

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : ELECTRONIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNIQUES

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et systèmes

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

Conception d'un robot détectant d'obstacles et suivant piste

Présenté par : ABDELKADRI

SALIMODDINE LALAYMA

Encadré par : CHAKER KADRI Grade: Maître de conférences Université Badji Mokhtar - Annaba-

GHEKRI Sofiane		Badji Mokhtar - Annaba-	Examineur
CHAEFR Karima		Badji Mokhtar - Annaba-	Encadrant
BENMOUSSA Samir		Badji Mokhtar - Annaba-	President

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciement :

Tout d'abord, nous remercions Allah qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce travail et avoir éclairé le chemin de la réussite.

Nos remerciements s'adressent :

A notre encadreur : Dr. CHAKER Karima pour sa gentillesse, ses précieux conseils et aux membres de jury qui ont Accepté d'évaluer ce travail.

A nos familles qui nous ont toujours soutenu et encourager durant nos longues années l'étude

Résumé

La recherche dans le domaine des robots mobiles n'arrête de croître depuis des années et fait appel à plusieurs disciplines scientifiques à savoir l'électronique, la mécanique, l'automatique et la télécommunication.

Dans le cadre de notre travail de fin d'étude, on a essayé de défranchir avec ce qui nous a été donné comme moyens, ce terrain d'envergure encore très en vogue dans le monde de la robotique nous avons présenté une étude et conception d'un robot mobile reprogrammable, capable de suivre une piste noire/blanche tracée sur une surface blanche/noire, de la rattraper en cas de dérapage et de faire des demi-tours. Il est aussi capable d'éviter les obstacles rencontrés lors de son déplacement. Il est équipé par des capteurs de lumière permettant de différencier les couleurs (noire ou blanche) sous forme des signaux utilisés par une carte de traitement et de commande basé sur le microcontrôleur Arduino Uno .Ce dernier, en exécutant un programme que nous avons développé suivant un cahier de charge, va fournir les commandes nécessaires aux deux moteurs de types pas à pas via une carte de puissance pour que le robot puisse se déplacer en fonction des données de l'environnement. Il doit également être autonome durant tous le parcours. C'est pourquoi il sera alimenté par une batterie

Abstract

Research in the field of mobile robots has been growing steadily for years and involves several scientific disciplines, including electronics, mechanics, automation, and telecommunications.

As part of our final study project, we attempted to explore, with the means at our disposal, this vast field that is still very much in vogue in the world of robotics. We presented a study and design of a reprogrammable mobile robot capable of following a black/white track on a white/black surface, recovering from skidding, and making U-turns. It is also capable of avoiding obstacles encountered during its movement. The robot is equipped with light sensors that can differentiate between black and white colors. These sensors provide signals used by a processing and control card based on the Arduino Uno microcontroller. By executing a program we developed based on a specification document, this microcontroller provides the necessary commands to two stepper motors via a power card, allowing the robot to move according to environmental data. The robot must also be autonomous throughout the entire course. Therefore, it will be powered by a battery.

ملخص

البحث في مجال الروبوتات المتنقلة لا يتوقف عن النمو منذ سنوات ويشتمل على عدة تخصصات علمية بما في ذلك الإلكترونيات والميكانيكا والأتمتة والاتصالات.

في إطار مشروعنا للدراسة النهائية، حاولنا استكشاف هذا المجال الشاسع الذي لا يزال رائجاً جداً في عالم الروبوتات بالوسائل المتاحة لدينا. قدمنا دراسة وتصميم لروبوت متنقل قابل لإعادة البرمجة قادر على متابعة مسار أسود / أبيض على سطح أبيض / أسود، واستعادة التوازن في حالة الانزلاق، وقيامه بالانعطافات النصفية. كما أنه قادر على تجنب العوائق التي يواجهها أثناء تحركه. يحتوي الروبوت على مستشعرات بالأشعة تحت الحمراء تستطيع التمييز بين الألوان السوداء من البيضاء. توفر هذه المستشعرات إشارات تُستخدم من قبل بطاقة المعالجة والتحكم المعتمدة على المتحكم الميكروي خلال تنفيذ برنامج قمنا بتطويره وفقاً لوثيقة المواصفات، يقوم هذا المتحكم الميكروكوتترول اردوينو بتوفير الأوامر اللازمة لمحركين خطوة بخطوة عبر بطاقة طاقة، مما يسمح للروبوت بالتحرك وفقاً لبيانات البيئة. يجب أيضاً أن يكون الروبوت مستقلاً طوال المسار بأكمله. ولذلك، سيتم تشغيله بواسطة بطارية

TABLE DES MATIÈRES :

Résumé	3
Abstract	4
ملخص	5
Table des matières :	6
Listes des figures :	10

CHAPITRE 1 Généralités sur la robotique mobile

1.1 Introduction	15
1.2 Historique	15
1.3 Généralités sur la robotique mobile	15
1.3.1 Définition des robots mobile	16
1.3.2 Classification des robots mobiles	16
1.3.2.1 Robot mobile à roues	17
1.3.2.2 Robot mobile utilisant la chenille	18
1.3.2.3 Robot mobile à pattes	18
1.3.2.4 Autres moyens de locomotion	19
1.3.3 Commande	19
1.3.4 Les actionneurs	20
1.4 Méthodes de détection et évitement les obstacles	20

1.4.1	Méthodes basées sur les capteurs de proximité.....	20
1.4.2	Algorithmes de planification de trajectoire	20
1.4.3	Méthodes basées sur les comportements réactifs	21
1.4.4	Méthodes d'apprentissage automatique	21
1.5	Notre Méthode utilisé dans ce projet.....	21
1.6	Problèmes en robotique mobile.....	22
1.7	Conclusion.....	23

Chapitre 02 : Description des différents composants

2.1	Introduction	25
2.2	Description Du Système :	25
2.3	Schéma synoptique.....	26
2.4	Composants du robot mobile.....	26
2.4.1	Partie électronique.....	27
2.4.1.1	La carte Arduino	27
2.4.1.1.1	Caractéristique Arduino Uno	27
2.4.1.1.2	Brochage de l'Arduino Uno R3	28
2.4.1.1.3	Mémoire de la carte Arduino Uno	30
2.4.1.1.4	Alimentation Arduino Uno	31
2.4.1.2	Moteur Driver :	31
2.4.1.3	Capteur ultra-son HC-SR04	32
2.4.1.3.1	Le choix du capteur	32
2.4.1.3.2	Fonctionnement du capteur	33

2.4.1.4	Capteur Infrarouge :	34
2.4.1.4.1	Caractéristiques :	35
2.4.1.4.2	Composition d'un capteur infrarouge :	36
2.4.2	Partie mécanique	36
2.4.2.1	Châssis	37
2.4.2.2	Moteur DC	37
2.4.2.2.1	Généralité sur les machines à courant continu	37
2.4.2.2.2	La différence entre Moteur DC et Moteur AC :	38
2.4.2.3	Constitution d'un moteur DC :	38
2.4.2.3.1	Fonctionnement d'un moteur DC :	38
2.4.2.4	Servomoteur :	40
2.4.2.4.1	Composition d'un servomoteur :	40
2.4.2.4.2	Principe de fonctionnement d'un servomoteur	41
2.4.2.5	Batterie lithium-ion :	42
2.4.3	Partie informatique	43
2.4.3.1	Logiciel Arduino IDE	43
2.4.3.1.1	Mise en œuvre de logiciel Arduino	45
2.4.3.1.2	Structure d'un programme Arduino :	45
2.5	Conclusion.....	46

Chapitre 03 Etude et réalisation pratique du robot mobile

3.1	Introduction	48
3.2	Schéma du montage :	48
3.3	Description du projet.....	49

3.4	Cahier des charges détaillé	52
3.4.1	Cas 01 : Pas d'obstacle sur le chemin	52
3.4.2	Cas 02 : Virage abordé	54
3.4.2.1	Rotation vers la droite :	54
3.4.2.2	Rotation vers la gauche :	54
3.4.3	Cas 03 : Présence d'obstacle sur le chemin.....	55
3.4.4	Cas 4 : Destination finale	56
3.5	Conclusion.....	58
	Bibliographie	60

LISTES DES FIGURES :

Chapitre 1

Figure 1.1 : Le robot mobile « Sejourner » utilisé pour la mission pathfinder de la NASA

Figure 1.2 : Robot mobile de type uni cycle.

Figure 1.3 : Robot mobile de type différentiel.

Figure 1.4 : Robot mobile de type tricycle.

Figure 1.5 : Robot mobile de type voiture.

Figure 1.6 : Robot omnidirectionnel.

Figure 1.7 : Robot mobile à traction.

Figure 1.3 : Architecture hiérarchique

Chapitre 2

Figure 2.1 : Schéma synoptique.

Figure 2.2 : Une carte Arduino UNO.

Figure 2.3 : Brochage et caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO.

Figure 2.4 : L293D Shield Driver Moteur.

Figure 2.5 : Capteur ultra-son HC-SR04.

Figure 2.6 : Fonctionnement du capteur Ultrason.

Figure 2.7 : Le champs de fonctionnement du capteur.

Figure 2.8 : Les zones de détection des capteurs infrarouge.

Figure 2.9 : Capteur infrarouge.

Figure 2.10 : Les composants d'un capteur infrarouge.

Figure 2.11 : le châssis du robot.

Figure 2.12 : Schéma d'un Pont en H.

Figure 2.13 : Vue interne d'un servomoteur.

Figure 2.14 : Simulation d'un pont en H réaliser par Proteus à base des transistors.

Figure 2.15 : BATTERIE LITHIUM-ION.

Figure 2.16 : Présentation des parties principales du logiciel.

Figure 2.17 : Présentation de l'interface.

Chapitre 3

Figure 3.1 : Diagramme descriptif

Figure 3.2 : Partie d'évitement d'obstacles

Figure 3.3 : Partie de suiveur de ligne

Figure 3.4 : Schéma du Montage de notre robot

Introduction générale

Depuis l'apparition des circuits intégrés en 1958, la microélectronique a connu une évolution prodigieuse. Ce développement a passé par plusieurs phases technologiques, à savoir le nombre de transistors intégrés par puce, débutant par des portes logiques simples jusqu'à la conception des circuits de plus en plus complexes. L'évènement des microcontrôleurs qui est associé aux microprocesseurs a permis de faire évoluer les montages électroniques vers encore plus de simplicité et de rapidité grâce à leurs performances spéciales (la consommation d'énergie, l'encombrement, la précision, la fiabilité, la diminution de prix, la réduction des contraintes d'interconnexions, ...)

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des réalisations grande publiques ou professionnelles, notamment dans le domaine de la robotique ; la science pluridisciplinaire qui permet de mettre en point des robots. Ces derniers qui servent à aider ou d'abord remplacer l'homme dans les tâches répétitives, pénibles, dangereuses, et ainsi les opérations nécessitant beaucoup de précision.

Effectivement, les robots ont envahi progressivement différents secteurs d'activité. L'industrie est sans doute le secteur qui est le plus profitant de cette avancée technologique. Les bras manipulateurs par exemple, constituent la forme de robot la plus utilisée, ils sont intégrés aux applications les plus diverses, tels que l'industrie de l'automobile. Le besoin progressif de disposer de robots mobiles, s'est imposé par la suite, comme une évidence à atteindre, d'où des vastes champs d'investigations et de recherches sont lancés afin d'aboutir cet objectif. Aujourd'hui, les robots mobiles sont largement utilisés, dans l'industrie (transport de produits), l'agriculture, travaux publics ou l'exploration spatiale. De plus, de forte tendance à élargir les milieux où évoluent les robots à des environnements de bureaux ou à des environnements domestiques (robots de services).

La grande importance de la robotique mobile nous amène donc à concevoir un robot mobile suiveur de ligne et évite les obstacles autonome, capable de suivre un chemin bien défini matérialisé par une bande noire et utilise un capteur qui mesure la distance qui le sépare avec les différents obstacles qui l'entourent. En utilisant comme unité de traitement et de commande un microcontrôleur Arduino de type Uno. Ce projet nous permet de mettre en pratique le maximum de connaissances théoriques, électroniques, électrotechniques et informatiques, acquises durant nos années de formation.

L'objectif de notre travail est d'automatiser des systèmes mécaniques en leur apportant des capacités de cognition, d'action et de décision, le but étant de leur permettre d'interagir de manière rationnelle et autonome avec leur environnement.

- Notre mémoire est constitué de trois chapitres, ou chaque chapitre traite une partie de ce travail :
- ❖ **Le premier chapitre** présente une vue générale de la robotique, avec un focus sur les robots mobiles et les techniques d'évitement d'obstacles.
- ❖ **Le deuxième chapitre** est basé sur la conception matérielle avec ces 3 parties principales (Electronique, mécanique et informatique).
- ❖ **Le troisième chapitre** ont va l'aspect de la commande et la modélisation.

Nous finissons par une conclusion générale et des perspectives pour les travaux à venir.

CHAPITRE 1

Généralités sur la robotique mobile

1.1 Introduction

La robotique qui est un domaine de recherche important fait appel aux connaissances croisées de plusieurs disciplines ; **son objectif** étant de permettre au robot d'interagir rationnellement avec son environnement sans intervention humaine [02].

Les robots mobiles ont une place particulière en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité qui ouvre des applications dans de nombreux domaines. Comme les robots manipulateurs, ils sont destinés à assister l'homme dans les tâches pénibles (transport de charges lourdes), monotones ou en ambiance hostile (nucléaire, marine, spatiale, lutte contre l'incendie, surveillance...).

L'aspect particulier de la mobilité impose une complexité technologique et méthodologique qui s'ajoute en général aux problèmes rencontrés par les robots manipulateurs. La résolution de ces problèmes passe par l'emploi de toutes les ressources disponibles tant au niveau technologique (capteurs, motricité, énergie) qu'à celui du traitement des informations par l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle ou de processeurs particuliers (vectoriel, cellulaires).

L'autonomie du robot mobile est une faculté qui lui permet de s'adapter ou de prendre une décision dans le but de réaliser une tâche malgré un manque d'informations préliminaires ou éventuellement erronées

1.2 Historique

Le terme " **robot**" est dérivé de mot tchèque '**ROBOTA**' qui signifie esclave, travail forcé, corvée, fut initialement utilisé par l'écrivain tchèque « Carel Capek » dans sa pièce de théâtre R.U. R [Rossum's Universal Robot] en 1921. Il raconte l'histoire d'un savant appelé Rossum, ayant réussi à mettre au point des créatures semblables physiquement à des êtres humains, que son fils exploita au sein de son entreprise. (Cyril, 2002)

1.3 Généralités sur la robotique mobile

Depuis les années 1960, **la robotique** mobile a connu un essor considérable. Les progrès techniques ont permis en effet la construction de robots de plus en plus perfectionnés : de nombreux périphériques, une puissance de calcul accrue et des moyens de communication performants. Ainsi, la mobilité autonome des robots est devenue un sujet de recherche développé par tous les pays industrialisés ; qu'il s'agisse de robots mobiles à pattes, à roues ou même sous-marins et aériens, les applications sont vastes et multiples : **robots de services**,

surveillance, construction, nettoyage, manipulation de charges, automobile intelligente, robots d'intervention, robots d'exploration planétaire ou de fonds marins, satellites, robots militaires, etc. De ce fait, le marché potentiel de **la robotique** est devenu considérable, même s'il faut pour cela résoudre des problèmes plus importants et plus fondamentaux que prévus, initialement, dans la quête vers la machine intelligente [01].

1.3.1 Définition des robots mobile

Un robot mobile est un système mécanique, électronique et informatique qui agit physiquement sur son environnement en vue d'atteindre un objectif qui lui a été assigné. Cette machine est polyvalente et capable de s'adapter à certaines variations de ses conditions de fonctionnement. Elle est dotée de fonctions de perception, de décision et d'action. Ainsi, le robot devrait être capable d'effectuer, de différentes manières, des tâches diverses et d'accomplir correctement sa propre tâche, même s'il rencontre de nouvelles situations inopinées [03].

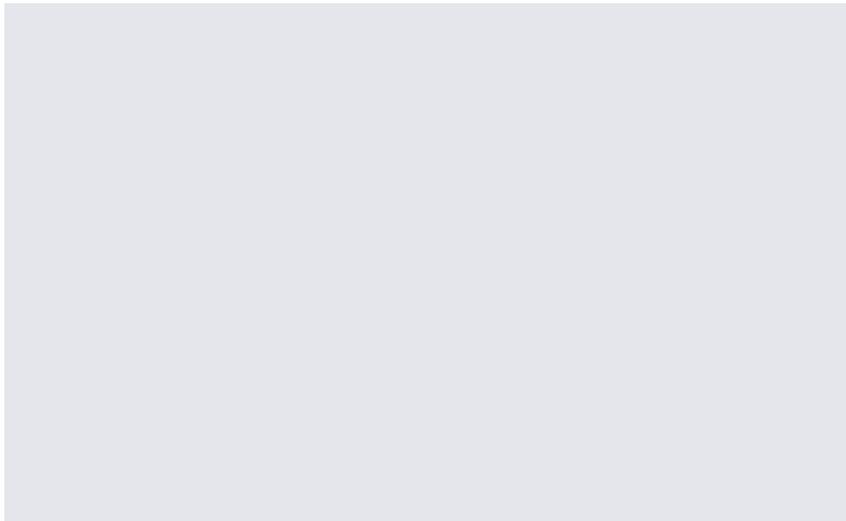


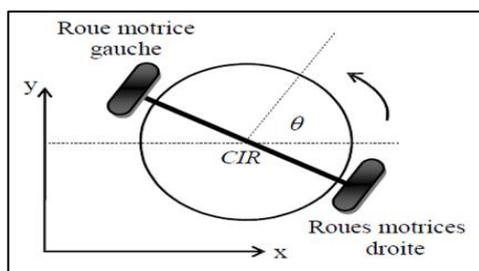
Figure 1.1 : Le robot mobile « Sejourner » utilisé pour la mission pathfinder de la NASA [03]

1.3.2 Classification des robots mobiles

La caractéristique la plus remarquable d'un robot mobile est évidemment son moyen de locomotion. Celui-ci dépend directement du type d'application visé ainsi que de type de terrain dans lequel le robot mobile doit évoluer (environnement d'intérieur, extérieur, libre ou encombré d'obstacles...). Les robots mobiles sont classés généralement selon le type de locomotion utilisé en quatre groupes distincts ; qu'ils soient : à roues, à chenilles, à pattes ou

avec d'autres moyens de locomotions [05], [06]. En effet, le type de locomotion définit deux types de contraintes : - Les contraintes cinématiques, qui portent sur la géométrie des déplacements possibles du robot dans l'environnement de navigation. - Les contraintes dynamiques, liées aux effets du mouvement (accélérations, vitesses bornées, présence de forces d'inertie ou de frottement). Ces facteurs influent sur le mouvement exécuté. Selon la cinématique, un robot est dit holonome, s'il peut se déplacer instantanément dans toutes les directions possibles. Il est dit non holonome, si ses déplacements autorisés sont des courbes dont la courbure est bornée. Dans ce qui suit, on décrit brièvement les grandes classes des robots mobiles :

Compte tenu de la simplicité du mécanisme de locomotion utilisé, ce type de robot est le plus répandu actuellement. La plupart des robots mobiles à roues opèrent dans des sites aménagés, des sites industriels ou des environnements intérieurs ; mais il existe également des applications en environnements extérieurs, comme l'exploration spatiale [07]. La grande majorité des robots de ce type présente des contraintes de non holonomie qui limitent le mouvement instantané que le robot peut réaliser, car il existe pour toutes ces roues un point unique (centre instantané de rotation (CIR)) de vitesse nulle autour duquel le robot tourne de façon instantanée. La commande se fait par la motorisation des roues installées. Ces contraintes augmentent la complexité du problème de planification de trajectoire et son contrôle [02], [04]. Les robots mobiles à roues peuvent être classés en plusieurs types avec des propriétés intéressantes : unicycle, différentielle, tricycle, de type voiture, omnidirectionnelle et à traction synchrone [08]. Les modèles des robots mobiles à roues existant sont illustrés sur les figures suivantes (Figure 1.2 jusqu'à la Figure 1.7).



1.3.2.1
Robot
mobile à
roues

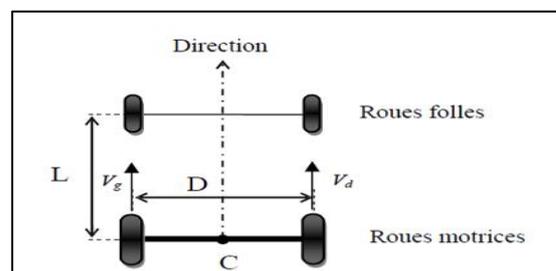


FIGURE 1.2 : Robot mobile de type uni cycle.

FIGURE 1.3 : Robot mobile de type différentiel.

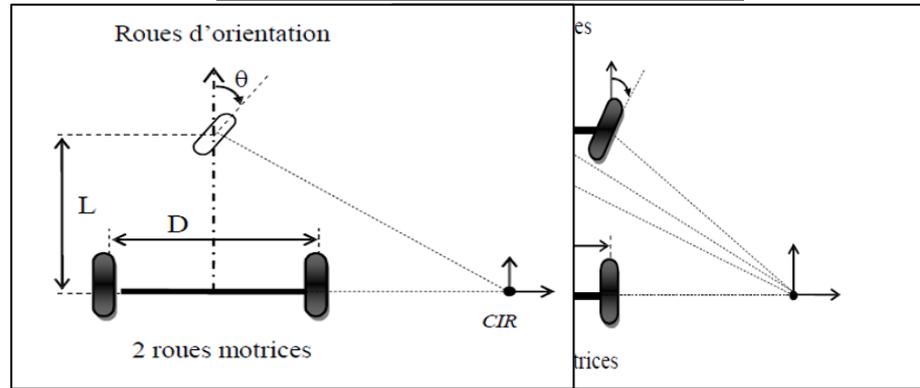


FIGURE 1.4 : Robot mobile de type tricycle.

FIGURE 1.5 : Robot mobile de type voiture.

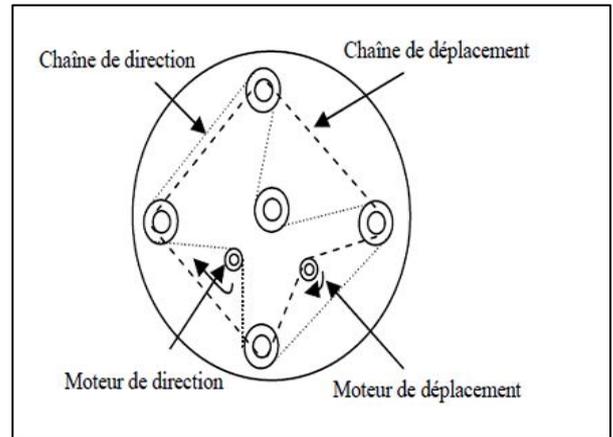
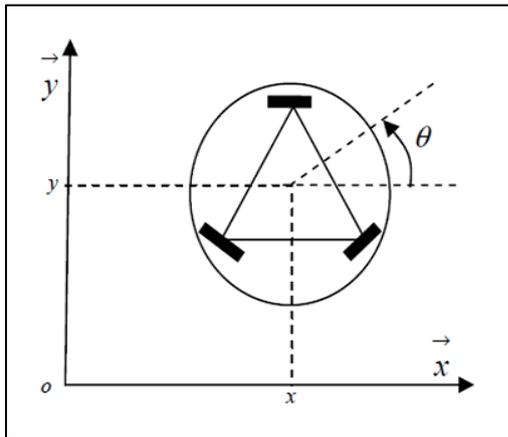


FIGURE 1.6 : Robot omnidirectionnel.

FIGURE 1.7 :

1.3.2.2 Robot mobile utilisant la chenille

Lorsque le terrain est accidenté, les roues perdent leur efficacité de locomotion. Ceci limite la capacité de mouvement du robot mobile équipé de ce type de système de locomotion. Dans ces conditions, les chenilles sont plus intéressantes car elles permettent d'augmenter l'adhérence au sol et de franchir des obstacles plus importants [07].

1.3.2.3 Robot mobile à pattes

Dans la situation où le terrain est encore plus incertain, avec de grandes différences de hauteur comme par exemple un escalier ou un terrain très accidenté, les deux types précédents ne sont plus efficaces, et on fait recours aux robots mobiles à pattes. Ils ont des points d'appui discrets

sur le terrain et sont donc la solution à ce problème de mouvement. Par contre, la conception et le contrôle d'un engin à pattes sont très complexes. En plus, la vitesse d'évolution est généralement très réduite. La commande est très difficile, dépend de la multiplicité des actionneurs utilisés. Aibo de Sony est un exemple d'un robot mobile à pattes [07], [08].

1.3.2.4 Autres moyens de locomotion

Cette catégorie englobe les robots mobiles qui utilisent un moyen de locomotion différent des trois précédents. Par exemple, les robots mobiles qui se déplacent par reptation, les robots sous-marins, les robots d'exploration spatiale et les robots volants, ...etc. Les applications et la commande de ces robots sont très spécialisées, l'architecture est en général spécifique à l'application visée [08]. Pour utiliser et gérer ces machines d'une manière efficace, elles doivent être équipées par un ensemble de capteurs et d'actionneurs de réaction pour un mouvement souhaité.

1.3.3 Commande

Architecture traditionnelle de décomposition du programme de contrôle du robot en différents modules de fonctionnement est donnée comme suit (Figure 1.8) :

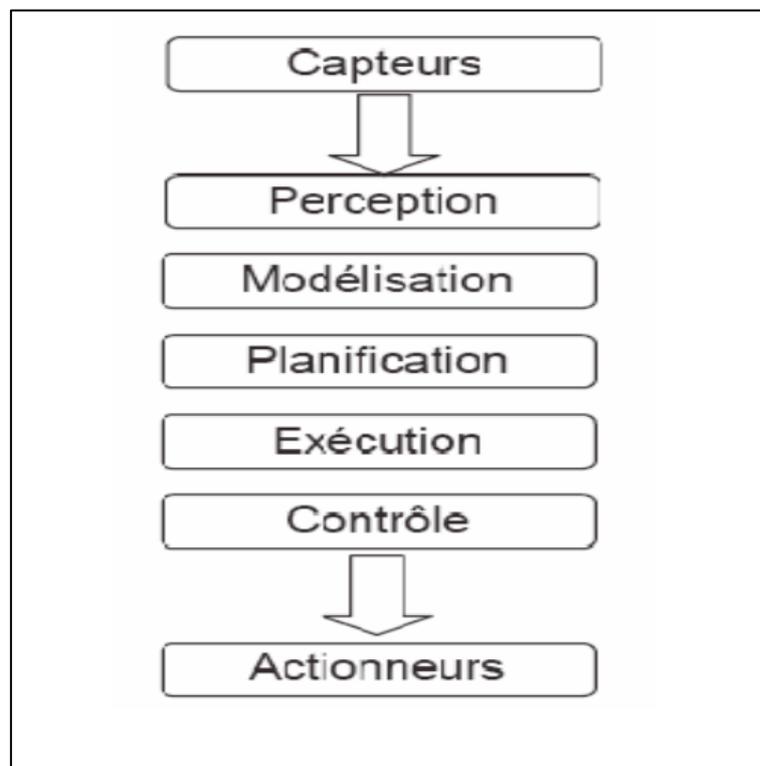


Figure 1.8 : Architecture hiérarchique.

Du monde abstrait au monde concret, la planification des actions et le contrôle des déplacements se situent dans le monde idéal, monde perçu et le monde réel cette décomposition est classique pour les systèmes automatiques de commande.

1.3.4 Les actionneurs

Pour bouger à l'intérieur de son environnement et interagir avec celui-ci, un robot est équipé d'actionneurs, peut être muni d'un ou de plusieurs moteurs pouvant faire tourner ses roues afin d'effectuer des déplacements.

Généralement, les roues du robot sont contrôlées par deux commandes motrices, soit une vitesse d'avancement et un taux de rotation. Habituellement, ces commandes s'expriment en mètres par seconde (m/s) et en degrés de rotation par seconde (**deg/s**). (9)

1.4 Méthodes de détection et évitement les obstacles

Sans une bonne perception et interprétation de ce qui l'entoure, un robot ne peut pas prendre de décision correcte. Cette partie vise à décrire les différentes méthodes mis à disposition au robot pour localiser les obstacles qui l'entourent. Ensuite les différentes méthodes de localisation du robot lui-même sont abordées. L'idée est de permettre au final de créer un modèle, plus ou moins simplifié, des interactions entre le robot et son environnement. Cette étape est nécessaire et primordiale pour la navigation d'un robot mobile autonome.

Il existe plusieurs méthodes couramment utilisées pour l'évitement des obstacles dans le domaine de la robotique mobile. Voici quelques-unes des méthodes les plus populaires :

1.4.1 Méthodes basées sur les capteurs de proximité

Les robots utilisent des capteurs tels que les capteurs ultrasoniques, les capteurs infrarouges ou les lidars pour détecter la présence d'obstacles dans leur environnement immédiat. En fonction des informations reçues, le robot peut ajuster sa trajectoire pour éviter la collision avec les obstacles détectés.

1.4.2 Algorithmes de planification de trajectoire

Les algorithmes permettent au robot de calculer une trajectoire sûre et optimale en évitant les obstacles. Des techniques telles que l'algorithme de Dijkstra, l'algorithme A*, ou le champ de potentiel artificiel peuvent être utilisées pour trouver des chemins évitant les obstacles tout en atteignant les objectifs fixés

1.4.3 Méthodes basées sur les comportements réactifs

Ces méthodes permettent aux robots de réagir en temps réel aux informations sensorielles et d'adapter leur mouvement pour éviter les obstacles. Des comportements tels que l'évitement d'obstacles, le suivi de murs ou le contournement d'obstacles peuvent être intégrés dans les routines de contrôle du robot.

1.4.4 Méthodes d'apprentissage automatique

Les techniques d'apprentissage automatique, telles que les réseaux de neurones ou les algorithmes de renforcement, peuvent être utilisées pour entraîner un robot à éviter les obstacles en se basant sur des données d'entraînement. Le robot apprend à partir des expériences passées pour prendre des décisions d'évitement d'obstacles en temps réel.

1.5 Notre Méthode utilisé dans ce projet

❖ Méthodes basées sur les comportements réactifs :

Les méthodes basées sur les comportements réactifs sont des approches utilisées dans la robotique pour permettre aux robots de réagir en temps réel aux informations sensorielles et d'adapter leur comportement pour éviter les obstacles. Voici quelques points clés à connaître sur ces méthodes :

- **Réactivité directe :**

Les comportements réactifs se caractérisent par leur capacité à réagir directement aux informations sensorielles sans passer par une représentation interne complète de l'environnement. Le robot prend des décisions en fonction des signaux sensoriels instantanés, ce qui lui permet de s'adapter rapidement aux changements dans son environnement.

- **Routines de comportement :**

Les comportements réactifs sont souvent organisés en routines ou en ensembles de comportements individuels. Chaque comportement est responsable d'une tâche spécifique, comme l'évitement d'obstacles, le suivi de murs, ou encore l'évitement de collisions. Ces comportements peuvent être activés ou désactivés en fonction des informations sensorielles reçues.

- **Hiérarchie de comportement :**

Les comportements réactifs peuvent être organisés en une hiérarchie, où les comportements plus élémentaires sont utilisés pour construire des comportements plus complexes. Par exemple, un comportement de suivi de ligne peut être utilisé comme comportement de base pour construire un comportement de navigation globale.

- **Architecture hybride :**

Les méthodes basées sur les comportements réactifs peuvent être combinées avec d'autres approches, telles que des algorithmes de planification de trajectoire, pour obtenir une meilleure performance et une plus grande flexibilité. Cette architecture hybride permet au robot de réagir rapidement aux situations imprévues tout en utilisant des stratégies plus sophistiquées pour accomplir des tâches spécifiques.

- **Apprentissage et adaptation :**

Dans certains cas, les comportements réactifs peuvent être améliorés par des techniques d'apprentissage automatique ou d'adaptation. Par exemple, un robot peut utiliser l'apprentissage par renforcement pour ajuster les paramètres de ses comportements en fonction des récompenses ou des punitions reçues lors de l'exécution de différentes tâches.

Les méthodes basées sur les comportements réactifs offrent une approche pratique et efficace pour permettre aux robots de s'adapter aux situations changeantes et d'éviter les obstacles en temps réel. Elles sont souvent utilisées dans des applications nécessitant une réactivité immédiate et une adaptation en temps réel, comme la navigation autonome ou les tâches de manipulation robotique.

1.6 Problèmes en robotique mobile

- **Problèmes de choix aspects matériels :**

Structure mécanique.

Motorisation et alimentation.

Architecture informatique du système de contrôle/commande.

- **Problèmes de choix classique :**

Choix de structure souvent effectué parmi un panel de solutions connues et pour lesquelles les problèmes de modélisation, planification et commande sont résolus.

Choix classique des actionneurs et de l'alimentation : moteurs électriques à courant continu avec ou sans collecteur, alimentés par des convertisseurs de puissance fonctionnant sur batterie.

- **Problèmes d'aspect logistique :**

Généralement l'architecture de contrôle-commande des robots mobiles similaires à celles des systèmes automatiques ou robotiques plus classiques dans l'ensemble.

Néanmoins deux niveaux de spécialisation, propres aux systèmes autonomes :

Couche **décisionnelle** (planification et gestion des événements).

Couche **fonctionnelle** (génération en temps-réel des commandes des actionneurs) [09].

1.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons résumé toutes les notions de base nécessaires à la compréhension du domaine de la robotique mobile, ainsi qu'un panorama de les méthodes appliquées dans la planification et la navigation d'un robot mobile autonome. Après cet aperçu, dans le chapitre suivant nous présenterons une vision sur la conception et les différents composants de notre robot mobile. Nous allons aussi présenter les principales architectures utilisées pour le contrôle des robots mobiles en citant les avantages et les inconvénients de chacune.

CHAPITRE 02

Description des différents composants

2.1 Introduction

Dans ce chapitre de la conception, nous allons faire une présentation générale du matériels et logiciels, le choix des matériaux était la phase la plus délicate dans notre projet.

En effet, nous allons opter pour les composants qui feront figure dans la réalisation de notre robot et cela selon les moyens, nécessité et disponibilité, toute en respectant l'objectif de la réalisation et de la conception de notre commande

Dans un passé pas très lointain, l'électronique pour les amateurs se résumait essentiellement aux circuits analogiques et éventuellement en logique câblée. L'usage des microprocesseurs était plutôt réservé à un public averti d'ingénieurs sachant les interfacer avec différents circuits périphériques

Au fil du temps on a vu apparaître de nouveaux circuits regroupant dans une seule puce, il s'agit de circuit intégré appelé microcontrôleur. Ce dernier qui joue le rôle d'une unité de traitement et de commande dans la majorité des applications et produits industriels, notamment les robots mobiles.

L'autonomie de ces robots s'assure par la bonne connaissance et compréhension de ces instruments.

2.2 Description Du Système :

Notre robot d'évitement d'obstacles et de suivi de trajectoire utilise un capteur qui mesure la distance qui le sépare des différents objets qui l'entourent. Les informations sont traitées par un microcontrôleur. Le robot avance et lorsqu'il rencontre un obstacle frontal, il s'arrête brièvement, puis fait tourner le capteur successivement vers la droite puis vers la gauche pour déterminer la direction la plus sûre avant de reprendre son mouvement rectiligne. Il suit le chemin que nous lui avons tracé à l'aide de capteurs infrarouge, afin de ne pas s'en écarter. De plus, nous avons installé deux capteurs infrarouges au départ du robot pour suivre les lignes tracées sur son chemin. Le principe de fonctionnement est simple : le robot suit une ligne tracée au sol qui représente le chemin à suivre. Tant que les deux capteurs ne détectent pas la ligne, le robot avance. Lorsqu'un des deux capteurs détecte la ligne, le robot doit tourner dans la direction correspondante pour se positionner au milieu de la ligne.

2.3 Schéma synoptique

Un synoptique désigne une présentation en générale graphique, qui permet de saisir d'un simple coup d'œil un ensemble d'informations liées ou un système complexe (**figure 2.1**)

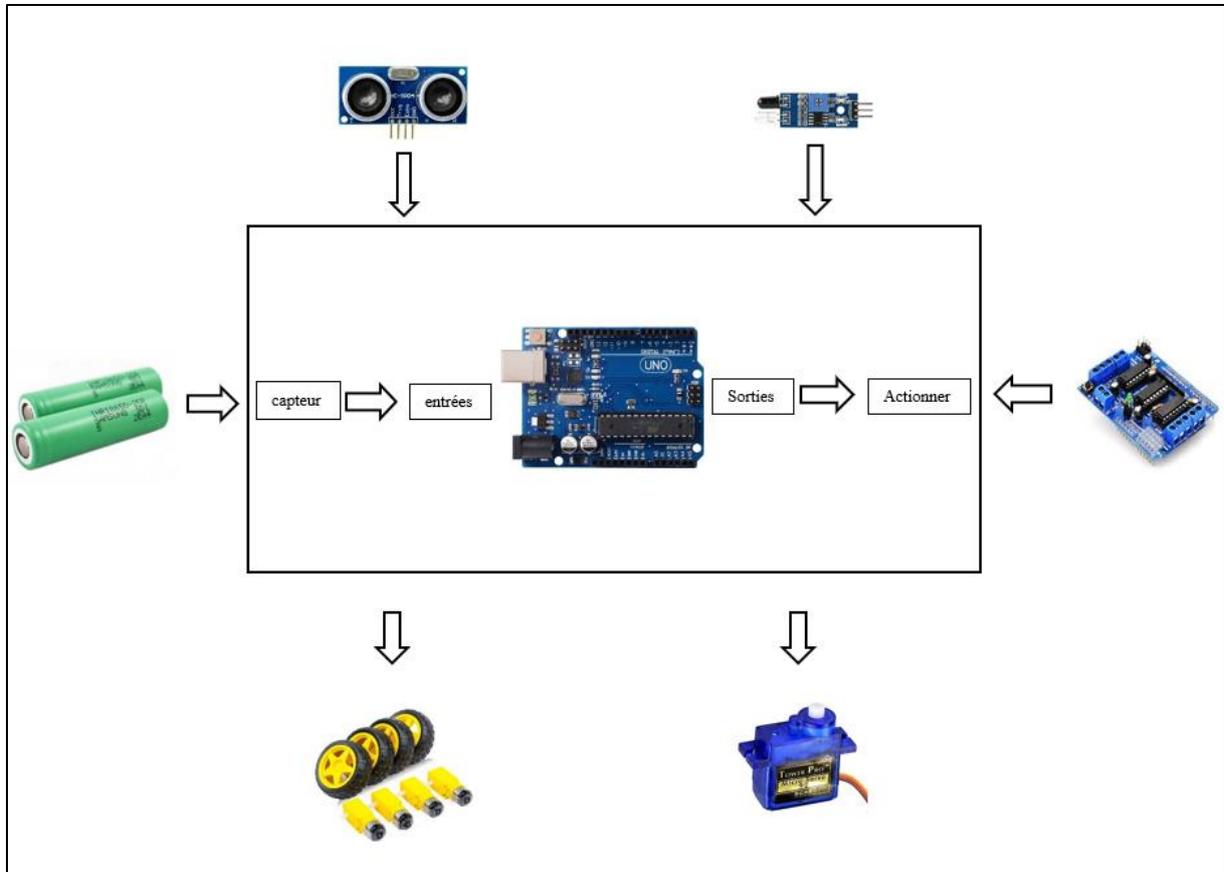


Figure 2.1 : Schéma synoptique

2.4 Composants du robot mobile

De la structure générale du robot mobile, on distingue 3 principales parties fonctionnelles :

- Partie électronique.
- Partie mécanique.
- Partie informatique.

2.4.1 Partie électronique

- La carte Arduino
- Moteur driver
- Capteur ultra-son HC-SR04
- Capteur infrarouge

2.4.1.1 La carte Arduino

Une carte Arduino est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Le microcontrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc une interface programmable. Elle peut être programmée pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme le contrôle des appareils domestiques, éclairage, chauffage, le pilotage d'un robot, de l'informatique embarquée, etc. [www2]



Figure 2.2 : Une carte Arduino UNO

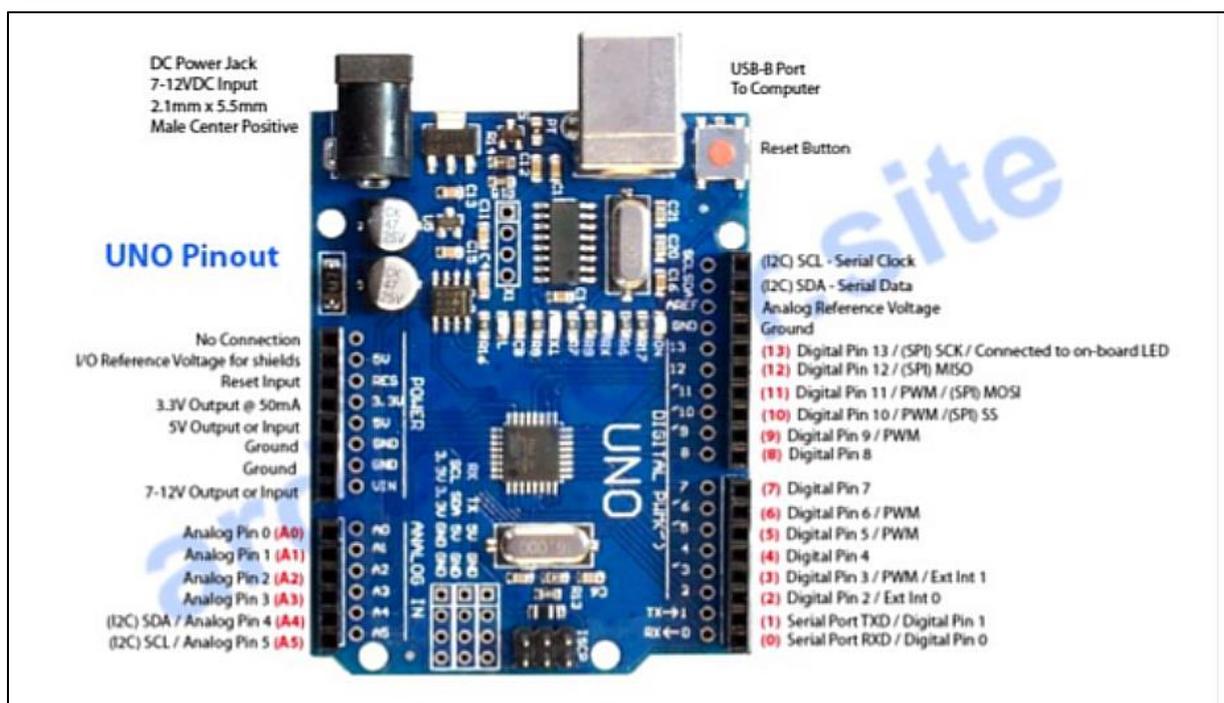
2.4.1.1.1 Caractéristique Arduino Uno

- Microcontrôleur – ATmega328
- Tension de fonctionnement – 5V
- Tension d'alimentation (recommandée) – 7-12V
- Tension d'alimentation (limites) – 6-20V
- Broches E/S numériques – 14 (dont 6 disposent d'une sortie_PWM)
- Broches d'entrées analogiques – 6 (utilisables en broches E/S numériques)

- Intensité maxi disponible par broche E/S (5V) – 40 mA
- Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V – 50 mA
- Intensité maxi disponible pour la sortie 5V – 500 mA max
- Mémoire Programme Flash – 32 KB (ATmega328)
- Mémoire SRAM (mémoire volatile) – 2 KB (ATmega328)
- Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) – 1 KB (ATmega328)
- Vitesse d'horloge – 16 MHz

2.4.1.1.2 Brochage de l'Arduino Uno R3

Figure 2.3 : Brochage et caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO



a. Entrées et sorties numériques

- **Communication Série :** Broches 0 (RX) et 1 (TX). Utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données séries de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur

USB-vers-série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.

- **Interruptions Externes :** Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. Voir l'instruction `attachInterrupt()` pour plus de détails.
- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée):** Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction `analogWrite()`.
- **SPI (Interface Série Périphérique):** Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI.
- **Les broches SPI :** sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.
- **I2C :** Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface – Interface « 2 fils »), disponible en utilisant la librairie `Wire/I2C` (ou `TWI – Two-Wire interface – interface « 2 fils »`).
- **LED :** Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

b. Broches analogiques Uno

La microcontrôleur Arduino Uno dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead()` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF. [www3]

2.4.1.1.3 Mémoire de la carte Arduino Uno

L'ATmega 328 a 32Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 0.5Ko également utilisés par le bootloader). L'ATmega 328 a également 2ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile). Le bootloader est un programme préprogrammé une fois pour toute dans l'ATmega et qui permet la communication entre l'ATmega et le

logiciel Arduino via le port USB, notamment lors de chaque programmation de la carte Arduino Uno R3. [www3]

2.4.1.1.4 Alimentation Arduino Uno

La carte Arduino Uno r3 peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. [www3]

2.4.1.2 Moteur Driver :

Le **L293D** Shield Driver Moteur Quad Pont H est un module d'extension qui permet de contrôler jusqu'à quatre moteurs DC ou deux moteurs pas à pas bipolaires. Il est basé sur le circuit intégré **L293D**, qui est un pilote de pont en H populaire utilisé pour le contrôle des moteurs.

Voici un aperçu du **L293D** Shield Driver Moteur Quad Pont H :

Le module est conçu pour être facilement connecté à une carte Arduino ou compatible Arduino. Il s'empile simplement sur la carte Arduino, offrant une solution de contrôle de moteur pratique.

Il dispose de bornes de connexion pour connecter les moteurs et d'autres périphériques, tels que des capteurs ou des actionneurs.

Le **L293D** est un pilote de pont en H, ce qui signifie qu'il peut inverser la polarité de la tension appliquée aux moteurs pour les faire tourner dans les deux sens. Cela permet de contrôler la direction de rotation des moteurs.

Chaque canal du **L293D** peut fournir un courant maximum de 600 mA (avec une pointe de courant de 1,2 A) pour alimenter les moteurs DC. Cela permet de piloter une large gamme de moteurs DC de faible puissance.

Le **L293D** est également capable de piloter des moteurs pas à pas bipolaires. Il peut fournir des signaux de commande appropriés pour contrôler la séquence d'étapes des moteurs pas à pas.

Le module est livré avec des broches de contrôle standardisées, telles que les broches IN1, IN2, IN3, IN4, qui sont utilisées pour contrôler la direction de rotation et l'état de freinage des moteurs.

Le module peut être alimenté par une source de tension externe, ce qui permet de fournir une puissance suffisante aux moteurs sans surcharger la carte Arduino. [www2]

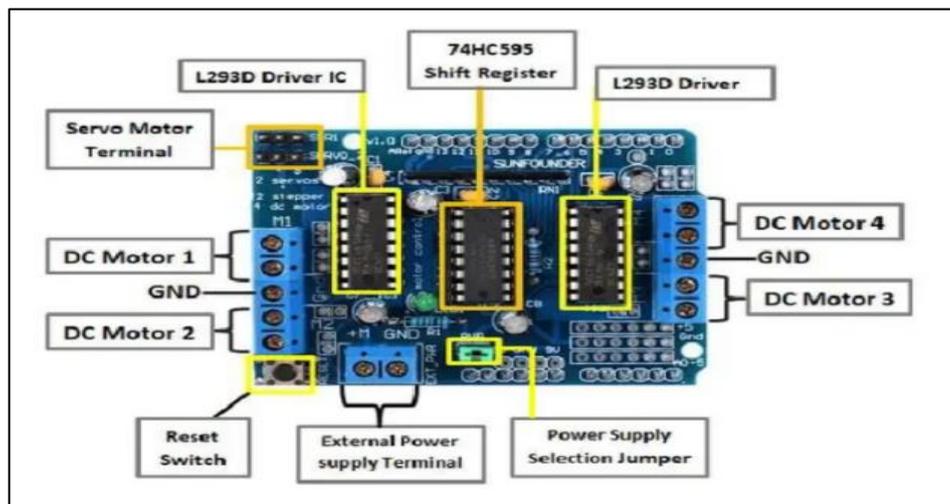


Figure 2.4 : L293D Shield Driver Moteur

2.4.1.3 Capteur ultra-son HC-SR04

Le capteur à ultrason HC-SR04 est un moyen précis pour la mesure de la distance (2 cm à 4 m avec une précision de 3 mm). Il est très utilisé en robotique pour son efficacité et sa facilité d'interaction avec toute une sorte de microcontrôleurs (Arduino, Microchip PIC, basic stamp, Porpeller chip, etc.), il aussi plus efficace qu'un capteur infrarouge qui lui peut être influencé par la lumière.

Le capteur HC-SR04 utilise les ultrasons pour déterminer la distance d'un objet. Il offre une excellente plage de détection sans contact, avec des mesures de haute précision et stables. Son fonctionnement n'est pas influencé par la lumière du soleil ou des matériaux sombres, bien que des matériaux comme les vêtements puissent être difficiles à détecter.

2.4.1.3.1 Le choix du capteur

L'utilisation d'un capteur est indispensable dans notre projet. En effet, c'est un outil qui permet la détection et



Figure 2.5 : Capteur ultra-son HC-SR04

par conséquent l'évitement d'obstacles qui est la cible de notre étude. Ceci dit, le problème auxquelles on devait s'imposer était le choix du meilleur capteur à utiliser dans les mesures de concilier le temps de réponse et le coût de production. Après plusieurs comparaisons et distinctions des capteurs, on était convaincus que celui dont on avait besoin était le capteur ultra-son HC-SR04 (12).

2.4.1.3.2 Fonctionnement du capteur

Le capteur ultra-son HC-SR04 est un dispositif chinois qui comme les autres capteurs ultra-son émet à intervalles réguliers de courtes impulsions sonores à haute fréquence, qui à leurs tours se propagent dans l'air à la vitesse du son, et se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho lorsqu'elles rencontrent un objet. Puis, ce dernier calcule la distance le séparant de la cible sur la base du temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho. (12)

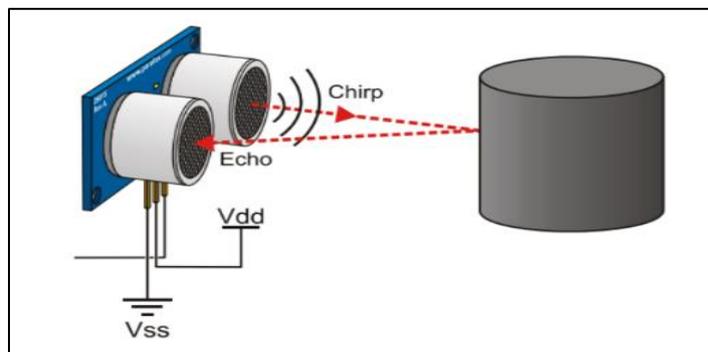


Figure 2.6 : Fonctionnement du capteur

Pour déclencher une mesure, il faut présenter une impulsion "high" (5 V) d'au moins $10 \mu\text{s}$ sur l'entrée "Trig". Le capteur émet alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40 kHz, puis il attend le signal réfléchi. Lorsque celui-ci est détecté, il envoie un signal "high" sur la sortie "Echo", dont la durée est proportionnelle à la distance mesurée. Nous utilisons la relation $d=v.t$ avec d pour la distance, v pour la vitesse et t pour le temps. On connaît la vitesse d'impulsion qui est égale à $10\mu\text{s}$. Le son doit effectuer un aller (en partant du capteur) pour ensuite rebondir sur l'obstacle et revenir à ce point de départ.

Nous diviserons donc son temps par deux. Le HC-SR04 donne une durée d'impulsion en dizaines de μs . Il faut donc multiplier la valeur obtenue par $10\mu\text{s}$ pour obtenir le temps t . La vitesse du son est égale à environ 340m/s ce qui nous donne :

$$d = \frac{340000 \text{ cm} \cdot 10 \mu\text{s}}{1000000 \text{ us}} \cdot t$$

donc :

$$d = \frac{170 \text{ cm}}{1000} \cdot t$$

La formule $d = \text{dure}/58 \text{ cm}$ figure dans le manuel d'utilisation du HC-SR04 car la fraction $17/1000$ est égale à $1/58.8235$.

La particularité du capteur chinois HC-SR04 s'incarne au début dans son prix qui n'est vraiment pas cher (30 DHs), puis dans ses caractéristiques qui sont moyennement satisfaisantes. En effet, ce dernier fonctionne avec une tension d'alimentation de 5 volts, dispose d'un angle de mesure de 15° environ et permet de faire des mesures de distance d'un mètre à peu près, une précision de 3mm (en théorie, dans la pratique ce n'est pas tout à fait exact), et c'est ce qui va nous permettre de rendre le projet plus optimal en ajoutant 2 autres d'avoir une vision claire des obstacles et de diminuer le temps de réponses. (12)

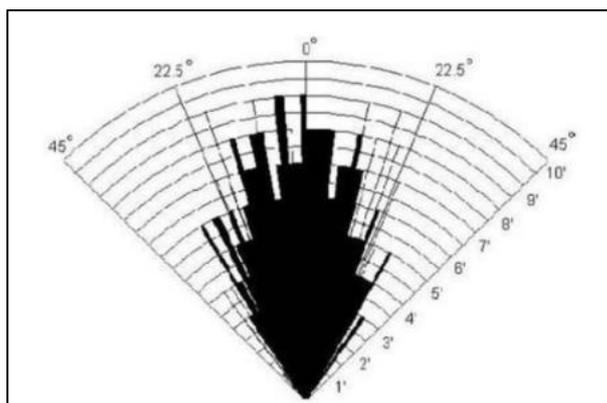


Figure 2.7 : Le champ de fonctionnement du capteur

2.4.1.4 Capteur Infrarouge :

Le module de capteurs de proximité infrarouge pour éviter les obstacles est doté d'un émetteur et d'un récepteur IR intégrés qui envoient de l'énergie IR et recherchent l'énergie IR réfléchi pour détecter la présence de tout obstacle devant le module de capteur. Le module dispose d'un potentiomètre intégré qui permet à l'utilisateur de régler la plage de détection. Le capteur a une réponse très bonne et stable même dans la lumière ambiante ou dans l'obscurité totale. Le module de capteur peut être interfacé avec Arduino, Raspberry Pi ou tout microcontrôleur ayant un niveau de tension IO de 3,3 V à 5 V. [www2]

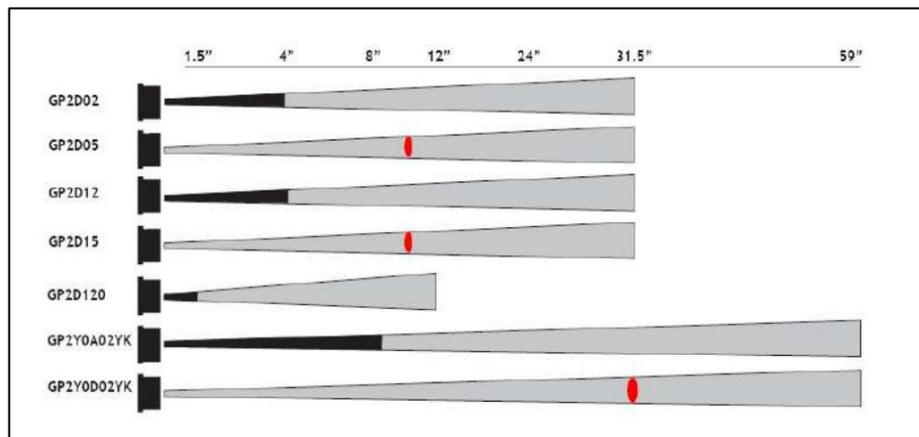


Figure 2.8 : Les zones de détection des capteurs infrarouge

2.4.1.4.1 Caractéristiques :

- Le circuit de détection basé sur le comparateur LM393 est très stable et précis.
- Le potentiomètre embarqué définit la plage de détection d'obstacles
- Indicateur LED d'alimentation a bord
- Indicateur LED de détection d'obstacles intégré
- Trou de montage de 3,0 mm pour un montage facile du capteur
- Embase male pour connexion facile
- Bonne précision : grâce à l'utilisation d'un émetteur LED infrarouge le module fonctionne bien dans la lumière ambiante

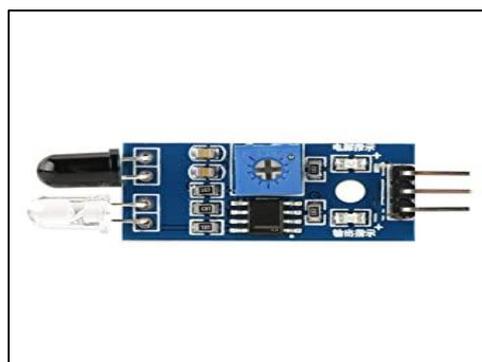


Figure 2.9 : Capteur infrarouge

2.4.1.4.2 Composition d'un capteur infrarouge :

- **VCC** : broche d'entrée d'alimentation de 3,3 à 5 vcc
- **GND** : broche d'entrée de masse
- **SORTIE DE SIGNAL** : broche de sortie numérique. BAS lorsqu'un obstacle est à portée
- **LED d'alimentation** : s'allume lorsque l'alimentation est appliquée
- **LED de signal** : s'allume lorsqu'un obstacle est détecté
- **Résistance variable** : ajuste la distance de détection. CCW diminue la distance ou CW augmente la distance

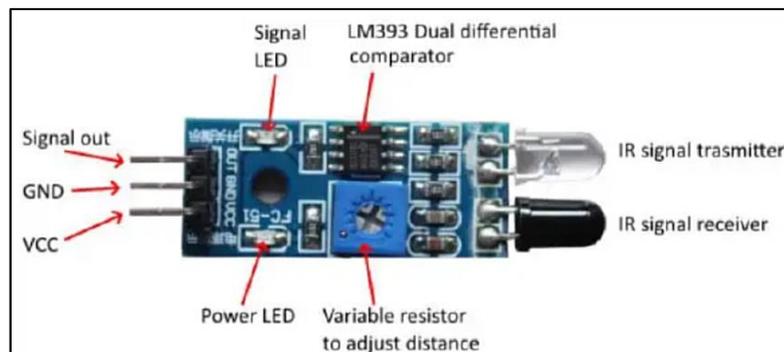


Figure 2.10 : Les composants d'un capteur infrarouge

2.4.2 Partie mécanique

La mécanique du robot mobile est relativement simple :

- Châssis.
- Moteur DC.
- Servomoteur.
- Batterie lithium-ion.

2.4.2.1 Châssis

C'est une plaque qui représente l'ossature du véhicule, sur laquelle il supporte et assemble tous les composants du robot ; en outre, il participe aussi à d'autres fonctions secondaires dont l'équilibre, l'aspect esthétique du robot... etc.

Parmi les différents matériaux que l'on peut utiliser pour la fabrication d'un châssis de notre robot mobile, on cite l'aluminium, c'est le métal le plus apprécié pour cette tâche.

L'aluminium présente plusieurs avantages il existe en plaque, en tube, carré ou rond, ou sous d'autres formes. Il est autant léger et facile à travailler (découper et percer). De plus il permet de réaliser un châssis très solide (10)(13).

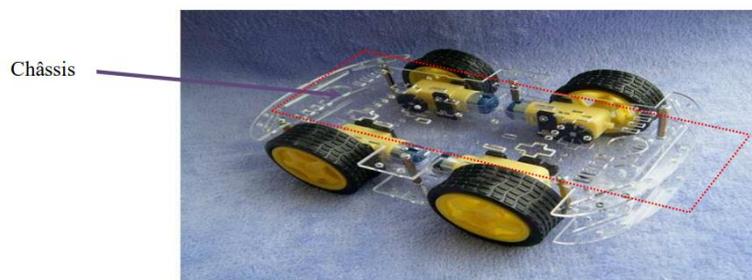


Figure 2.11 : le châssis du robot

2.4.2.2 Moteur DC

2.4.2.2.1 Généralité sur les machines à courant continu

Une machine à courant continu est une machine électrique inventée par **Zéno** Gramme et présentée à l'Académie des Sciences, à Paris, en 1871, c'était au départ un simple générateur de courant continu (pour applications galvanoplastiques : une technique électrolytique d'orfèvrerie). Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source d'énergie.

- En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.
- En fonctionnement générateur, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (elle peut se comporter comme un frein). Dans ce cas elle est aussi appelée dynamo.

Cependant, la machine à courant continu étant réversible et susceptible de se comporter soit en « moteur » soit en « générateur » dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse, la distinction moteur/générateur se fait « communément » par rapport à l'usage final de la machine (11).

2.4.2.2.2 La différence entre Moteur DC et Moteur AC :

Alors que les moteurs AC et DC servent la même fonction de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique, ils sont alimentés, construits et contrôlés différemment. La source la plus fondamentale est la source d'alimentation. Les moteurs à courant alternatif sont alimentés à partir du courant alternatif (AC), tandis que les moteurs à courant continu sont alimentés par courant continu (DC), tels que des batteries, des alimentations CC ou un convertisseur AC-DC. Les moteurs de champ à enroulement DC sont construits avec des balais et un collecteur, qui ajoutent à la maintenance, limitent la vitesse et réduisent généralement l'espérance de vie des moteurs à courant continu brossé. Les moteurs à induction à courant alternatif n'utilisent pas de brosses; Ils sont très robustes et ont de longues espérances de vie. La dernière différence de base est le contrôle de la vitesse. La vitesse d'un moteur à courant continu est contrôlée en faisant varier le courant de l'enroulement de l'induit tandis que la vitesse d'un moteur à courant alternatif est contrôlée en faisant varier la fréquence, ce qui n'est pas évident, généralement effectué avec une commande de commande de fréquence réglable. (11)

2.4.2.3 Constitution d'un moteur DC :

Un moteur électrique à courant continu est constitué :

- D'un stator qui est à l'origine de la circulation d'un flux magnétique longitudinal fixe créer soit par des enroulements statoriques (bobinage) soit par des aimants permanents.
- D'un rotor bobiné relié à un collecteur rotatif inversant la polarité de chaque enroulement rotorique au moins une fois par tour de façon à faire circuler un flux magnétique transversal en quadrature avec le flux statorique. (11)

2.4.2.3.1 Fonctionnement d'un moteur DC :

❖Partie Théorique :

Les moteurs DC avec des aimants permanents sont très courants dans différentes applications, avec de petites dimensions, lorsqu'on recherche beaucoup de puissance à bas prix. A cause de leur vitesse assez importante, ils sont utilisés dans plusieurs sortes de transmission (pour obtenir beaucoup de couple avec peu de vitesse).

Les moteurs DC à aimant permanent sont d'une fabrication assez simple et les commander est assez élémentaire. Bien que les contrôler soit assez simple, leur vitesse n'est pas déterminée précisément par le signal de contrôle parce qu'il dépend de nombreux autres facteurs. La relation entre le couple et la vitesse d'un moteur DC parfait est linéaire, ce qui signifie que : plus grand est l'effort sur l'arbre, plus petite est la vitesse de l'arbre et plus grand est le courant dans la bobine. Les moteurs DC utilisent la tension DC et ne nécessitent pas de contrôle électronique supplémentaire puisque toutes les communications nécessaires sont faites dans le moteur. Lorsque le moteur fonctionne, deux broches statiques glissent dans le commutateur de rotation et garde la tension dans la bobine. La direction de la rotation du moteur est déterminée par la polarité du courant appliqué. Si le moteur ne doit tourner que dans une seule direction, alors le courant peut passer à travers un relai ou tout autre connexion simple. Si le moteur doit tourner dans plusieurs directions, on utilisera un circuit électronique appelé Pont en H (ou "H-bridge ") (11)

❖ **Utilisation de Pont en H avec les moteurs DC :**

Le pont en H permet de réaliser 2 fonctions qui sont d'inverser le sens de rotation du moteur en inversant le courant aux bornes du moteur et la variation de la vitesse du moteur en modulant la tension aux bornes du moteur. De plus, le pont en H permet d'effectuer un freinage magnétique s'il est capable d'en dissiper la puissance générée. Cette opération s'effectue en actionnant soit les deux commutateurs supérieurs ou inférieurs en même temps, ce qui court-circuite les bornes du moteur, et le fait par conséquent freiner. Mieux encore, il est possible avec un peu d'électronique et un contrôleur perfectionné d'effectuer un freinage

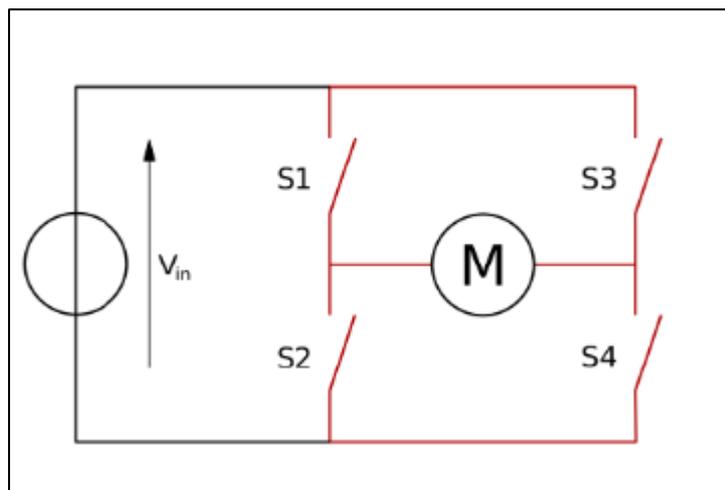


Figure 2.12 : Schéma d'un Pont en H

❖ Partie pratique :

On utilise le ponté activant les commutateurs de différentes combinaisons pour obtenir le branchement voulu. Le tableau suivant résume les combinaisons permises. Toutes les combinaisons qui ne figurent pas dans le tableau sont interdites et créent un court-circuit de la source. Le courant de référence pour la charge est considéré comme étant de gauche adroite.

Le tableau correspond à ce circuit :

Combinaisons d'états des commutateurs				
État des commutateurs				Résultat à la charge
S1	S2	S3	S4	
0	0	0	0	Aucune tension aux bornes de la charge
1	0	0	1	Courant positif à travers la charge
0	1	1	0	Courant négatif à travers la charge
1	1	0	0	Charge court-circuitée
0	0	1	1	Charge court-circuitée

2.4.2.4 Servomoteur :

Un servomoteur est un système asservi (ou système bouclé) ; il s'agit d'un moteur à courant continu enfermé dans un boîtier de petite taille avec des constituants électroniques et mécanique. Sa fonctionnalité est de tenir une position angulaire donnée fournie au système en entrée sous forme d'un signal électrique. On en trouve de toutes les tailles et de toutes les puissances. La plupart du temps la sortie peut se positionner entre 0 et 180°. Il en existe également dont la sortie peut se débattre sur seulement 90° et d'autres, ayant un plus grand débattement, sur 360°. Ceux qui ont la possibilité de faire plusieurs tours sont souvent appelés servo-treuil. Enfin, les derniers, qui peuvent faire tourner leur axe sans jamais se buter, sont appelés servomoteurs à rotation continue. Les servomoteurs sont très fréquemment employés dans les applications de modélisme pour piloter le safran d'un bateau, le gouvernail d'un avion ou bien même les roues d'une voiture téléguidée [10].

2.4.2.4.1 Composition d'un servomoteur :

Le servomoteur est composé de plusieurs éléments visibles et invisible :

- Un moteur à courant continu
- Des engrenages pour former un réducteur (en plastique ou en métal)
- Un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe (un potentiomètre)

- Une carte électronique pour le contrôle de la position de l'axe et le pilotage du moteur à courant continu
- Les fils, qui sont au nombre de trois
- L'axe de rotation sur lequel est monté un accessoire en plastique ou en métal
- Le boîtier qui le protège

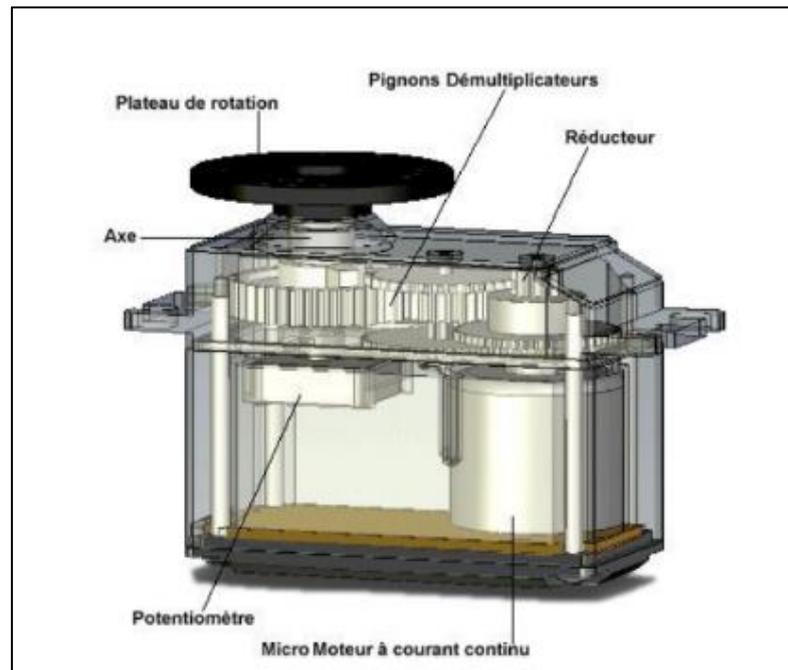


Figure 2.13 : Vue interne d'un servomoteur

2.4.2.4.2 Principe de fonctionnement d'un servomoteur

La plupart des servomoteurs sont commandés par l'intermédiaire d'un câble électrique à trois fils qui permet d'alimenter le moteur et de lui transmettre des consignes de position sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion plus communément appelé PWM.

Cela signifie que c'est la durée des impulsions qui détermine l'angle absolu de l'axe de sortie et donc la position du bras de commande du servomoteur. Le signal est répété périodiquement, en général toutes les 20 millisecondes, ce qui permet à l'électronique de contrôler et de corriger continuellement la position angulaire de l'axe de sortie, cette dernière étant mesurée par le potentiomètre. [10] .

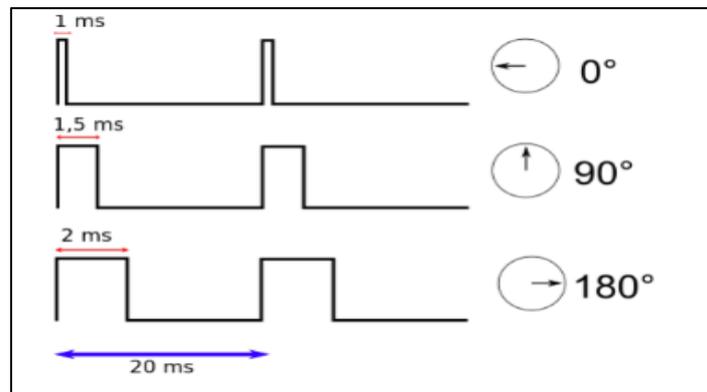


Figure 2.14: Simulation d'un pont en H réalisé par Proteus à base des transistors

2.4.2.5 Batterie lithium-ion :

Une batterie 18650 est une batterie lithium-ion. Le nom dérive des dimensions spécifiques de la batterie : 18 mm x 65 mm Pour l'échelle, c'est plus grand qu'une pile AA. La batterie 18650 a une tension de 3,6 V et a entre 2600 mAh et 3500 mAh (milliampères-heures).

Ces batteries sont utilisées dans les lampes de poche, les ordinateurs portables, les appareils électroniques et même certaines voitures électriques en raison de leur fiabilité, de leur longue durée de vie et de leur capacité à être rechargées des centaines de fois. Les batteries 18650 sont ce qui serait considéré comme une "batterie à forte consommation".

Cela signifie que la batterie est conçue pour générer une tension et un courant de sortie élevés pour répondre aux besoins en énergie de l'appareil portable dans lequel elle est utilisée. C'est pourquoi ces petites batteries puissantes sont utilisées dans des appareils électroniques plus complexes et gourmands en énergie qui nécessitent un niveau de puissance constant et élevé pour fonctionner. Il a également une profondeur de décharge élevée, ce qui signifie que la batterie peut être déchargée jusqu'à 0 % tout en ayant la capacité de recharger complètement la batterie.

Cependant, cette pratique n'est pas recommandée, car au fil du temps, cela endommagera la batterie à long terme et affectera ses performances globales [10] .



Figure 2.15 : BATTERIE LITHIUM-ION

2.4.3 Partie informatique

2.4.3.1 Logiciel Arduino IDE

Le logiciel va nous permettre de programmer la carte Arduino en langage C. Il nous offre une multitude de fonctionnalités.

C'est un logiciel de programmation par code, qui contient une cinquantaine de commandes différentes. A l'ouverture, l'interface visuelle du logiciel ressemble à ceci :

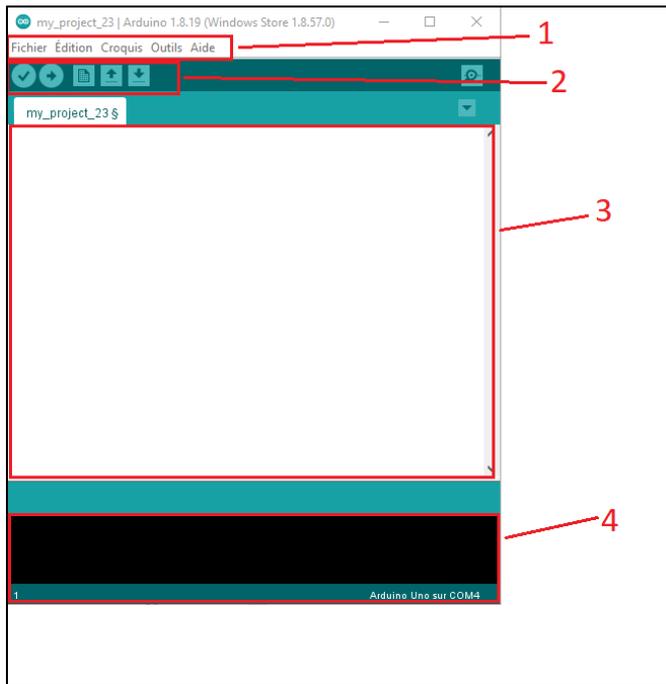


Figure 2.16 : Présentation des parties principales du logiciel

- **Le cadre numéro 1 :** ce sont les options de configuration du logiciel.
- **Le cadre numéro 2 :** il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes.
- **Le cadre numéro 3 :** ce bloc va contenir le programme que nous allons créer.
- **Le cadre numéro 4 :** celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le débogueur

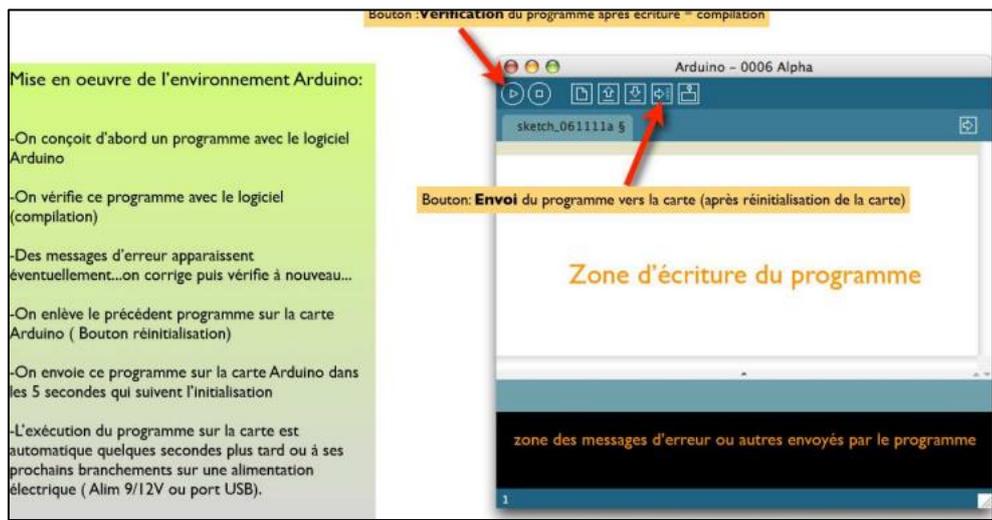


Figure 2.17 : Présentation de l'interface

2.4.3.1.1 Mise en œuvre de logiciel Arduino

- On conçoit d'abord un programme avec le logiciel Arduino ;
- On vérifie ce programme avec le l'icône (compilation)
- Des messages d'erreur apparaissent éventuellement...on corrige puis on vérifie à nouveau...
- On enlève le précédent programme sur la carte Arduino (Bouton réinitialisation) ;
- On envoie ce programme sur la carte Arduino dans les 5 secondes qui suivent l'initialisation
- L'exécution du programme sur la carte est automatique quelques secondes plus tard ou à ses prochains branchements sur une alimentation électrique (7/12V ou port USB).

Remarque : Avant d'envoyer le programme vers la carte, il faut dire au logiciel quel est le nom de la carte et sur quel port elle est branchée.

Un programme Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle, ligne par ligne. La carte lit puis effectue les instructions les unes après les autres.

2.4.3.1.2 Structure d'un programme Arduino :

Il y a trois phases consécutives

- 1- La définition des constantes et des variables,
- 2- La configuration des entrées et sorties par :

```
Void setup ()
```

```
{  
}
```

Fonction setup : Cette fonction appelée une seule fois lorsque le programme commence. elle s'appelle « Fonction d'initialisation ». Où il y a la mise en place des différentes sorties et quelques d'autres réglages.

- 3- La programmation des interactions et comportements par :

```
Void Loop
```

```
{  
}
```

Fonction Loop : elle s'appelle « fonction principale » où on peut écrire le contenu du programme. Une fois que la fonction est exécutée, on peut la réexécuté infiniment.

Une fois la dernière ligne exécutée, la carte revient au début de la troisième phase et recommence sa lecture et son exécution des instructions successives. Et ainsi de suite. Cette boucle se déroule des milliers de fois par seconde et anime la carte.

Le microcontrôleur de la carte Arduino va recevoir le programme que nous avons créé et qui va le stocker dans sa mémoire puis l'exécuter. Grâce à ce programme, il va envoyer au robot les tâches à exécuter et des données qu'il reçoive par les capteurs à un ordinateur.

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une présentation générale sur les différents composants du robot, en commençant par sa forme mécanique, puis nous avons traité la partie électronique et à la fin la partie informatique à travers la programmation de notre microcontrôleur ainsi que certaines notions sur la conception informatique.

Dans le chapitre suivant nous intéresser à l'aspect de la commande et la modélisation.

CHAPITRE 03

Etude et réalisation pratique du robot mobile

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder la conception et la programmation de notre robot. Maintenant que nous avons une compréhension globale de son fonctionnement et des composants nécessaires, il est temps d'aborder la commande du robot de manière autonome. Nous allons explorer les différentes parties du robot, discuter de leur rôle et expliquer comment les assembler correctement. De plus, le code de chaque partie du robot sera présenté, puis assembler afin de le commander efficacement

Conception et Préparation de l'Assemblage :

- Préparation des composants nécessaires
- Montage du châssis du robot
- Connexion des moteurs et des capteurs
- Fixation des éléments mécaniques

Programmation des différentes Parties du Robot :

- Programmation du capteur ultrasonique pour l'évitement des obstacles
- Programmation des capteurs infrarouges pour la détection de ligne
- Contrôle des moteurs pour le mouvement du robot

Intégration des Parties du Robot :

- Combinaison des différentes fonctionnalités du robot
- Gestion des situations d'obstacle et de détection de ligne du chemin
- Optimisation des mouvements pour une navigation fluide

3.2 Schéma du montage :

Comme on a mentionné dans le chapitre précédent, la réalisation de ce projet nécessite plusieurs composants afin de garantir la meilleure fonctionnalité de notre système de suivre un trajectoire défini et d'évitement d'obstacles au même temps. Ces composants sont commandés par une carte Arduino, pour cette raison ils vont être brochés de la manière suivante :

- On met driver shield L293D au-dessus du capteur ultrason, et on est respectivement les pins
- Pour le capteur ultrason, **Trig** et **Echo** sont brochées respectivement avec les pins analogiques A0 et A1.

- Les pins OUT des deux capteurs infrarouge sont brochés avec les pins A2 et A3 de notre carte Arduino.
- Pour les 4 moteur DC du robot, les deux à droites sont connectés avec M1 et M2 du driver moteur, et les deux à gauches avec M3 et M4, et ils sont alimentés par les deux piles Li/Ion et parle driver moteur comme intermédiaire.
- La carte Arduino est alimentée par les deux piles Li/Ion via la pine Vin.

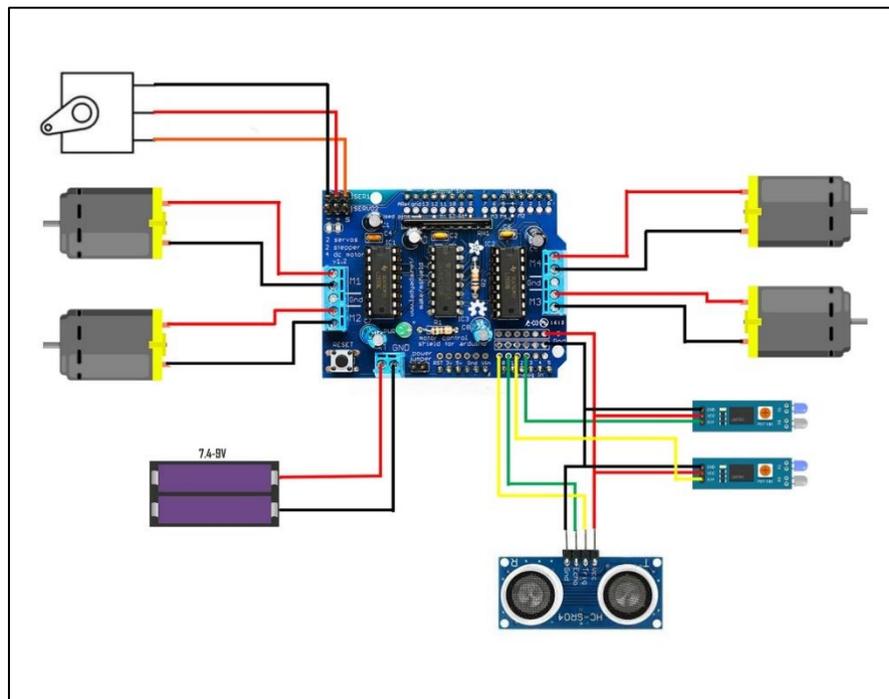


Figure 3.4 : Schéma du Montage de notre robot

3.3 Description du projet

Notre projet consiste à concevoir un robot mobile suiveur de chemin, tout en évitant les obstacles, de type véhicule à quatre roues composé de

- Structure externe de longueur 26 cm et de largeur 17 cm (26*17).
- 4 moteurs à courant continu, chacun attaché à sa propre roue et commandé séparément.
- Deux capteurs infrarouges installés sur le bord avant du robot en respectant la distance entre eux (supérieure à 3 cm, soit la largeur de la voie), pour ne pas risquer de déstabiliser le robot lors de son déplacement.

- Un capteur ultrason qui envoie des ondes sonores, pour détecter tout obstacle sur son chemin. Pour éviter d'éventuels obstacles, un servomoteur déplace le capteur à ultrasons de gauche à droite pour faire un balayage afin de vérifier si le chemin est libre d'éviter l'obstacle.
- Le processeur de la carte Arduino traite les signaux captés par tous les capteurs et exécute le programme qui donne les commandes au robot pour avancer du point de départ jusqu'au point d'arrivé en évitant tout obstacle sur son chemin.

La conception de ce robot a passé par différentes phases et on vas présenter dans le schéma ci-dessous le diagramme descriptif du système :

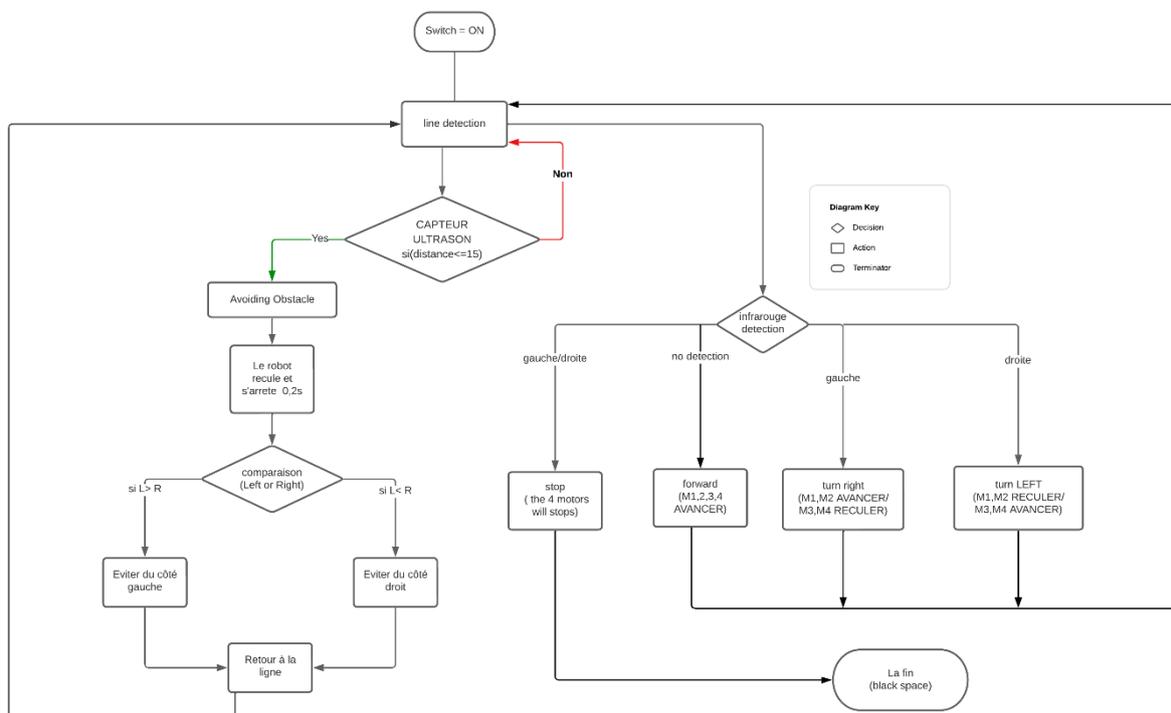


Figure 3.1 : Diagramme descriptif

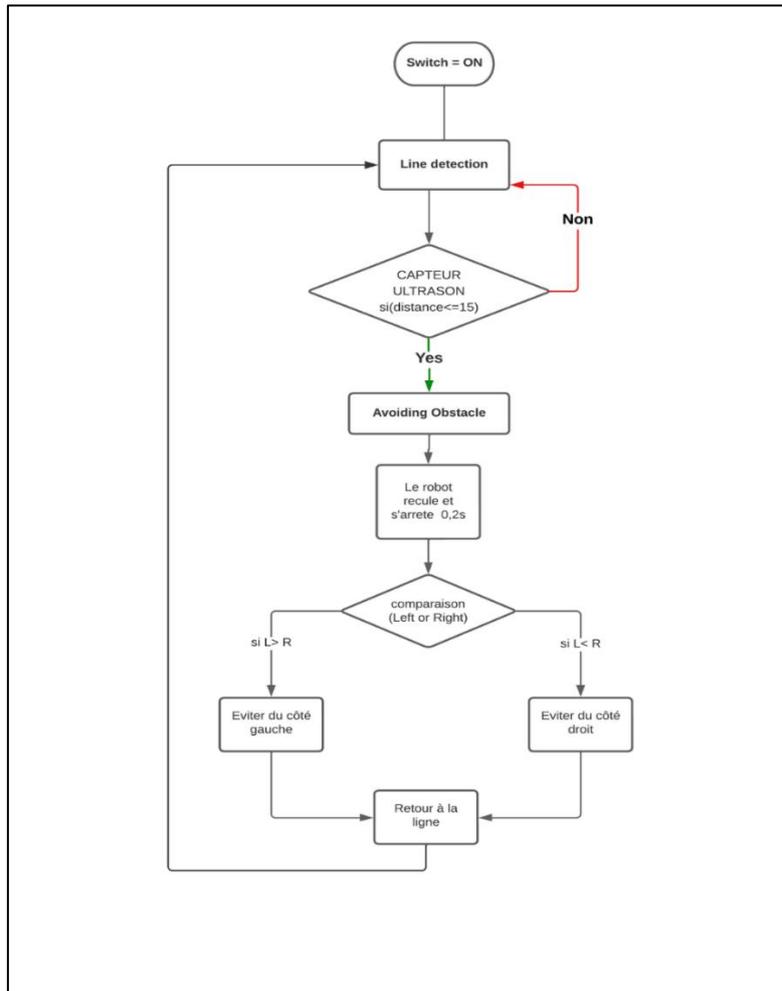


Figure 3.2 : Partie d'évitement d'obstacles

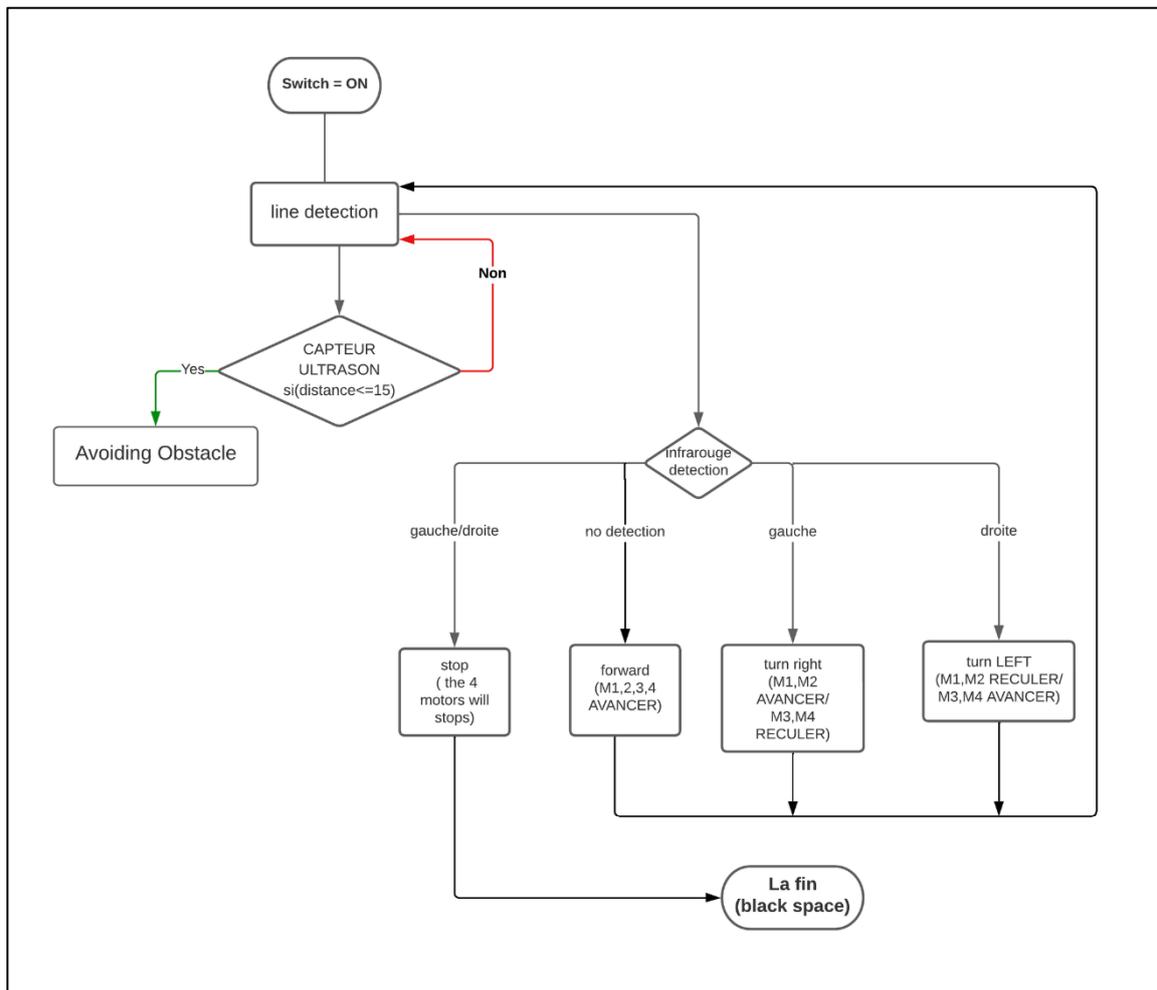


Figure 3.3 : Partie de suiveur du ligne

3.4 Cahier des charges détaillé

Afin de développer un programme qui répond au descriptif que l'on s'est fixé, nous avons abordé le problème en le considérant avec la distinction des quatre cas suivants :

3.4.1 Cas 01 : Pas d'obstacle sur le chemin

Après avoir entièrement équipé le robot, nous positionnons les capteurs infrarouges de sorte que le robot doit suivre un tracé de ligne noire, placé exactement entre ses roues. Le robot est au point de départ à l'état de repos, où les 4 moteurs sont à l'arrêt, le capteur sonore et le capteur infrarouge sont en mode veille.

Lorsque le bouton de démarrage est appuyé, le robot se met en marche et les capteurs se mettent à fonctionner. Le principe de fonctionnement du capteur infrarouge est basé sur l'envoi d'un signal lumineux contenant les couleurs du spectre (7 couleurs), ces couleurs seront réfléchies uniquement en l'absence d'une couleur noire (ce qui correspond à la couleur du chemin), car le noir est la seule couleur capable d'absorber toutes les autres couleurs.

Ainsi, pour que le robot se maintienne exactement sur la ligne noire et la suive sans s'en dévier, l'idée que nous avons appliquée dans notre projet est qu'à chaque fois que les capteurs infrarouge ne captent aucun signal, signifie que le robot est bel est bien sur le chemin à suivre, on ordonne donc aux moteurs d'avancer. Mais si les capteurs détectent les couleurs, c'est que le robot dévie du chemin à suivre, donc on ordonne aux deux moteurs de tourner dans des sens opposés, ce qui aura pour effet de faire avancer le robot en le maintenant toujours sur le chemin. A partir de toutes ces informations, nous avons développé la partie du programme qui fait avancer le robot en cas d'absence d'obstacle.

- Lorsque les deux capteurs ne détectent pas de noir, il commande les 4 moteurs de tourner simultanément, ce qui fait avancer le robot, voici le code :

```
if(digitalRead(left)==0 && digitalRead(right)==0){  
  //Forward  
  motor1.run(FORWARD);  
  motor1.setSpeed(100);  
  motor2.run(FORWARD);  
  motor2.setSpeed(100);  
  motor3.run(FORWARD);  
  motor3.setSpeed(100);  
  motor4.run(FORWARD);  
  motor4.setSpeed(100);  
}
```

Mais lorsque l'un des deux capteurs ne détecte pas la couleur noire, Il se tourne vers le côté opposé, et c'est ce qui rend notre robot très équilibré et ne dévie pas du chemin.

3.4.2 Cas 02 : Virage abordé

Revenons sur un point important du déplacement du robot, c'est le cas où il y'a des virages, (ils seront démarqués par une épaisseur plus importante du chemin), pour cette situation nous avons deux cas :

3.4.2.1 Rotation vers la droite :

Pour la rotation vers la droite, c'est-à-dire que le chemin change d'épaisseur vers la droite, dans ce cas, le capteur de droite ne capte aucune réflexion, c'est-à-dire qu'il est dans une zone noire, et le capteur de gauche capte la réflexion, selon le principe adopté dans notre code, les deux moteurs de droite tournent (reculent) à gauche, ce qui aura pour effet de faire avancer le robot, permettant un virage fluide et rapide.

```
//line detected by right sensor
else if(!digitalRead(left)==0 && digitalRead(right)==0){
    //turn right
    motor1.run(BACKWARD);
    motor1.setSpeed(100);
    motor2.run(BACKWARD);
    motor2.setSpeed(100);
    motor3.run(FORWARD);
    motor3.setSpeed(100);
    motor4.run(FORWARD);
    motor4.setSpeed(100);
}
```

3.4.2.2 Rotation vers la gauche :

C'est exactement l'opposé du cas à droite, sachant qu'on peut simplement laisser le robot suivre le chemin dans les virages, mais nous avons pris en compte la difficulté des virages fermés.

```
//line detected by left sensor
else if(digitalRead(left)==0 && !analogRead(right)==0){
  //turn left
  motor1.run(FORWARD); //DROIT M1
  motor1.setSpeed(100);
  motor2.run(FORWARD); //DROIT M2
  motor2.setSpeed(100);
  motor3.run(BACKWARD); //GAUCHE M3
  motor3.setSpeed(100);
  motor4.run(BACKWARD); //GAUCHE M4
  motor4.setSpeed(100);
}
```

3.4.3 Cas 03 : Présence d'obstacle sur le chemin

Supposons donc que le robot avance sur sa trajectoire jusqu'à ce qu'il rencontre un obstacle. Lorsque cet obstacle est à une distance de 15 cm, distance à laquelle le robot devrait s'arrêter. Sachant qu'il se trouve à proximité de quelque chose et afin d'éviter de heurter cet obstacle, compte tenu de la vitesse, le robot s'arrête un instant et recule pendant une durée de 0,2 secondes, puis le capteur à ultrasons tourne à l'aide du servo vers la droite par () et la gauche par () et compare les deux côtés pour choisir le chemin le plus libre et sans obstacle, ainsi il pourra le détourner, puis il reprend son chemin. Le code est comme suit :

<pre> else { turnLeft(); delay (100); moveForward(); delay (200); moveStop(); delay (100); turnRight(); delay (50); moveForward(); delay (700); moveStop(); delay (100); turnRight(); delay (50); moveForward(); delay (300); moveStop(); delay (100); turnLeft(); delay (200); distance = readPing(); lineDetection(); } </pre>	<pre> 70 if(distanceR>=distanceL) 71 { 72 turnRight(); 73 delay (100); 74 moveForward(); 75 delay (200); 76 moveStop(); 77 delay (100); 78 turnLeft(); 79 delay (50); 80 moveForward(); 81 delay (700); 82 moveStop(); 83 delay (100); 84 turnLeft(); 85 delay (50); 86 moveForward(); 87 delay (300); 88 moveStop(); 89 delay (100); 90 turnRight(); 91 delay (200); 92 distance = readPing(); 93 lineDetection(); 94 </pre>
--	--

3.4.4 Cas 04 : Destination finale

La destination finale est représentée par un espace noir large, lorsque le robot atteint ce point, les deux capteurs infrarouges détectent tout le temps la couleur noire, ce qui entraîne l'arrêt des 4 moteurs ensemble (en même temps).

```

else if(!digitalRead(left)==0 && !digitalRead(right)==0){
  //stop
  motor1.run(RELEASE);
  motor1.setSpeed(0);
  motor2.run(RELEASE);
  motor2.setSpeed(0);
  motor3.run(RELEASE);
  motor3.setSpeed(0);
  motor4.run(RELEASE);
  motor4.setSpeed(0);
}

```

*fonctionnement des moteurs par rapport l'infrarouge :

INFRA_GAUCHE		1	1	0	0
INFRA_DROITE		1	0	1	0
RÉACTION DU MOTEUR		M1,2,3,4= AVANCE	M1, M2 = STOP M3, M4 = AVANCE (GAUCHE)	M1, M2 = AVANCE M3, M4 = STOP (DROITE)	DESTINATION FINALE M1,2,3,4 = STOP

<p>M1 adroite arrière</p> <p>M2 adroite avant</p> <p>M3 agache avant</p> <p>M4 a gauche arrière</p>

3.5 Conclusion

Après avoir terminé l'installation du robot et sa programmation, nous avons maintenant un robot capable d'accomplir une variété de tâches. Nous avons appris comment assembler la structure, connecter les moteurs et les capteurs correctement, grâce aux étapes détaillées et aux instructions claires. Nous avons également programmé chaque partie du robot pour exécuter ses fonctions correctement.

Au cours de ce chapitre, j'ai pu comprendre l'importance de chaque partie du robot et son rôle dans l'accomplissement de ses fonctions. J'ai appris comment utiliser le capteur à ultrasons pour éviter les obstacles et les capteurs infrarouges pour détecter les lignes, ainsi que le contrôle des moteurs pour réaliser le mouvement souhaité.

En intégrant les différentes parties du robot, j'ai réussi à développer un robot capable de se déplacer habilement et de surmonter intelligemment les obstacles. J'ai également appris à améliorer le mouvement pour obtenir une navigation fluide et efficace.

Maintenant, après les efforts déployés pour assembler et programmer le robot, je suis impatient d'utiliser le robot dans des défis réels et des expériences pratiques. Je pourrai explorer ses capacités, développer davantage de fonctionnalités et d'améliorations à l'avenir.

Dans le prochain chapitre, nous aborderons le développement des capacités du robot et son amélioration avec de nouvelles fonctionnalités et compétences. J'utiliserai les connaissances et l'expérience que j'ai acquises pour développer de nouvelles idées innovantes.

Conclusion générale

L'objectif de notre travail est la réalisation d'un robot mobile type voiture avec évitement d'obstacles en utilisant des capteurs de distance (ultrason).

Pour réaliser ce travail, nous avons passé par différentes étapes :

Nous avons utilisé un capteur ultrasonique HC_SR04 pour la détection des obstacles et le calcul de la distance entre le robot et l'obstacle. Le robot réalisé se déplace par des roues et chaque roue occupant du mouvement est contrôlée par un moteur CC (courant continu). Nous avons utilisé ce type de moteur pour la précision dans le déplacement et la rotation vers la cible.

L'ensemble de système de perception et de déplacement est commandé par une carte de commande électronique qui doit en utilisant les informations actuelles, décider l'action à prendre. Pour notre cas, nous avons utilisé une carte Arduino, dont ses caractéristiques particulières nous ont aidés à faciliter les tâches surtout en ce qui concerne sa programmation.

Ce travail nous a permis de traiter des problèmes d'ordre pratique et de vérifier des connaissances théoriques acquises toute le long de notre formation.

Grâce au travail continu, nous avons peu atteindre notre but et satisfaire le cahier de charge, mais cela ne veut pas dire qu'il est complet, nous proposons que le robot réalise soit la base de toute une série d'améliorations que nous n'avons pas eu la chance de les faire par manque de temps et de matériel. Le nombre d'améliorations que peuvent être ajoutés sont :

- * Utilisation de capteurs plus performants comme les capteurs laser ou d'utilisé plus de capteurs ou un plateau de capteurs rotatif pour couvrir l'environnement afin de choisir la meilleure trajectoire.

- *L'utilisation d'un microcontrôleur de nouvelle génération comme le μ C Atmel (atmega).

- * L'utilisation d'un module avec grande portée au lieu du Bluetooth pour commander le robot à distance (WIFI, Satellite).

- *L'utilisation d'une caméra série pour suivre le déplacement et la position de l'endroit pour prendre la décision de mouvement.

BIBLIOGRAPHIE

Références :

- [01] :Tigli, J, Y., "Vers une Architecture de contrôle pour Robot Mobile orientée Comportement", Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia, Antipolis, 1996
- [02]: Laumond, J, P., "La Robotique Mobile", Editions Hermès, 2001.
- [03]: Le robot mobile "Sejourner" utilisé pour la mission pathfinder de la NASA, www.robocup2014.org, 2014
- [04]: Sutton, R, S., Barto, A, G., "Reinforcement Learning: An Introduction", MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
- [05]: Cuesta, F., Ollero, A., "Intelligent Mobile Robot Navigation", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [06]: Borenstein, J., Everett, H, R., Feng, L., "Where am I, Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning", University of Michigan, 1996.
- [07]: Filliat, D., "Robotique Mobile", Cours à l'école Nationale Supérieure des Techniques Avancées ENSTA, 2004.
- [08]: Bayle, B., "Robotique Mobile", école Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg, Université Louis Pasteur, 2007.
- [09] : Beaudry, E., "Planification de tâches pour un robot mobile autonome". Faculté des sciences, université de Sherbrooke, Canada, 2006.
- [10] : Nabil LAMARA, "Réalisation d'une commande d'un robot mobile" . faculté du génie électronique et d'informatique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2016
- [11] : Ahcene, H., & Karim, B. (2016). Conception et réalisation d'un robot mobile autonome (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [12] : Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi- Tutoriels et projets de Kimmo Karvinen et ville Valtokari pp : 37- 39 , 61-63.
- [13] : Frédéric Giamarchi, « petit robot mobile » paris, 2006.

Sites internet :

[www1]:<http://perso.ensta-paristech.fr>.

[www2]:https://www.researchgate.net/publication/342282949_Rapport_de_Mini_projet_Robot_Eviteur_d'obstacles

[www3]: <https://arduino-france.site/description-arduino-uno/>