteur.

B. Les caractéristiques d'un capteur

Etendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur.

Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.

Précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie.

Rapidité : Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante.

Linéarité : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure.

Les différents types de signaux qu'un capteur délivre :

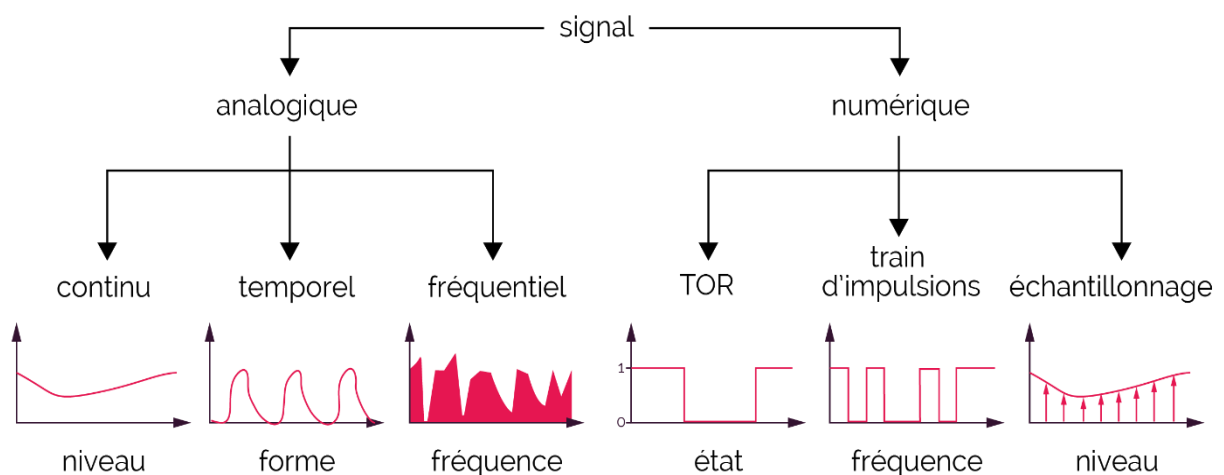


Figure II.10 : Les différents types des signaux.

C. Capteur infrarouge

Le capteur infrarouge permet de réceptionner les signaux émis par une télécommande infrarouge. Ce capteur est directement relié à la carte Arduino afin de traiter les signaux reçus.



Figure II.11: Capteur infrarouge FC-52.

D. Capteur d'ondes ultrasonores

Ce capteur envoie en continu des ondes sonores afin de détecter la présence d'un obstacle. Ainsi, le capteur envoie les données à la carte Arduino afin de traiter ces informations et de déterminer la distance de l'obstacle. Ce capteur se place à l'avant du prototype robot.



Figure II.12: Capteur d'ondes ultrason HC-SR04 [24].

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons démontré le stationnement en générale et spécifiquement dans les automobiles.

Ensuite focaliser sur ces principaux éléments intègre dans le prototype afin de pouvoir illustrer la construction de voiture et sa modalisation dans le chapitre III.

Chapitre III : Réalisation d'un prototype

III.1. Introduction

Ce chapitre passe brièvement en revue certains systèmes apparentés et présente le contexte théorique du projet, il traite de la conception du système, il présente le schéma fonctionnel du système, l'organigramme, le schéma de câblage, les constructions de la conception, l'organigramme, le schéma de câblage, les constructions.

III.2. Fonctionnement des sous-circuits

III.2.1. Circuit détection des lignes et des obstacles

Lorsque le module détecte un obstacle devant le signal, le voyant lumineux vert sur la carte s'allume, tandis que le signal de sortie continu du port OUT reste à un faible niveau. Le module est capable de détecter des distances allant de 2 à 30 cm avec un angle de détection de 35°.

Les capteurs infrarouges actifs utilisent la réflexion pour détecter les objets, ce qui rend la réflectivité de la cible dans la plage de détection critique. La distance de détection minimale est obtenue avec des objets noirs, tandis que la distance de détection maximale est obtenue avec des objets blancs. Les objets de petite taille avec une petite surface auront une distance de détection plus courte, tandis que les objets de grande taille avec une grande surface auront une distance de détection plus longue. Le capteur est composé d'une LED IR, d'un amplificateur opérationnel IC et d'une LED.

La LED IR émet une lumière infrarouge qui est détectée par la photodiode. Un IC amplificateur opérationnel est utilisé comme comparateur de tension, Lorsque la lumière émise par la LED IR atteint la photodiode après avoir été réfléchi par un objet, la résistance de la photodiode diminue, ce qui modifie l'une des entrées de l'ampli-op pour qu'elle atteigne la valeur seuil fixée par le potentiomètre. L'autre entrée de l'ampli-op provient de la résistance en série avec la photodiode. Si la tension aux bornes de cette résistance série est supérieure à la tension de seuil, la sortie de l'IC amplificateur opérationnel devient élevée, ce qui allume la LED connectée à la sortie. La tension de seuil peut être ajustée en tournant le potentiomètre en fonction des conditions environnementales.

III.2.2. Fonctionnement de capteur infrarouge

Les capteurs de proximité infrarouges utilisés dans ce projet sont des capteurs Sharp à courte portée, plus précisément le modèle FC-51. Les caractéristiques de ces capteurs sont les suivantes : ils ont une plage de détection allant de 3,1V à 4 cm à 0,3V à 30 cm.

Ces capteurs fonctionnent en émettant un faisceau de lumière infrarouge à partir d'une diode électroluminescente IR. Ce faisceau est réfléchi sur l'objet en question, puis détecté par un détecteur de lumière sensible à la position. Le capteur détecte l'angle d'incidence du faisceau de lumière réfléchi le plus fort et utilise cet angle pour calculer la distance entre l'objet et le capteur.

La courbe de réponse du capteur n'est pas linéaire car la distance est calculée en utilisant la tangente de l'angle d'incidence. Les capteurs émettent des tensions analogiques, ce qui les connecte aux broches analogiques de l'Arduino, comme illustré dans le schéma de la Figure 1 et 2.

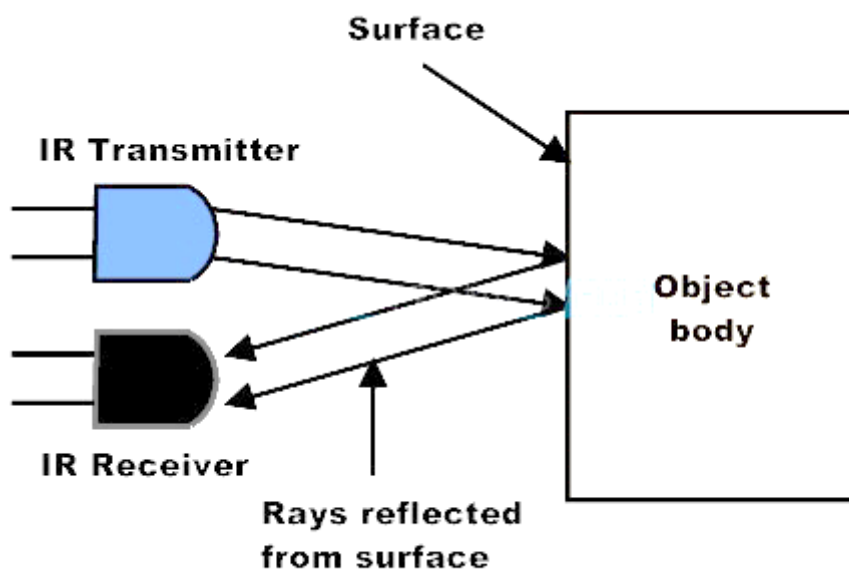


Figure III.1 : Schéma simplifiée fonctionnel d'infrarouge.

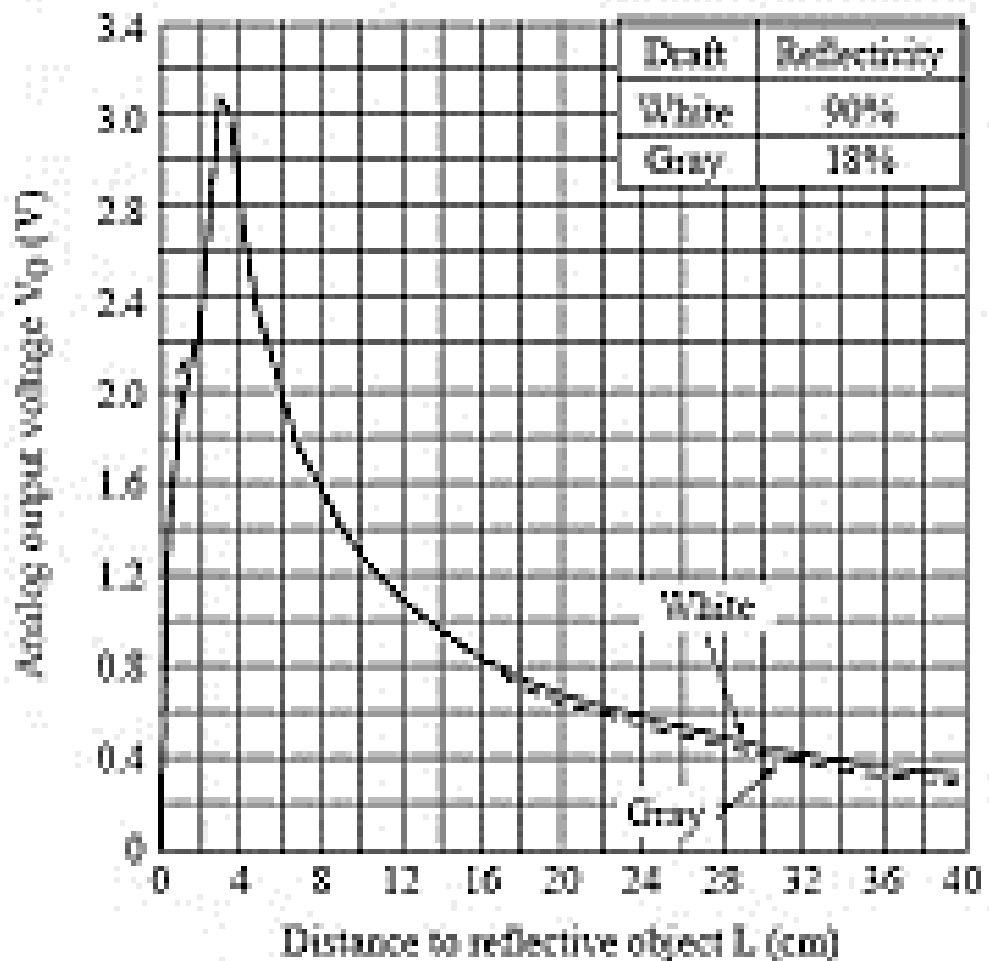


Figure III.2 : Diagramme schématique de la distance par voltage.

La Figure 3 illustre que les servos sont composés d'un petit moteur à courant continu, d'un potentiomètre et d'un circuit de commande, le tout contenu dans un boîtier compact. Le potentiomètre, représenté dans la Figure 4 ci-dessous, est essentiellement un petit bouton qui offre une résistance variable lorsqu'il est tourné. Il possède trois bornes désignées par les lettres A, B et W. Les bornes A et B sont connectées à un matériau résistif, tandis que le curseur (W), déplacé par le bouton du potentiomètre, peut être positionné n'importe où le long de la longueur du matériau résistif.

Le déplacement du curseur le long du matériau résistif modifie la résistance entre A et W ainsi qu'entre B et W. Par exemple, si le curseur est complètement positionné en A, la

résistance entre A et W sera modifiée, tandis que la résistance entre B et W sera de zéro. De même, si le curseur se trouve au centre entre les deux bornes, les résistances entre A et W ainsi qu'entre B et W seront identiques et de même valeur.

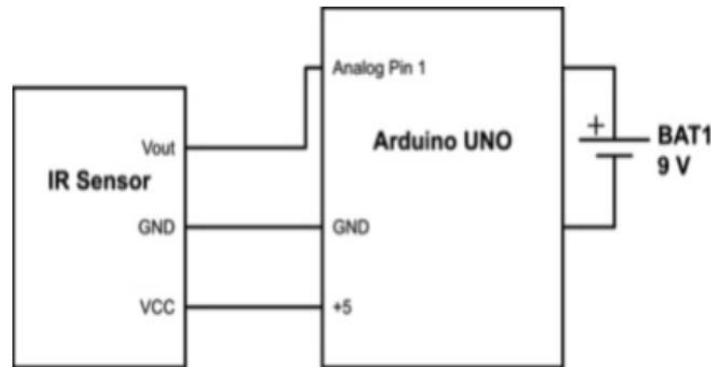


Figure III.3: Schéma symbolique de la connectivité entre l'Arduino UNO et le capteur IR.

- **Émetteur infrarouge (LED IR) :**

L'émetteur infrarouge est une diode électroluminescente (LED) qui émet des rayonnements infrarouges. Bien que semblable à une LED ordinaire, la lumière infrarouge émise par celle-ci est invisible à l'œil humain. Lorsqu'il fonctionne avec une alimentation de 5V, l'émetteur IR consomme environ 3 à 5 mA de courant. Les émetteurs infrarouges peuvent être modulés pour produire une fréquence spécifique de lumière infrarouge, et la modulation la plus couramment utilisée est la modulation OOK (ON-OFF-KEYING).

- **Le récepteur infrarouge :**

Également appelé capteur infrarouge, détecte le rayonnement émis par un émetteur infrarouge. Les récepteurs IR se présentent sous la forme de photodiodes et de phototransistors. Les photodiodes infrarouges diffèrent des photodiodes normales car elles sont conçues spécifiquement pour détecter le rayonnement infrarouge.

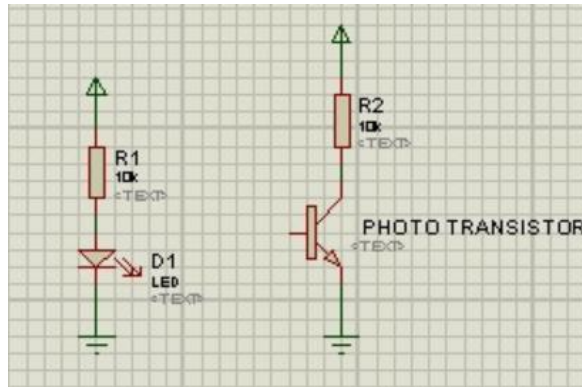


Figure III.4 : Diagramme schématique de circuit récepteur IR.

- **Distinguer les couleurs noirs et blanc :**

Selon un principe universel, la couleur noire absorbe tout le rayonnement incident tandis que la couleur blanche le reflète entièrement. En se basant sur ce principe, le deuxième système de positionnement des capteurs peut être réalisé. Une diode électroluminescente infrarouge (DEL IR) et une photodiode sont disposées côte à côte. Lorsque la DEL IR émet un rayonnement infrarouge, celui-ci doit être réfléchi vers la photodiode après avoir touché un objet, car il n'y a pas de contact direct entre l'émetteur et le récepteur. La surface de l'objet peut être divisée en deux types : une surface réfléchissante et une surface non réfléchissante. Si la surface de l'objet est naturellement réfléchissante, telle que blanche ou d'une autre couleur claire, la majeure partie du rayonnement incident sera réfléchi et atteindra la photodiode. En fonction de l'intensité du rayonnement réfléchi, un courant circule dans la photodiode.

En revanche, si la surface de l'objet n'est pas naturellement réfléchissante, comme lorsqu'elle est noire ou d'une autre couleur sombre, elle absorbe presque tout le rayonnement incident. Étant donné qu'il n'y a pas de rayonnement réfléchi, aucun

rayonnement n'atteint la photodiode, ce qui maintient la résistance de la photodiode élevée et empêche le courant de circuler. Cette situation est similaire à l'absence totale d'objet.

La représentation graphique des scénarios ci-dessus est illustrée ci-dessous.

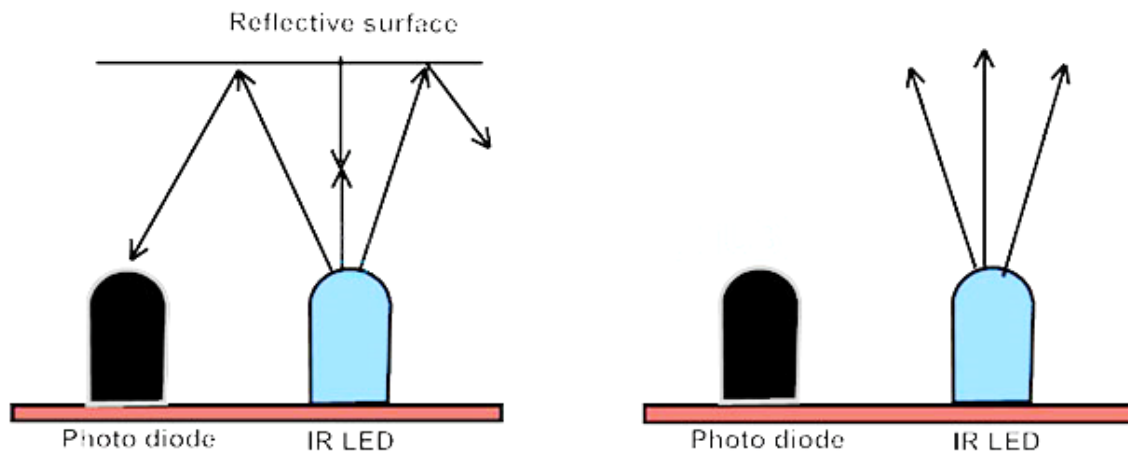


Figure III.5 : Schéma descriptif de la détection des obstacles.

III.2.3. Le fonctionnement avec l'ultrasons

Un télémètre à ultrasons fonctionne en émettant un signal ultrasonique qui rebondit sur le premier objet rencontré et est ensuite capté par le capteur. L'Arduino est programmé pour déterminer le moment où le sonar doit émettre le signal, puis il mesure le temps écoulé jusqu'à la réception de l'écho par le capteur. Lors de cette détection, un signal de tension est envoyé à l'Arduino. L'esquisse Arduino convertit ensuite le temps écoulé en une distance en utilisant une conversion fournie par le fabricant. Dans ce projet, à la fois des télémètres à ultrasons et des télémètres infrarouges sont utilisés pour plusieurs raisons. Contrairement aux télémètres infrarouges qui utilisent la lumière, les capteurs à ultrasons utilisent le son, ce qui leur permet d'être utilisés à l'extérieur même en plein soleil. Cette différence est particulièrement importante dans des situations de stationnement réelles, car la réflexion de la lumière varie en fonction de la surface, ce qui peut entraîner des mesures différentes pour des matériaux ayant des niveaux de réflectivité ou de couleur différents. De plus, la lecture

Chapitre III : Réalisation d'un prototype

d'un capteur à ultrasons peut être affectée si l'objet mesuré absorbe le son. Des tests supplémentaires seront effectués pour évaluer la précision des télémètres à ultrasons dans différentes conditions. Le principe de fonctionnement des capteurs de distance à ultrasons repose sur l'écho, où un signal sonore est émis, réfléchi par une surface et détecté par le capteur une fois qu'il revient à son point de départ. Le signal sonore est généralement émis à une fréquence ultrasonique d'environ 40 kHz et est inaudible pour les humains [21].



Figure III.6 : Schéma symbolique de la connectivité entre l'Arduino UNO et le capteur ultrason.

La durée entre l'instant de l'émission et l'instant de la réception peut être mesurée. Le signal ayant parcouru 2 fois la distance entre le capteur et la surface (un aller-retour), on peut la calculer ainsi :

$$\text{Distance} = \frac{1}{2} \times \text{vitesse du son} \times \text{durée}$$

Remarque la vitesse du son est environ égale à 340 m/s.

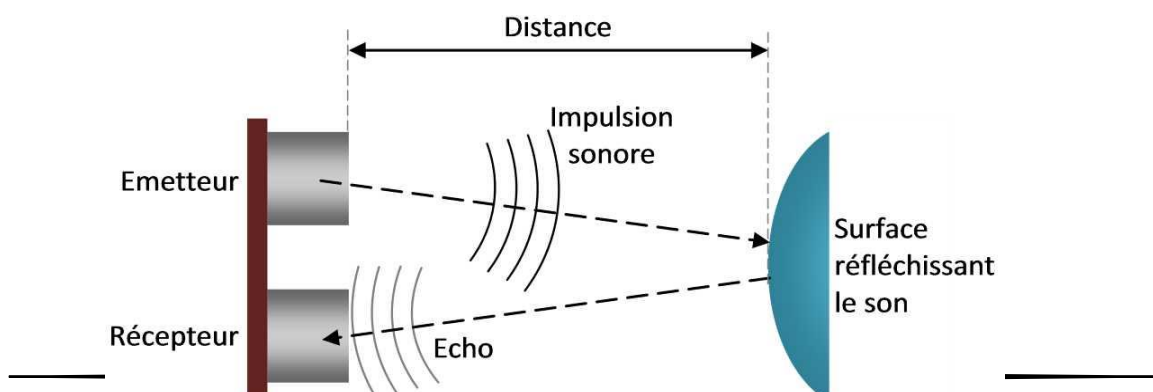


Figure III.7 : Schéma simplifiée fonctionnel d'ultrason [21].

- **Câblage :**

Comme la plupart des composants actifs, les capteurs de distance à ultrasons doivent être alimentés (5V le plus souvent).

Ils fonctionnent de la manière suivante :

- L'Arduino envoie au capteur par un port numérique une courte impulsion (10 μ s environ) à l'entrée « *trigger* » du capteur.
- Cela déclenche l'émission d'un signal sonore très court (8 oscillations environ) ;
- Lorsque ce signal est parti, la sortie « *écho* » du capteur passe à l'état HIGH.
- Dès que le signal sonore revient, il est détecté par le capteur dont la sortie « *écho* » repasse à LOW.

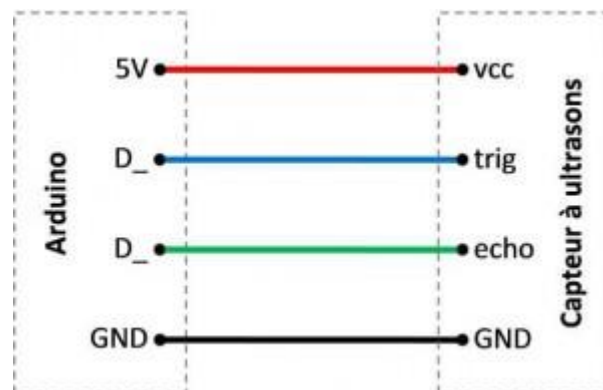


Figure III.8 : Schéma simplifiée de circuit électrique de la connectivité entre Arduino et Ultrason.

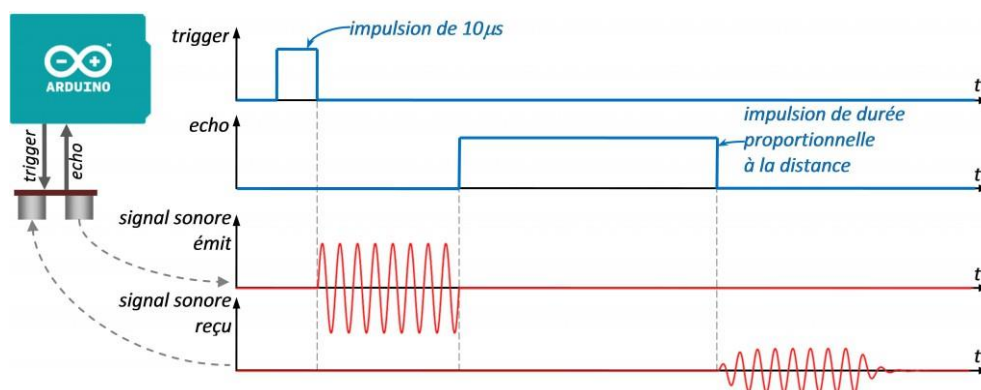


Figure III.9 : Diagramme du signal détecté par l'ultrason [21].

Remarque : si le signal retour n'est pas détecté, la durée du signal « *echo* » est limitée à 36 ms environ (cela dépend des modèles), soit 6m environ.

III.2.4. Circuit commande

III.2.4. 1. Le fonctionnement et Spécifications du servo su-micro

Le potentiomètre est connecté à un moteur électrique, qui, lorsqu'il tourne, modifie la résistance du potentiomètre. Lorsqu'un servo est programmé pour tourner d'un certain nombre de degrés, le moteur tourne jusqu'à ce que le potentiomètre atteigne la valeur de résistance correspondante. Le contrôle du servo se fait par modulation de largeur d'impulsion, ce qui signifie l'envoi d'impulsions électriques de différentes largeurs à travers le fil de commande. Un servo typique, comme celui utilisé dans ce projet, peut tourner de 90 degrés de chaque côté à partir d'une position neutre, permettant ainsi un mouvement total de 180 degrés. Une impulsion de 1,5 ms ramène le servo à la position neutre (0 degré de chaque côté), tandis qu'une impulsion de 1 ms et 2 ms correspond respectivement à 0 degré et 180 degrés [12]. La programmation d'un servo pour qu'il se déplace à des degrés spécifiques est simple en utilisant le langage Processing. La bibliothèque intégrée Servo de ce langage fournit de nombreuses fonctions, dont la fonction `servo.write (angle)`, utilisée dans l'exemple présenté dans la sous-section "Deuxième prototype". Cette fonction prend deux paramètres : `servo`, qui est une variable de type `servo`, et `angle`, qui représente une valeur de degré entre 0 et 180. Elle permet à l'utilisateur de contrôler facilement le positionnement du servo à des degrés spécifiques, sans avoir à gérer directement la modulation de largeur d'impulsion ou à écrire manuellement les signaux HIGH et LOW avec des délais variables [13]. Le servo utilisé dans ce projet est un modèle générique de petite taille, adapté aux tensions de 4,8 à 6,0V. Ses dimensions sont de 31,8 x 11,7 x 29 mm. Le tableau ci dessus détaillant ses spécifications.

tableau III.1 : Spécifications du servo sub-micro.

Voltage (V)	4.8	6
Torque (oz- in)	16.6	20.8
Speed (sec/60°)	0.15	0.1
Rotation	~160°	

Circuit intégré de pont en H : Un pont en H de base se compose de quatre interrupteurs qui permettent d'appliquer une tension à une charge dans les deux sens.

D'appliquer une tension à une charge dans les deux sens. Ces interrupteurs sont souvent deux PNP et deux NPN, comme le montre le schéma ci-dessous.

III.2.5. Les actionnaires

III.2.5.1. Fonctionnement du moteur Arduino (datasheet)

Le schéma ci-dessus montre la construction d'un moteur à courant continu et son fonctionnement. Comme vous pouvez le voir, une tension continue doit être connectée au moteur pour que le rotor commence à tourner. Si la polarité est inversée, le rotor tournera dans le sens inverse. Le pilote de moteur L298N vous permet d'inverser le sens de rotation du moteur fa 130, ce qui facilite son utilisation dans les projets Arduino pour débutants.

Le moteur collecteur peut être conçu pour différentes tensions d'alimentation. Si le moteur fonctionne sur 3-5 volts, le moteur peut être connecté aux ports d'alimentation de la carte Arduino. Les moteurs de commande Bluetooth fournis avec les engrenages et les roues sont déjà conçus pour 6 volts ou plus, ils doivent donc être commandés par un transistor à effet de champ ou par le pilote Arduino L298N pour les moteurs CC.

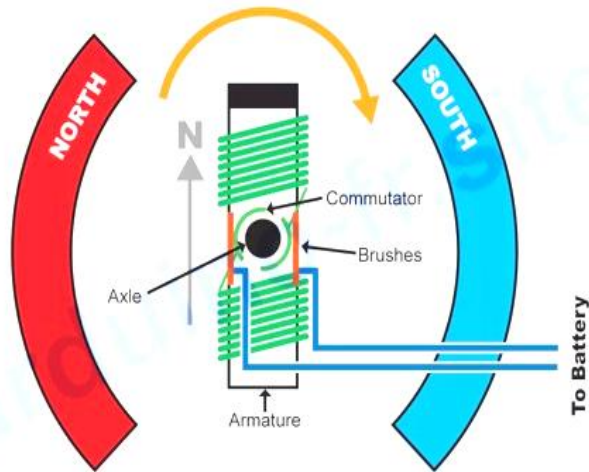


Figure III.10 : Principe de fonctionnement Arduino moteur datasheet.

III.2.5.2. Branchement d'un moteur DC avec Arduino UNO

Pour connecter le moteur via un transistor à l'Arduino, vous devrez utiliser le port 5 volts du microcontrôleur ou une alimentation externe. Le condensateur dans le circuit est utilisé pour réduire le bruit dans le circuit. Le transistor agira comme une clé, fermant/ouvrant le circuit électrique. Le transistor lui-même est contrôlé par le port numérique Arduino. Assemblez le circuit comme indiqué sur l'image et téléchargez le programme.

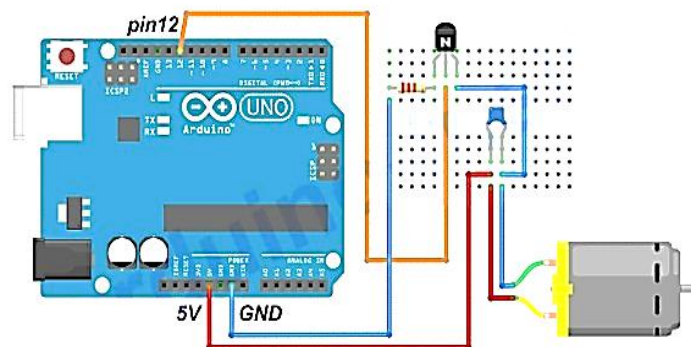


Figure III.11 : Câblage d'un moteur DC avec l'Arduino.

Chapitre III : Réalisation d'un prototype

La Figure 11 présente le schéma de connexion de chacune des quatre roues de la voiture miniature à l'Arduino. Chaque roue est reliée à un transistor qui agit comme un interrupteur électronique. L'Arduino contrôle ces transistors en utilisant la modulation de largeur d'impulsion. Ainsi, l'Arduino peut activer et désactiver rapidement l'interrupteur, ce qui contrôle la vitesse de rotation de chaque roue.

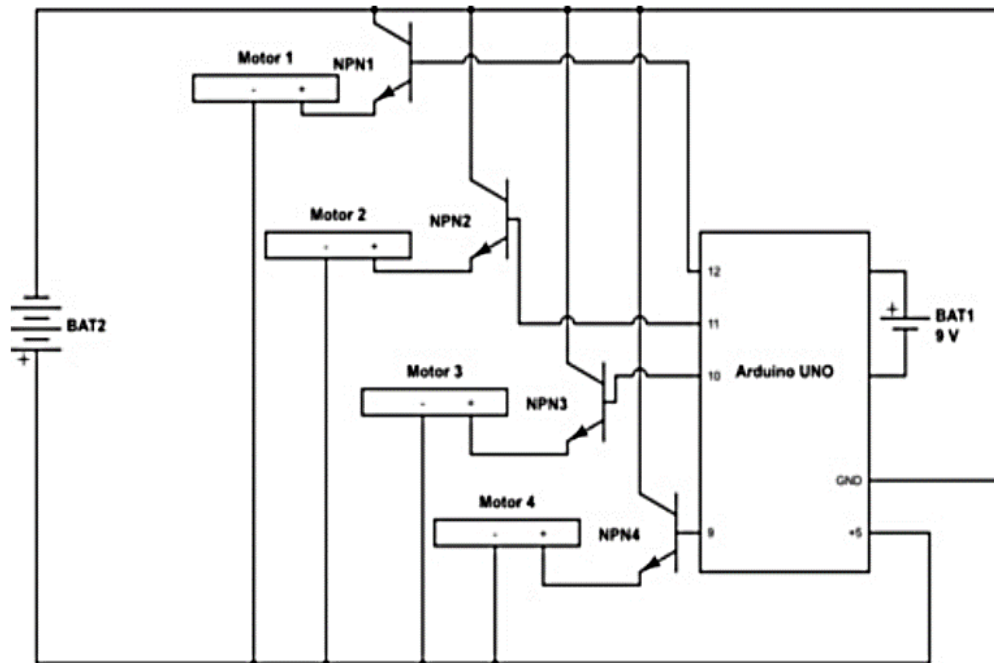


Figure III.12 : Schéma des quatre moteurs et de l'Arduino.

III.2.5.3. Fonctionnement du pilote moteur L298N

Le L298N est un circuit intégré qui permet de contrôler les moteurs à courant continu (DC) ou les moteurs pas à pas. Il est couramment utilisé dans les projets de robotique et d'automatisation. Le fonctionnement du pilote moteur L298N peut être résumé en quelques étapes :

1. Alimentation : Le L298N nécessite une alimentation externe pour fournir la tension de fonctionnement aux moteurs. Il peut accepter une large gamme de tensions d'alimentation, généralement de 5 à 35 volts.
2. Connexion des moteurs : Les moteurs à contrôler sont connectés aux bornes OUT1, OUT2 pour un moteur, et OUT3, OUT4 pour un autre moteur. Les bornes OUT1 et OUT2 contrôlent

Chapitre III : Réalisation d'un prototype

la direction du premier moteur, tandis que les bornes OUT3 et OUT4 contrôlent la direction du deuxième moteur.

3. Contrôle de la vitesse : Le L298N permet de régler la vitesse des moteurs en utilisant la modulation de largeur d'impulsion (PWM). Les broches ENA et ENB sont utilisées pour contrôler la vitesse du premier moteur et du deuxième moteur respectivement. En fournissant un signal PWM à ces broches, vous pouvez ajuster la vitesse de rotation des moteurs.

4. Contrôle de la direction : Pour contrôler la direction de rotation des moteurs, vous devez fournir des signaux logiques aux broches IN1, IN2 pour le premier moteur, et aux broches IN3, IN4 pour le deuxième moteur. En modifiant les combinaisons de ces signaux (par exemple, HIGH et LOW), vous pouvez inverser la direction de rotation des moteurs.

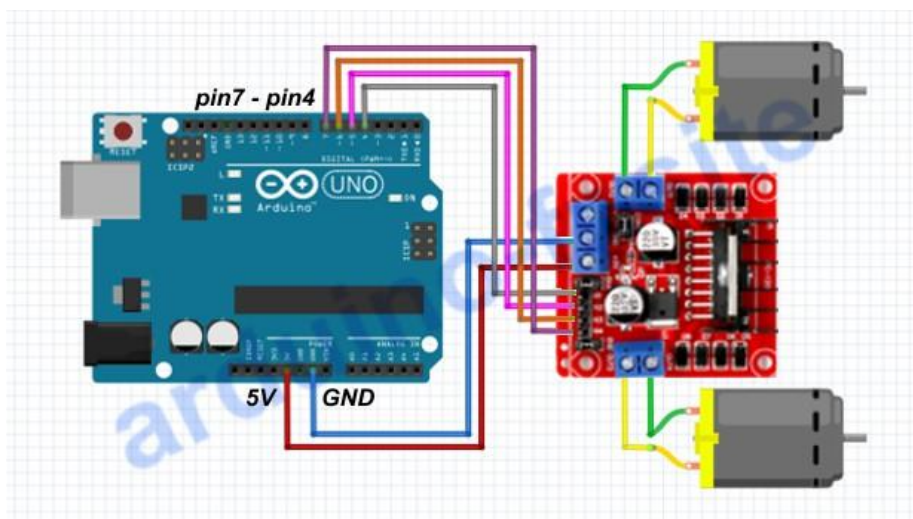


Figure III.13 : Câblage d'un pilote moteur avec Arduino [19].

III.3. Schéma fonctionnels générale du projet

La Figure 16 [Annex] illustre le schéma fonctionnel global du système, décrivant le fonctionnement du projet et la transmission des données entre les différents composants. Certains composants sont représentés avec leur connexion à l'Arduino Uno, tandis que

Chapitre III : Réalisation d'un prototype

d'autres montrent la connexion entre eux. Les broches de chaque équipement seront physiquement connectées conformément à ce qui est présenté dans la figure suivante.

Une fois que tous les composants ont été installés sur la voiture, de nombreux tests ont été réalisés pour vérifier son bon fonctionnement dans différentes situations et en réponse aux signaux des capteurs de proximité. Par exemple, un code de test a été écrit pour faire tourner les roues dans un sens si deux capteurs détectent une certaine distance, et dans l'autre sens si cette condition n'est pas remplie.

L'un des principaux défis rencontrés était l'alimentation de l'H-Bridge et de l'Arduino avec des piles. L'H-Bridge nécessite une tension minimale de 12V et consomme entre 0,23A et 0,51A, tandis que l'Arduino alimente les capteurs et le servo et nécessite 0,45A de courant.

La première tentative d'alimentation avec une seule batterie de 12V d'une capacité d'environ 55mAh n'a pas fonctionné. Ensuite, plusieurs batteries de 12V ont été connectées en parallèle pour augmenter le courant fourni, mais sans succès. Finalement, deux batteries de 12V ont été connectées en série pour obtenir une tension de 24V, et plusieurs de ces paires de 24V ont été connectées en parallèle pour fournir suffisamment de courant. Cependant, cette configuration s'est révélée peu fiable et inconsistante.

Une méthode plus fiable consiste à alimenter à la fois l'Arduino et le H-Bridge avec des alimentations dédiées et adaptées à leurs besoins respectifs. Cela permet d'assurer une alimentation stable et fiable pour le bon fonctionnement de la voiture.

Figure III.14 : Diagramme schématique fonctionnel final du projet.

III.4. Conclusion

Ce chapitre met en évidence l'utilisation des données des capteurs des applications pratiques, en se concentrant spécifiquement sur la création d'un système de stationnement. Les composants clés utilisés dans ce système comprennent un microprocesseur Arduino, des capteurs ultrasoniques et infrarouges, des ponts en H et des servomoteurs. Pour pouvoir présenter par la suite l'algorithme de stationnement dans le chapitre IV, qu'est crucial pour le bon fonctionnement du système, permettant à la voiture de détecter les obstacles, de prendre des décisions et de se garer de manière autonome.

Chapitre IV : Résultat et discussion

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous détaillerons la mise en œuvre du logiciel et du matériel de notre projet. Nous commencerons par présenter l'organigramme qui représente la structure et le flux du programme, en décrivant les différentes étapes et les relations entre les modules.

Ensuite, nous aborderons l'algorithme utilisé dans notre projet. Cela comprendra une explication détaillée des différentes actions et décisions prises par le programme pour atteindre les objectifs du système. Nous expliquerons également comment les données des capteurs sont utilisées pour prendre des décisions en temps réel.

Enfin, nous conclurons ce chapitre en discutant des défis auxquels nous avons été confrontés tout au long de la mise en œuvre du projet. Nous aborderons les problèmes rencontrés et les solutions trouvées pour les résoudre. Ensuite, nous présenterons le résultat final du système, en mettant en évidence ses fonctionnalités et ses performances.

Nous conclurons également en discutant des travaux futurs possibles pour améliorer le système. Cela pourrait inclure l'ajout de fonctionnalités supplémentaires, l'optimisation de l'algorithme, l'exploration de nouvelles technologies ou l'adaptation du système à d'autres applications.

IV.2. La mise en œuvre

Pour réaliser un système de stationnement automatique avec une voiture contrôlée par Arduino UNO, utilisant des capteurs infrarouges et ultrasons pour détecter les obstacles et suivre une ligne noire comme nous avons citées dans les chapitres précédant on peut les résumer dans les étapes suivantes :

❖ **Matériel nécessaire :**

1. Arduino UNO (ou une carte compatible).
2. Capteurs infrarouges pour la détection des obstacles.
3. Capteurs ultrasons pour la détection de distance.
4. Capteurs de suivi de ligne noire (par exemple, capteurs de réflexion de lumière infrarouge).

❖ Étapes de mise en œuvre :

1. Connexion des capteurs :

- Connectez les capteurs infrarouges aux broches appropriées de l'Arduino UNO.
- Connectez les capteurs ultrasons aux broches appropriées de l'Arduino UNO.
- Connectez les capteurs de suivi de ligne noire aux broches appropriées de l'Arduino UNO.

2. Initialisation :

- Initialisez les broches des capteurs en tant qu'entrées ou sorties dans le code Arduino.
- Initialisez les broches de contrôle des moteurs de la voiture en tant que sorties.

3. Détection des obstacles :

- Utilisez les capteurs infrarouges pour détecter les obstacles à proximité de la voiture.
- Utilisez les capteurs ultrasons pour mesurer la distance par rapport aux obstacles.
- En fonction des données des capteurs, prenez des décisions sur la direction à prendre pour éviter les obstacles.

4. Suivi de la ligne noire :

- Utilisez les capteurs de suivi de ligne noire pour détecter la présence de la ligne au sol.
- En fonction des données des capteurs, ajustez la direction de la voiture pour rester sur la ligne noire.

5. Contrôle des moteurs :

- En fonction des décisions prises lors de la détection des obstacles et du suivi de la ligne, contrôlez les moteurs de la voiture pour effectuer les mouvements nécessaires (avancer, reculer, tourner à gauche, tourner à droite, etc.).

6. Stationnement automatique :

- Utilisez les informations des capteurs pour déterminer quand la voiture est suffisamment proche de l'emplacement de stationnement.

- Effectuez les mouvements nécessaires pour vous garer en douceur dans l'emplacement de stationnement détecté.

7. Répétez le processus :

- Une fois le stationnement terminé, on peut continuer à surveiller les capteurs et suivre la ligne noire pour effectuer d'autres mouvements ou parcourir un parcours prédéfini.

IV.3. Les enjeux de mise en œuvre

Au cours de la mise en œuvre du projet, nous avons été confrontés à de nombreux obstacles et nous avons dû prendre plusieurs mesures. Questions pour parvenir à la conception la plus appropriée du système et à l'accès aux meilleures fonctionnalités liées aux objectifs du projet.

Ces problèmes et les résultats obtenus sont résumés ci-dessous :

✓ Les problèmes :

1. Ultrasons : déterminer la distance ?
2. La connexion entre le dispositif Arduino et les autres éléments ?
3. La programmation du code ?
4. les infrarouges : suivi le trajectoire « ligne noire » ?

✓ La solution :

1. Ultrasons : déterminer la distance correcte.
2. La connexion entre l'appareil androïde et les autres parties.
3. Programmer les pièces de manière appropriée.
- 4.les infrarouges : suivi le bon trajectoire « ligne noire ».

IV.4. Mise en marche du prototype

Dans notre projet, nous avons deux composants principaux : le système de contrôle et l'algorithme de déplacement de la voiture. Voici une explication plus détaillée de chaque composant :

IV.4.1. Algorithme de déplacement de la voiture

L'exemple d'algorithme de stationnement pour notre voiture autonome utilisant des capteurs à ultrasons et infrarouges :

1. Initialisation :

- Configurer les capteurs à ultrasons et infrarouges.
- Définir les seuils de distance et d'intensité pour détecter les obstacles.

2. Détection des obstacles :

- Lire les données des capteurs à ultrasons et infrarouges pour mesurer les distances et les intensités des obstacles autour de la voiture.
- Identifier les obstacles qui se trouvent dans la zone de stationnement et qui sont à une distance sécuritaire de la voiture.

3. Choix de la place de stationnement :

- Rechercher la place de stationnement la plus proche en utilisant les informations fournies par les capteurs.
- Sélectionner une place de stationnement disponible qui permettra à la voiture de se garer sans collision.

4. Mouvement de la voiture :

- Utiliser les capteurs pour suivre la distance entre la voiture et l'obstacle le plus proche pendant le mouvement.
- Ralentir progressivement lorsque la distance entre la voiture et l'obstacle diminue.

5. Alignement de la voiture :

- Utiliser les capteurs pour aligner la voiture par rapport à la place de stationnement.
- Ajuster la direction et la vitesse de la voiture pour s'aligner correctement avec la place de stationnement.

6. Stationnement :

- Utiliser les capteurs pour surveiller la distance entre la voiture et les obstacles environnants pendant le stationnement.
- Effectuer les ajustements nécessaires pour maintenir une distance de sécurité et éviter les collisions.

7. Arrêt du stationnement :

- Une fois que la voiture est correctement stationnée, désactiver les capteurs et mettre le système en mode d'attente.

Cet organigramme en dessous représente de manière séquentielle les étapes de l'algorithme, Chaque étape est exécutée dans l'ordre indiqué, en utilisant les informations fournies par les capteurs pour détecter les obstacles, choisir une place de stationnement, effectuer le mouvement de la voiture, l'aligner correctement et enfin la stationner. Une fois le stationnement terminé, l'algorithme se termine.

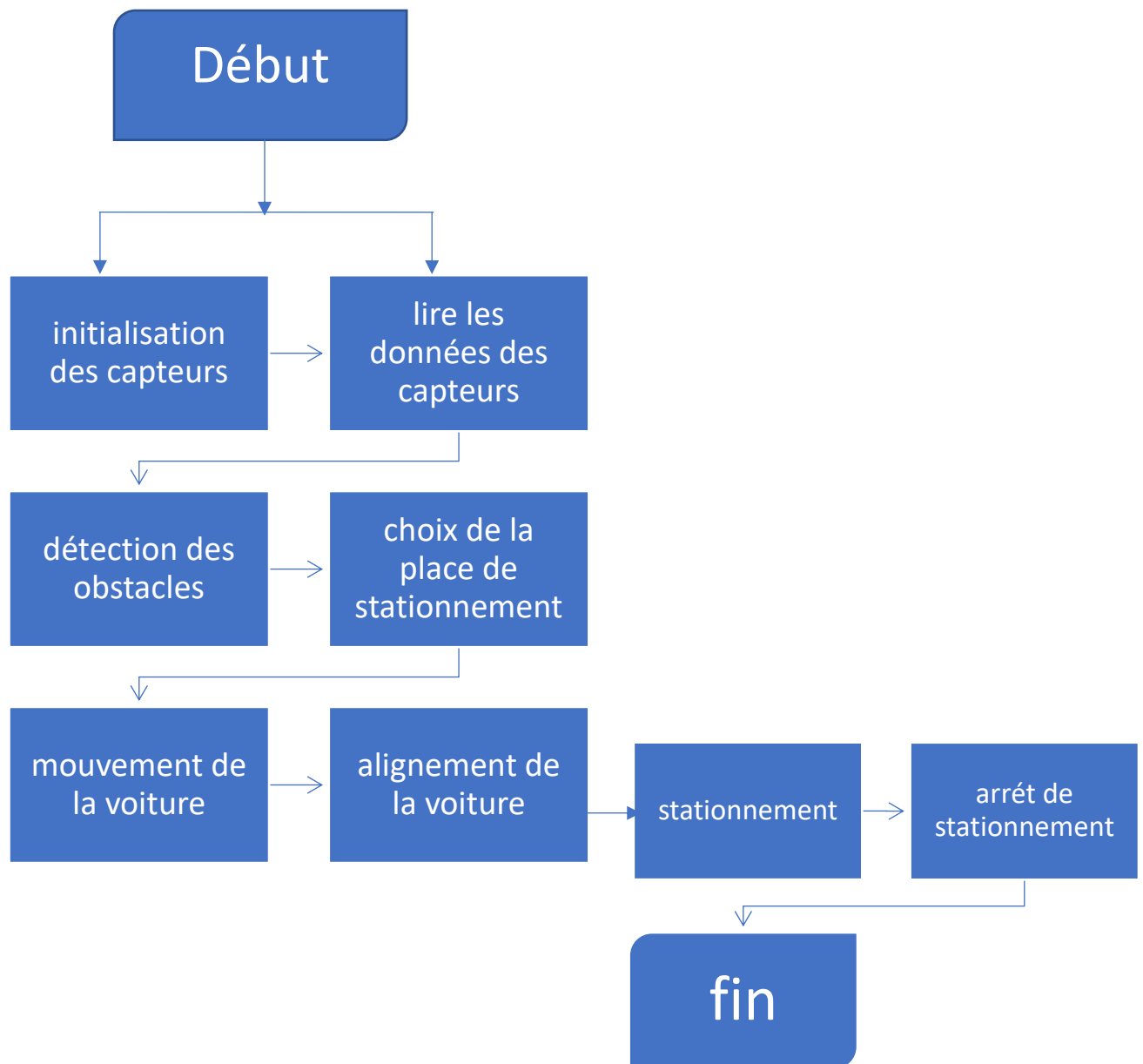


Figure IV.1. Représentation d'organigramme simplifié de l'algorithme.

IV.4.2. Système de contrôle

Le système de contrôle est responsable de la mise en œuvre des instructions générées par l'algorithme de déplacement. Il communique avec l'automobile pour exécuter les commandes de mouvement et assurer un contrôle précis de la voiture pendant le stationnement parallèle.

- ❖ Les fonctionnalités principales du système de contrôle peuvent comprendre :

Chapitre IV : Résultat et discussion

- Interface avec l'algorithme de déplacement : Le système de contrôle reçoit les instructions de l'algorithme de déplacement et les interprète pour générer les commandes de mouvement appropriées pour la voiture autonome.
- Contrôle de la voiture : Le système de contrôle doit être capable de communiquer avec la voiture et d'envoyer les signaux de contrôle nécessaires pour ajuster la vitesse, la direction et les autres paramètres de mouvement en temps réel.
- Gestion des capteurs : le prototype a équipé des capteurs (par exemple, des capteurs de distance ou de proximité), le système de contrôle peut intégrer ces données pour adapter les commandes de mouvement en fonction des conditions environnementales.

En résumé, l'algorithme de déplacement de la voiture calcule les instructions de mouvement pour le stationnement, tandis que le système de contrôle met en œuvre ces instructions en communiquant avec la voiture. En travaillant en tandem, ces deux composants permettent à la voiture de se garer parallèlement de manière autonome.

IV.5. Le scénario du mouvement de prototype

Le scénario pour les mouvements d'une voiture contrôlée par Arduino UNO, utilisant des capteurs infrarouges et ultrasons pour détecter les obstacles et un capteur de suivi de ligne noire pour le guidage :

1. Initialisation :

- La voiture démarre dans un espace ouvert.
- Les capteurs infrarouges et ultrasons sont activés.
- Les capteurs de suivi de ligne noire sont également activés.

2. Détection des obstacles :

- Les capteurs infrarouges détectent un obstacle sur le côté droit de la voiture.
- Les capteurs ultrasons confirment la présence d'un obstacle à une distance dangereuse.

3. Analyse de la situation :

- L'Arduino UNO reçoit les données des capteurs et analyse la situation.

Chapitre IV : Résultat et discussion

- L'algorithme de contrôle décide que la voiture doit effectuer une manœuvre d'évitement vers la gauche.

4. Mouvement d'évitement :

- Les moteurs de la voiture sont contrôlés pour tourner légèrement vers la gauche.
- La voiture commence à se déplacer dans cette direction pour éviter l'obstacle.

5. Suivi de la ligne noire :

- Pendant le mouvement d'évitement, les capteurs de suivi de ligne noire continuent de détecter la présence de la ligne.
- L'Arduino UNO ajuste les moteurs pour maintenir la voiture sur la ligne noire.

6. Détection d'un autre obstacle :

- Les capteurs infrarouges détectent un autre obstacle devant la voiture.
- Les capteurs ultrasons mesurent la distance à l'obstacle pour déterminer s'il est possible de s'arrêter.

7. Analyse de la situation :

- L'Arduino UNO analyse les données des capteurs et décide que la distance à l'obstacle est trop courte pour s'arrêter en toute sécurité.
- L'algorithme de contrôle détermine qu'une manœuvre de recul est nécessaire.

8. Mouvement de recul :

- Les moteurs de la voiture sont inversés pour faire reculer la voiture.
- La voiture recule pour s'éloigner de l'obstacle détecté.

9. Recherche d'un emplacement de stationnement :

- La voiture continue à avancer tout en suivant la ligne noire.
- Les capteurs de suivi de ligne noire aident la voiture à trouver un emplacement de stationnement approprié.

10. Détection d'un emplacement de stationnement :

Chapitre IV : Résultat et discussion

- Les capteurs infrarouges détectent un espace de stationnement vide sur le côté droit de la voiture.

- Les capteurs ultrasons aident à confirmer que l'espace est suffisamment grand pour la voiture.

11. Manœuvre de stationnement :

- L'Arduino UNO contrôle les moteurs pour effectuer une série de mouvements précis afin de se garer dans l'espace détecté.

- Les capteurs de suivi de ligne noire sont désactivés pendant la manœuvre de stationnement.

12. Stationnement terminé :

- Une fois que la voiture est correctement stationnée, les moteurs sont arrêtés.

- La voiture reste en position de stationnement jusqu'à ce qu'une autre commande soit reçue ou qu'un nouveau scén.

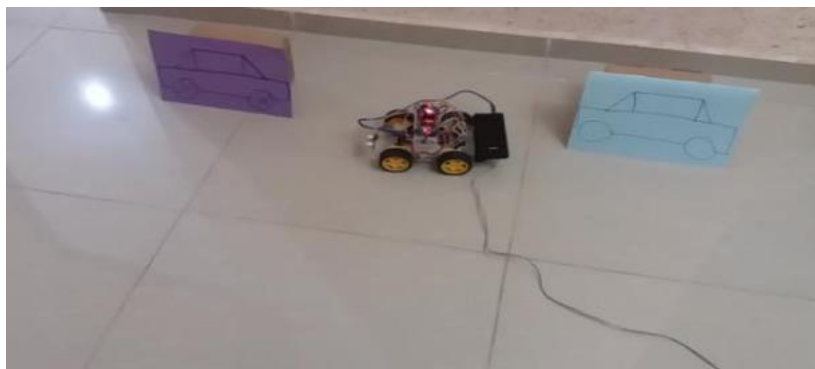


Figure IV.2 : représentation de la détection de l'environnement par le robot mobile

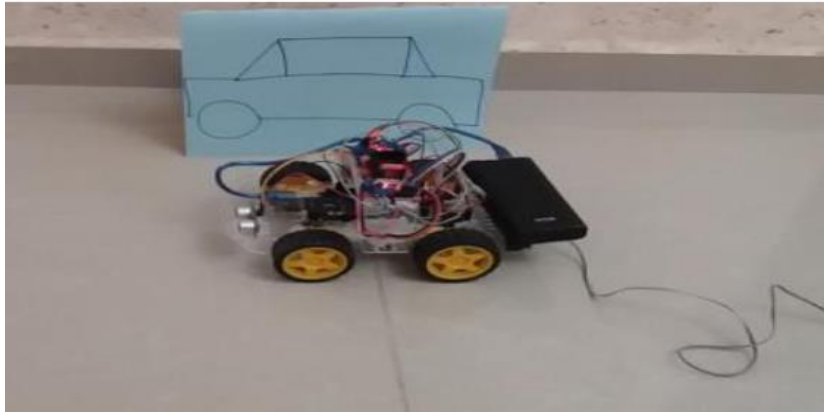


Figure IV.3 : mouvement représente la détection d'obstacle et le s'éloigné



Figure IV.4 : représentation de l'insertion et le stationnement d'automobile

IV.6. Teste

IV.6.1. Test basé sur l'algorithmme

D'esquisse de stationnement pour une voiture Arduino avec des capteurs à ultrasons et infrarouges :

1. Test d'initialisation :

- Vérifions si les capteurs à ultrasons et infrarouges sont correctement configurés et fonctionnent.

- Vérifions si les seuils de distance et d'intensité sont correctement définis pour détecter les obstacles.

2. Test de détection des obstacles :

- Plaçons des obstacles à différentes distances et positions par rapport à la voiture.

- Vérifions si les capteurs à ultrasons et infrarouges peuvent détecter correctement les obstacles.

- Vérifions si les distances et intensités mesurées sont cohérentes avec la position et la nature des obstacles.

3. Test du choix de la place de stationnement :

- Créons différentes configurations de places de stationnement, certaines étant disponibles et d'autres occupées par des obstacles.

- Vérifions si la voiture peut identifier correctement la place de stationnement la plus proche et disponible.

4. Test du mouvement de la voiture :

- Vérifions si la voiture peut se déplacer en direction de la place de stationnement choisie.

- Vérifions si la voiture ralentit progressivement lorsque la distance entre la voiture et l'obstacle diminue.

5. Test de l'alignement de la voiture :

- Vérifions si la voiture peut s'aligner correctement avec la place de stationnement en utilisant les capteurs.

- Vérifions si la direction et la vitesse de la voiture sont ajustées de manière appropriée pour un alignement précis.

6. Test du stationnement :

- Plaçons la voiture dans différentes configurations de stationnement.
- Vérifions si la voiture peut se stationner sans collision en utilisant les capteurs pour surveiller la distance avec les obstacles.

7. Test de l'arrêt du stationnement :

- Vérifions si la voiture désactive correctement les capteurs une fois qu'elle est correctement stationnée.
- Vérifions si le système passe en mode d'attente après le stationnement.

IV.6.2. Les Tests de logiciels

A. Code dans Arduino IDE :

Les figures 23 et 24 montrent les parties du code qui ont été travaillées pour relier toutes les parties du projet les unes aux autres et les programmer pour qu'elles exécutent les fonctions requises dans une structure élaborée et complexe. Du projet et les programmer pour qu'elles exécutent la fonction requise de manière élaborée et efficace [10].

Vérifier et tester les fonctions de validité :

1. Déterminer la distance.
2. Exécuter le conducteur.
3. Lancez le codeur.
4. Faire fonctionner le moteur à courant continu.
5. suivi la ligne noire.

IV.6.3. Test du matériel

Dans cette partie, nous aborderons les tests des composants.

1. Test du contrôle des moteurs et du mouvement du robot en boucle ouverte :
 - Les moteurs fonctionnent correctement et permettent à la voiture de se déplacer dans différentes directions.

- Le mouvement du robot en boucle ouverte est cohérent et précis.

2. Test des capteurs infrarouges pour suivre la ligne noire :

- Les capteurs infrarouges sont capables de détecter la ligne noire et de fournir des informations pour ajuster la trajectoire de la voiture.

- La voiture peut suivre la ligne noire avec précision et stabilité.

3. Test des capteurs à ultrasons pour détecter les obstacles :

- Les capteurs à ultrasons sont capables de détecter les obstacles dans l'environnement de la voiture.

- La voiture réagit de manière appropriée en ralentissant ou en évitant les obstacles détectés.

4. Test de la fonction de stationnement automatique :

- La voiture est capable de rechercher et de sélectionner une place de stationnement appropriée en utilisant les capteurs à ultrasons.

- La voiture peut se déplacer vers la place de stationnement de manière contrôlée et précise.

- La voiture peut s'aligner correctement avec la place de stationnement et s'y stationner sans collision.

5. Test de réactivité et de précision :

- La voiture réagit rapidement aux changements de l'environnement et ajuste sa trajectoire en conséquence.

- La précision de la détection des obstacles et du suivi de la ligne noire est élevée, ce qui permet à la voiture de se déplacer de manière fluide et précise.

IV.6.4. Test du système

Après nous être assurés que toutes les pièces fonctionnaient correctement, nous avons commencé à les assembler et à les intégrer les unes aux autres pour que le système soit prêt à fonctionner. Les pièces les unes avec les autres pour que le système soit prêt à fonctionner.

Chapitre IV : Résultat et discussion

- Test d'intégration de l'Arduino UNO, des capteurs à infrarouges et à ultrasons, du moteur à courant continu et du pilote.

Après s'être assuré que chaque pièce a été réalisée séparément et examinée correctement, toutes les parties du projet ont été connectées les unes aux autres, ce qui a permis d'obtenir un système prêt à fonctionner.

Projet ont été connectées les unes aux autres en s'assurant de leur fonctionnement, puis le code a été chargé sur l'Arduino UNO et le mécanisme de fonctionnement de la voiture a été testé avec précision.

Le système a été achevé et testé avec succès et il fonctionne comme prévu sans aucun problème majeur.

En conclusion, les résultats des tests démontrent que la voiture Arduino est capable de se déplacer et de se stationner automatiquement en utilisant les capteurs infrarouges et ultrasons. La voiture peut détecter les obstacles, suivre la ligne noire et effectuer les manœuvres de stationnement de manière précise et réactive.

IV.7. Les résultats finaux et les observations

Les résultats finaux et les observations sur le stationnement autonome d'une voiture Arduino avec des capteurs à ultrasons et infrarouges sont les suivants :

1. Précision du stationnement : La voiture Arduino est capable de se stationner de manière précise dans un espace de stationnement désigné. Les capteurs à ultrasons et infrarouges détectent les obstacles et permettent à la voiture de s'aligner correctement avec la place de stationnement, évitant ainsi les collisions.
2. Réactivité aux obstacles : Les capteurs à ultrasons permettent à la voiture de détecter les obstacles environnants pendant le processus de stationnement. La voiture réagit rapidement en ralentissant ou en s'arrêtant pour éviter les collisions. Cela garantit la sécurité du véhicule et des objets environnants.
3. Suivi de la ligne noire : Les capteurs infrarouges permettent à la voiture de suivre une ligne noire sur la surface. La précision du suivi de la ligne noire dépend de la qualité des capteurs

et de l'algorithme de contrôle utilisé. Des tests minutieux sont nécessaires pour ajuster les seuils et les paramètres afin d'obtenir un suivi précis et constant de la ligne noire.

4. Limitations des capteurs : Les capteurs à ultrasons peuvent parfois donner des lectures erronées ou être affectés par des conditions environnementales telles que des surfaces réfléchissantes. Il est important de prendre en compte ces limitations lors de la conception de l'algorithme de stationnement et de prévoir des mécanismes de correction ou de contournement en cas de défaillance des capteurs.

5. Fiabilité du système : La fiabilité du système dépend de la qualité des composants, du bon fonctionnement des capteurs, du logiciel de contrôle et de la calibration appropriée des capteurs. Des tests réguliers et une maintenance appropriée sont nécessaires pour assurer le bon fonctionnement continu du système de stationnement autonome.

IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné s l'algorithme utilisé, en fournissant une explication détaillée des différentes actions et décisions prises par le programme afin d'atteindre les objectifs du système. Nous expliquerons également comment les données des capteurs sont utilisées en temps réel pour prendre des décisions. Enfin, nous conclurons ce chapitre en abordant les défis auxquels nous avons été confrontés tout au long de la mise en œuvre du projet, notamment les problèmes rencontrés et les solutions trouvées pour les résoudre. Nous présenterons ensuite le résultat final du système, en mettant en évidence ses fonctionnalités et ses performances.

Conclusion générale

En conclusion, le projet de notre voiture robot mobile avec des capteurs à ultrasons et infrarouges pour la détection des obstacles et le suivi de la ligne noire est une réalisation prometteuse dans le domaine de la robotique et de la voiture autonome. Les résultats obtenus démontrent la faisabilité de concevoir un système de stationnement automatique et de suivi de la ligne avec des composants électroniques abordables et largement disponibles tels que l'Arduino UNO.

Le projet a permis d'acquérir une compréhension approfondie des principes de base de la robotique, du contrôle des moteurs, de la programmation et de l'intégration des capteurs. Il a également fourni une expérience pratique en matière de conception, d'assemblage et de test de systèmes complexes.

Les capteurs à ultrasons et infrarouges ont prouvé leur utilité dans la détection des obstacles et la navigation de la voiture autonome. Ils permettent à la voiture de détecter avec précision les obstacles et d'ajuster son mouvement en conséquence pour éviter les collisions. De plus, le suivi de la ligne noire avec les capteurs infrarouges ajoute une fonctionnalité supplémentaire en permettant à la voiture de suivre une trajectoire préétablie.

Cependant, il est important de noter que le projet présente également certaines limitations et possibilités d'amélioration. Les capteurs à ultrasons peuvent parfois être affectés par des conditions environnementales et peuvent donner des lectures erronées. La précision du suivi de la ligne noire dépend également de la qualité des capteurs et de l'algorithme de contrôle utilisé.

Les futurs travaux :

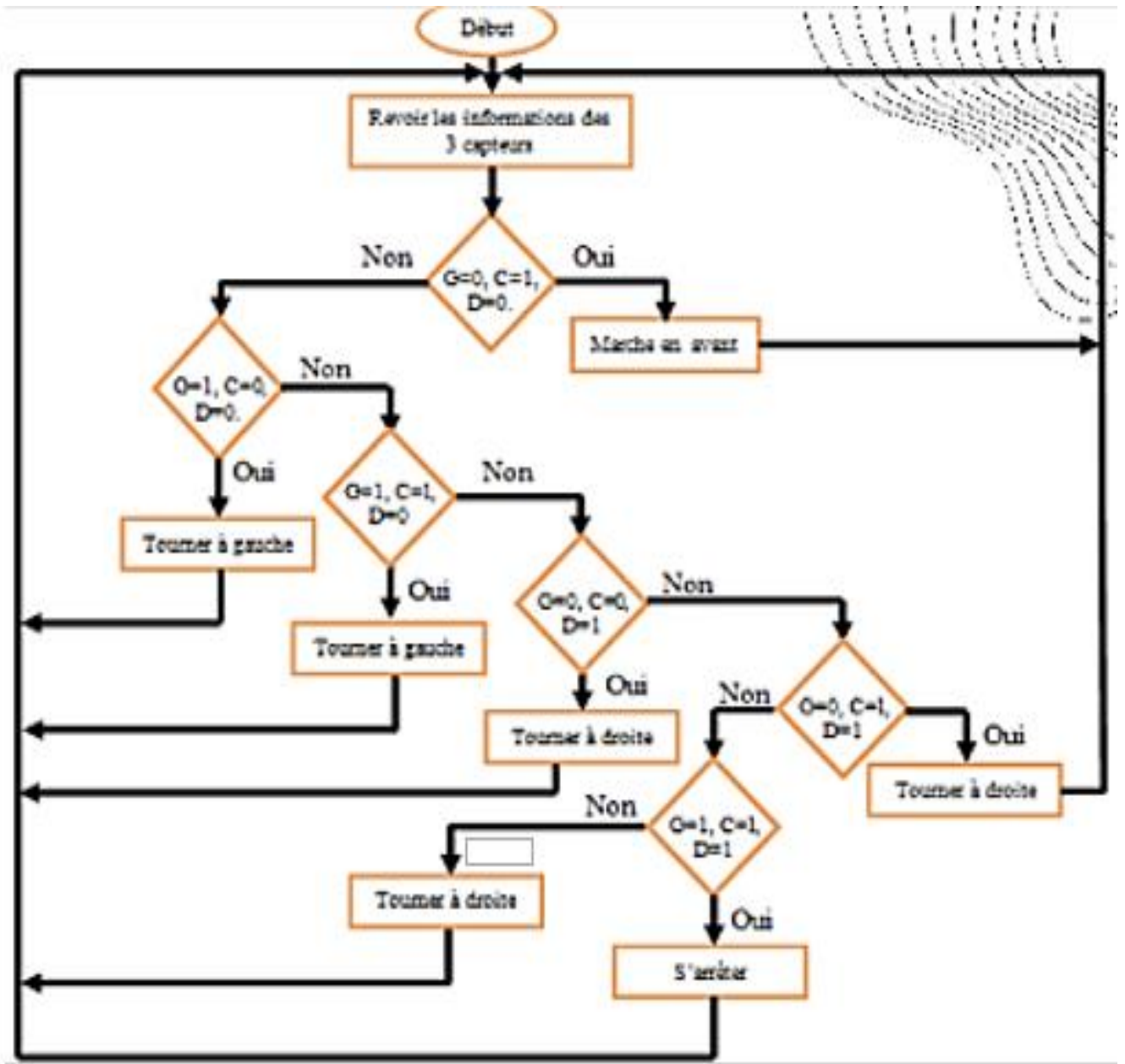
Pour améliorer notre prototype de voiture autonome avec capteurs ultrasons et infrarouges, voici quelques travaux futurs à considérer :

1. Amélioration de la précision des capteurs : Effectuer des recherches et des tests pour sélectionner des capteurs ultrasons et infrarouges de haute qualité et améliorer leur précision de détection. Cela peut inclure l'utilisation de capteurs plus avancés, l'étalonnage précis des capteurs existants et l'optimisation des paramètres de mesure.

2. Intégration de capteurs supplémentaires : Considérez l'ajout de capteurs supplémentaires tels que des caméras, des lidars ou des radars pour obtenir des données plus riches sur l'environnement. Cela peut améliorer la précision de détection des obstacles, la perception de la voie et la prise de décision du système.
3. Développement d'un algorithme de contrôle plus sophistiqué : Recherchez et développez des algorithmes de contrôle avancés pour la navigation, la détection des obstacles, le suivi de la ligne noire et le stationnement automatique. Cela peut inclure l'utilisation de techniques telles que l'apprentissage automatique, la vision par ordinateur et la planification de trajectoire avancée.
4. Intégration de la communication véhicule-véhicule et véhicule-infrastructure : Explorez les possibilités d'intégrer des systèmes de communication permettant aux véhicules autonomes de communiquer entre eux et avec l'infrastructure routière. Cela peut faciliter la coordination des mouvements, l'échange d'informations sur les conditions de la route et la gestion du trafic.
5. Amélioration de la sécurité du système : Mettez l'accent sur l'amélioration de la robustesse et de la sécurité du système en effectuant des tests approfondis, en mettant en œuvre des mécanismes de redondance et de sauvegarde, et en prenant en compte les vulnérabilités potentielles liées à la cybersécurité.
6. Optimisation des performances énergétiques : Recherchez des moyens d'optimiser la consommation d'énergie du système, en utilisant des techniques d'économie d'énergie pour les capteurs, les moteurs et les systèmes électroniques. Cela peut contribuer à prolonger l'autonomie du véhicule et à réduire son impact environnemental.
7. Validation du prototype dans des conditions réelles : Effectuez des tests approfondis dans des environnements réels, tels que des rues urbaines, des autoroutes et des parkings, afin de valider les performances du prototype dans des situations variées. Cela permettra d'identifier les éventuels problèmes et de les résoudre avant une éventuelle mise en production.

Annexe

L'organigramme de suiveur de ligne



Explication sur l'organigramme de suiveur de ligne

Les capteurs ils nous donne soit une information a 1 ou bien a 0 , a base de cet information nous allons effectuer un action

Alors nous avons le réalisé pour clarifie l'idée

1. recevoir l'information des 3 capteurs

2. commencer a tester le type de l'information dans chaque capteurs

G : indique information via capteur gauche

D : indique information via capteur droit

C : indique information via capteur centre

Si $G=0, C=1, D=0$ nous allons commander le robot pour marcher en avant

Si $G=0, C=0, D=1$ nous allons commander le robot pour marcher a droite

Si $G=1, C=1, D=0$ nous allons commander le robot pour marcher a gauche

Si $G=1, C=1, D=1$ nous allons commander le robot pour s'arrête

Bibliographie

[1] S. Kotani, S. Yasutomi, X. Kin, H. Mori, S. Shigihara, and Y. Matsumuro, "Image processing and motion control of a landmark drawing robot", In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Yokohama, Japan, 1993, pp. 1035–1041.

[2] O. Mohareri, R. Dhaouadi, and A.B. Rad, "Indirect Adaptive Tracking Control of a Nonholonomic Mobile Robot via Neural Networks", Neurocomput, vol. 88, pp. 54–66, 2012.

[3] T. Lozano-Perez, and I. J. Cox, Autonomous robot vehicles, Springer Science & Business Media, 2012.

[4] L. Capisani, A. Ferrara, and A. Pisano, "Second-order sliding mode control with adaptive control authority for the tracking control of robotic manipulators", In : 18th IFACWorld Congress, Italy, 2011, pp. 10319-10324.

[5] Y. Kanayama et al, "A stable tracking control method for an autonomous mobile robot", in Proc. IEEE Conf. Robot. Autom, pp. 384-389, 1990.

[6] R. Fierro, and F. L. Lewis, "Control of a Nonholonomic Mobile Robot Using Neural Networks", in IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 9, no. 4, pp.589-600, 1998.

[7] G. Klančar, and I. Skrjanc, "Tracking-error model-based predictive control for mobile robots in real time", in Robotics and autonomous systems, vol. 55, no. 6, pp. 460-469, 2007.

[8] E.N. Moret, "Dynamic modeling and control of a car-like robot", Master's thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Bradley Department of Electrical and Computer Engineering 2003.

[9] D.K.Pratihar, "Lecture 01 : Introduction to robots and robotics." <https://rb.gy/tzaodu>, 2018.

[10] L. Zineb, "la robotique mobile les différentes méthodes de navigation pour un robot mobile," 2013.

- [11] A. Pepe and C. Melchiorri, "Introduction to Mobile Robotics Course of Industrial Robotics M,"
- [12] "Introduction to Robotics,section Knowledgebase for Robotics," BJU International, vol. 108, no. 6 B, pp. 1018–1023, 2011.
- [13] B. Marr, "The 4 ds of robotization : Dull, dirty, dangerous and dear." <https://rb.gy/gvgngv>, 2017.
- [14] sbah, "Microsoft Robotics Studio Developer," 2012. [15] P. Smedley, "Robot workers : Whom will automation replace ?." <https://rb.gy/dznsgg>, 2019.
- [16] A. Russo, "Automatisation des processus par la robotique." <https://rb.gy/9e3b6j>, 2020.
- [17] G. I. of Technology, "How would you like your assistant—human or robotic ?." <https://rb.gy/9tjwf9>, 2013.
- [18] J. Fitzgerald, "Using autonomous robots to drive supply chain innovation." <https://rb.gy/ycys8c>, 2020. [11] J.-L. Boimond, "ROBOTIQUE," pp. 1–85
- [19]these d'ingeniorat, « interrupteur sans fil _IR avec arduino uno » , seyf Eddine , université d'annaba
. <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2019/09/Bensalah-Seyf-Eddine.pdf>
- [20] thèse d'ingénieur, « robot mobile » , , université mila<https://Froundtable.menloschool.org>
accée le 14/06/20
- [21] cours sur fabrication un robot mobile, community.robotshop.com ,accée le 15 /06/2023