



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electrotechnique
Machines Electriques

Réf. :

Présenté et soutenu par :

BOUABDALLAH Aymene

BELHEND BadrrEddine

Le : 26/06/2022

***Réalisation et Commande à Distance d'un Robot
Mobile Type Voiture avec Evitement d'Obstacle par
Arduino***

Jury :

Dr.	SAADI Aicha	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	KRAA Okba	MCA	Université de Biskra	Examineur
Dr.	GUERGAZI Aicha	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : **2021-2022**



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies

Electrotechnique

Machines Electriques

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme:

Thème

***Réalisation et Commande à Distance d'un Robot Mobile Type
Voiture avec Evitement d'Obstacle par Arduino***

Présenté par : **BOUABDALLAH Aymene**

BELHEND BadrrEddine

Avis favorable de l'encadreur :

M^{elle} GUERGAZI Aicha

**Avis favorable du Président du Jury :Dr SAADI Aicha
Cachet et signature**

Thème : Réalisation et Commande à Distance d'un Robot Mobile Type Voiture avec Evitement d'Obstacle par Arduino

Résumé

Ce projet concerne la conception, la réalisation et la commande d'un robot mobile à quatre roues à l'aide d'une carte électronique "Arduino" adapté pour pouvoir la relier au robot après avoir développé le programme en logiciel Arduino, son rôle est de détecter des obstacles quelconques.

Ce travail se compose de deux parties principales, la première partie présente l'étude théorique globale concernant les robots, le domaine d'utilisation et les avantages/inconvénient

La deuxième partie est consacrée à la description des matériels utilisés, à la réalisation pratique du robot mobile et à la commande du robot, premièrement par un câble USB en utilisant le programme IDE de l'Arduino.

Deuxièmement, la commande est réalisée par une liaison sans fil par « Bluetooth ».

L'intérêt de ce mémoire est attribué à la recherche d'une solution simplifiant la mobilité du robot évitant tout obstacle d'ordre pratique avec un circuit programmable à prix réduit « Arduino », et de vérifier des connaissances théoriques acquises toute le long de notre formation

Mots clés : Robotique, Arduino, Capteur Ultrason, Moteur à courant continu, Contrôleur de commande L293D, Bluetooth

Abstract:

This project concerns the design, production and control of a four-wheeled mobile robot using an "Arduino" electronic card adapted to be able to connect it to the robot after having developed the program in Arduino software, its role is to detect any obstacles.

This work consists of two main parts, the first part presents the overall theoretical study concerning robots, the field of use and the advantages / disadvantages.

The second part is devoted to the description of the materials used, to the practical realization of the mobile robot and to the control of the robot, first by a USB cable using the Arduino IDE program. Secondly, the control is carried out by a wireless link via "Bluetooth".

The interest of this thesis is attributed to the search for a solution simplifying the mobility of the robot avoiding any practical obstacle with a programmable circuit at a reduced price "Arduino", and to verify the theoretical knowledge acquired throughout our training

Key Words: Robotics, Arduino, Ultrasonic Sensor, DC Motor, L293D Command Controller, Bluetooth

Remerciement

Tout d'abord je remercie Allah de tout mon cœur de m'avoir donné le Courage et la patience qui m'ont permis d'accomplir ce modeste travail.

Je veux adresser le grand remerciement les plus sincères à mon encadreur "Melle Aïcha GUERGAZI" qui a suggéré le thème de ce mémoire, Pour sa bonne volonté d'accepter de nous encadrer, pour tout le temps qu'elle nous a octroyé et pour tous les conseils qu'elle nous a prodigué.

Nos profondes gratitudes aux membres du jury qui ont l'honneur d'évaluer ce travail de fin d'études.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à nos chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien durant toutes ces années d'études.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce Mémoire.

DEDICACES

Nous offrons cet humble travail avec un cœur plein de joie: A ceux qui nous ont été source d'inspiration et de volonté Mes très chers pères et mes très chères mères pour leurs sacrifices et encouragement durant toute la période de nos études.

A tous mes frères et sœurs .Et à tous les amis et tous ceux qui nous ont soutenu dans cette réussite.

BOUABDALLAH/BELHEND

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Généralités sur la Robotique mobile

I.1-INTRODUCTION.....	2
I.2- GENERALITE SUR LA ROBOTIQUE.....	2
I.2.1. Origine des termes	2
I.2.2. Définition d'un robot	3
I.2.3. Aperçu historique.....	3
I.3. LES AVANTAGES ET LES PROBLEMES DES ROBOTS MOBILES	5
I.3.1. Avantages.....	6
I.3.2. Inconvénients	6
I.4. DOMAINES D'APPLICATION DE LA ROBOTIQUE	7
I.4.1. L'industrie.....	7
I.4.2. Le domaine militaire	8
I.4.3. La santé	8
I.4.4. Utilisation civile.....	9
I.4.5. Domaine agriculture.....	10
I.4.6. Domaine de service.....	10
I.4.7. Domaine ludique	11
I.4.7.1. Robots ménagers	11
I.4.7.2. Robots dessinateurs.....	12
I.4.7.3. Robots musiciens	12
I.5. LES TYPES DES ROBOTS	13
I.5.1. Les robots manipulateurs	14
I.5.2.1 Robot mobile utilisant la chenille.	14
I.5.2.2 Robot mobile à pattes.....	15
I.5.3 Robot mobile à roues.	16
I.5.3.1 Robot uni-cycle.....	16
I.5.3.2 Robot tricycle.....	16
I.5.3.3 Robot voiture	17
I.5.3.4 Robot omnidirectionnel	17
I.6 .CLASSIFICATION DES ROBOTS MOBILES.....	18
I.7. ARCHITECTURE DES ROBOTS MOBILES.....	18

I.7.1 La structure mécanique et motricité.....	19
I.7.1.1 Les robots mobiles à roues.....	19
I.7.1.2 Les robots à chenilles.....	19
I.7.1.3 Les robots marcheurs	19
I.7.2 Organes de sécurité.....	19
I.7.3 Traitement des informations et gestion des taches	20
I.8 CONCLUSION	21

Chapitre II : Conception d'un robot mobile

II.1. INTRODUCTION.....	22
II.2. CAHIER DE CHARGE.....	22
II.3. LA STRUCTURE DU SYSTEME	22
II.3.1 Moteur a courant-continu	22
II.3.1.1 Constitution	23
II.3.1.2 Les différents types de moteurs à courant continu	23
II.3.1.3 Fonctionnement d'un moteur DC	25
II.3.2 Les Roues	25
II.3.3 Le châssis	26
II.4 SERVO-MOTEUR.....	26
II.4.1 Composition d'un servomoteur	26
II.4.2 Principe de fonctionnement d'un servomoteur.....	27
II.5 CAPTEURS	27
II.5.1 Définition d'un capteur	28
II.5.2 Classification des capteurs	28
II.5.3 Capteurs ultrasonores	29
II.5.4 Modules Bluetooth	31
II.6 LA CARTE ARDUINO	32
II.6.1 Qu'est ce que c'est ?	32
II.6.2 La carte Arduino	32
II.6.3 Applications	32
II.6.4 Outils Arduino	33
II.6.5 Les gammes de la carte Arduino	33
II.6.5.1 Arduino Uno	34
II.6.6 Caractéristiques de la carte Arduino Uno	35
II.7 LES SHIELDS ARDUINO	35
II.8 ALIMENTATION DE LA CARTE	37

II.8.1 PILE (chimique ou électrique)	38
II.8.2 Alimentation stabilisée	38
II.9 CONCLUSION	39

Chapitre III : Réalisation du Robot et Résultats Expérimentales

III.1. INTRODUCTION	40
III.2. COTE HARDWARE	40
III.2.1. Le matérielle utilisée	40
III.2.2.-Moteur a courant-continu (cc)	41
III.2.3. Les Roues	41
III.2.4. Le châssis (La plate-forme)	42
III. 2.5. Servomoteur	43
III.2.6. Capteur Ultrasons	44
III. 2.6.1. Le principe de fonctionnement général.....	44
III.2.6.2. Le capteur HC-SR04	44
III.2.6.3. Caractéristiques et spécifications	45
III.2.6.4. Broches de connexion	45
III.2.6.5. Spécifications et limites	45
III. 2.7. La carte Arduino	46
III. 2.7.1. Alimentation de la carte Arduino.....	47
III.2.8. Le module Arduino Bluetooth	47
III.2.8.1. Branchement	48
III. 2.9. Contrôleur de moteurs L293D pour Arduino	49
III.2.9.1. Circuit L293D	49
III.2.9.2. Les caractéristiques et fonctionnalités d'un L293D shield board	51
III. 2.9.3. Fonctionnement du shield L293D Arduino (datasheet).....	51
III.2.10. Télécommander notre robot mobile	52
III.2.11. Batterie	52
III.3. COTE SOFTWARE	53
III. 3.1. Structure générale du programme	53
III. 4. La réalisation et la programmation	54
III.4.1. La réalisation	54
III. 4.2. Principe de fonctionnement	55
III.5. CONCLUSION	57

Conclusion générale	58
Références bibliographiques	60
Annexe	

LISTE DES FIGURES

Chapitre 01 :

Figure I.1 : Robot en 1921 "Rossum's Universel Robots"	3
Figure I.2 : Le premier robot industriel développe pour les besoins du nucléaire	4
Figure I.3 : Premier robots mobiles.....	4
Figure I.4 : RoboCup.....	5
Figure I.5 : Robot kengoro	5
Figure I.6 : Robot industriel	7
Figure I.7: Un robot de l'armée américaine conçu pour transporter les paquetages des soldats. ...	8
Figure I.8 : Robot industriel en domaine militaire	8
Figure I.9 : Un robot assistant les chirurgiens.....	9
Figure I.10 : Un robot engouffrant la neige de la rue avec sa « bouche »	9
Figure I.11 : Robot utilisé en agricole.....	10
Figure I.12 : Robot de service ASIMO	11
Figure I.13 : Robot ménager ROOMBAT	11
Figure I.14 : LINE-US robot dessinateur	12
Figure I.15 : Robot musicien par le groupe TOYOTA	12
Figure I.16 : Robots manipulateurs	14
Figure I.17 : Robot à chenille.....	15
Figure I.18 : Robot à pattes	15
Figure I.19 : Robot uni-cycle	16
Figure I.20 : Robot tricycle	16
Figure I.21 : Robot voiture.....	17
Figure I.22 : Robot omnidirectionnel	17
Figure I.23 : Architecture d'un robot mobile	18
Figure I.24 : Les organes de sécurité.....	20

Chapitre 02 :

Figure II.1: Schéma de conversion électromécanique d'énergie	22
Figure II.2 : Moteur courant continu.....	23
Figure II.3 : Type de moteur à excitation indépendante	24
Figure II.4 : Type de moteur à excitation en parallèle	24
Figure II.5 : Type de moteur à excitation en série	24
Figure II.6 : Type de moteur à excitation composée.....	24
Figure II.7 : Moteur à excitation permanents	25
Figure II.8: Vue intérieur d'un servomoteur	27

Figure II.9: Le pilotage d'un servomoteur par des impulsions PWM	27
Figure II.10 : Principe de fonctionnement d'un capteur	28
Figure II.11: Architecture d'un robot	29
Figure II.12 : Principe de fonctionnement	29
Figure II.13: Obstacle perpendiculaire à l'axe du capteur	30
Figure II.14 : Obstacle en biais il ne sera pas détecté par le capteur	30
Figure II.15 : Obstacle en biais détecté par le capteur	31
Figure II.16 : Communication par Bluetooth	31
Figure II.17 : Les types des cartes Arduino	33
Figure II.18: Description de la carte Arduino Uno	34
Figure II.19 : Moteur Shield L293D	36
Figure II.20 : Circuit intégré L293D	37
Figure II.21 : La carte Arduino Uno avec une alimentation électrique externe.....	39

Chapitre 03 :

Figure III.1 : Photo du projet réalisé	40
Figure III.2:Moteur à courant continu.....	41
Figure III.3. Les Roues du robot mobile	42
Figure III.4 : La plate-forme du robot à entraînement différentiel.....	42
Figure III.5 : Modèle d'un servomoteur.....	43
Figure III.6 : Les angles de rotation d'un servomoteur	43
Figure III.7: Système en boucle fermée servomoteur	43
Figure III.8 : Fréquence des ultrasons et humaine	44
Figure III.9: Capteur ultrasons de type HC-SR04.....	45
Figure III.10 : Branchement du capteur à ultrason.....	46
Figure III.11: Description de la carte Arduino Uno	46
Figure III.12: Module Bluetooth HC05.....	48
Figure III.13 : Branchement du module HC05 avec Arduino. Bluetooth	48
Figure III.14 : Commande moteur par le circuit L293D	49
Figure III.15 : Fonctionnement de l'Arduino motor shield L293D	50
Figure III.16 : SN74HC595N.....	51
Figure III.17 : Comment connecter les moteurs à courant continu à L293D	51
Figure III.18 : L'application Android Bluetooth Rc Controller.....	52
Figure III.19 : Support et piles Li-ion	52
Figure III.20 : Photo du robot réalisé et programmation sur IDE.....	53
Figure III.21 : Interface IDE Arduino	54

Figure III.22 : Schéma générale de robot réalisé	54
Figure III.23 : Organigramme de commande du robot mobile par Bluetooth	55
Figure III.24 : Organigramme de détection d'obstacle	56

Liste de tableaux

Tableau 1.1 : Applications des robots mobiles	13
Tableau II.1: Les caractéristiques des cartes Arduino.....	34
Tableau II.2: Caractéristiques de la carte Arduino Uno	35
Tableau III.1. Les caractéristiques du moteur	41
Tableau III.2: Spécifications et limites du HC-SR04.....	45

INTRODUCTION GENERALE

Il est évident que les machines intelligentes jouent un rôle important dans les activités de tous les jours : distributeurs automatiques, contrôle d'accès, fabrication à la chaîne.... Les robots font partie de ces machines et aident les humains dans des activités difficiles ou ennuyeuses. En effet, il est certain que dans un environnement hostile à l'homme c'est un robot qui va le remplacer, sans oublier les tâches simples : tondre le gazon, passer l'aspirateur ...

Actuellement, les facultés de perception et de raisonnement des robots progressent chaque jour et plus encore dans l'avenir, ils sont appelés à jouer un rôle de plus en plus important dans notre vie.

La robotique comporte deux grands pôles d'intérêt: la robotique de manipulation (robotique industrielle) et la robotique mobile. L'un des problèmes majeurs de la robotique mobile est la planification de mouvement. Autour de ce problème de nombreuses études ont été réalisées dans le but de développer des méthodes générales pour guider les robots.

L'objectif principal de notre travail est de réaliser **un robot mobile type voiture** avec évitement d'obstacle en utilisant une carte électronique Arduino.

Notre robot mobile est basé sur une carte de capteur émetteur/récepteur (capteur ultrasonique) et un module HC-05 Bluetooth.

Ce travail est alors organisé en trois chapitres de la manière suivante :

Le premier chapitre présente certaines généralités concernant la robotique et les différents types des robots et robots mobiles.

Dans le second chapitre, nous allons décrire le matériel utilisé dans notre réalisation, leur fonction dans le système et le logiciel.

Le troisième chapitre, est réservé exclusivement à la description de la réalisation pratique.

Et on termine avec une conclusion générale

Chapitre I

Généralités sur la Robotique mobile

I.1. INTRODUCTION

La robotique est l'art d'automatiser des systèmes plus ou moins complexes en s'appuyant sur le savoir-faire acquis à travers les études sur la conception de robots. Elle est aussi décrite comme étant l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques [1][2]. Elle se subdivise en deux types : les robots industriels et les robots mobiles. Les robots industriels sont généralement fixes, ils sont utilisés dans des nombreuses applications industrielles: l'assemblage mécanique, la soudure, la peinture...etc. Les robots mobiles ne sont pas fixes, ils sont classifiés selon la locomotion en robots marcheurs, à roues, à chenilles...etc , comme ils peuvent être classifié selon le domaine d'origine des auteurs (robots militaires, de laboratoire, industriels et de services), il existe donc diverses définitions du terme robot, mais elles tournent en général autour de celle-ci :

*Un robot est une machine équipée de capacités de perception, de décision et d'action
qui lui permettent d'agir de manière autonome dans son environnement
en fonction de la perception qu'il en a.*

Les robots mobiles ont une place particulière en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité qui ouvre des applications dans de nombreux domaines. Celles-ci sont particulièrement diversifiées : le nettoyage, le transport dans les ateliers automatisés, l'agriculture, l'exploitation des mines, l'assistance aux personnes handicapées et l'exploration de milieux hostiles en sont quelques exemples.

Dans le but d'expliquer l'utilité des robots, ce chapitre sera consacré à la présentation des généralités sur la robotique.

I.2. GENERALITE SUR LA ROBOTIQUE

I.2.1. Origine des termes :

Robot a été utilisé pour la première fois en 1921 par **Karel Capek** dans sa pièce R.U.R. (Rossums Universal Robots) [3].

Le mot robot vient du tchèque "robota" qui signifie corvée, travail obligatoire. Le terme robotique a été utilisé pour la première fois par **Asimov** en 1941 [4] [5].

I.2.2. Définition d'un robot :

Un robot mobile est une machine automatique capable de se mouvoir dans un environnement donné. On regroupe sous cette appellation tous les robots autonomes (i.e. non télécommandés) capables de se déplacer, par opposition aux robots attachés à un point fixe, comme les robots manipulateurs en industrie.

Il existe plusieurs types de robots mobiles et ceux-ci sont, en général, classés selon leur type de locomotion (i.e. le milieu dans lequel ils évoluent ainsi que leur mode de propulsion). Les robots mobiles évoluent donc sur terre, dans les airs ou encore sur ou sous eau.

Les robots terrestres sont, par exemple, actionnés par des roues, des chenilles ou encore des pattes.

I.2.3. Aperçu historique [6]

En 1921, **Karel Capek** introduisit le terme "robot" dans sa pièce de théâtre "R.U.R." (Rossum's Universal Robot), du tchèque "robota" signifiant travail forcé, corvée. 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. Le terme "robotique" fut lui amené par l'écrivain **Isaac Asimov**, qui proposa les trois lois de la robotique suivantes [7]:

- **Loi 1** : Un robot ne peut blesser un être humain ni, par son inaction, permettre qu'un humain soit blessé.
- **Loi 2** : Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la Première Loi.
- **Loi 3** : Un robot doit protéger sa propre existence aussi longtemps qu'une telle protection n'est pas en contradiction avec la Première et/ou la Deuxième Loi.



Figure I.1 : Robot en 1921 "Rossum's Universal Robots".

1947 : premier manipulateur électrique télé opéré.

1954 : premier robot programmable

En 1960, des chercheurs ont mis au point des bras robotiques, mais l'un des plus importants était le «Unimate Arm». Il s'agit de l'un des premiers robots industriels et est installé sur la chaîne de montage de General Motors, ce qui permettra de réduire les risques de blessure et de mort en cours de production Unimate est maintenant inscrit au "Robot Hall of Fame" avec "R2-D2" (Figure I.2).



**Figure I.2 : Le premier robot industriel développe pour les besoins du nucléaire
(Unimate)**

La firme Unimation qui a construit le premier robot, était presque la seule sur le marché américain jusqu'à quinze ans après, malgré ça elle n'a commercialisé que 1000 robots, tandis que JIRA (association japonaise de robotique industrielle).

1963 : utilisation de la vision pour commander un robot.

1972 : Nissan ouvre la première chaîne de production complètement robotisée.[8]

1977 : premier robot mobile français HILARE au LAAS (CNRS Toulouse)



Figure I.3: Premier robots mobiles.

1995 : Mise en place de la RoboCup



Figure I.4: RoboCup

Entre 2010 et 2019 : Cette période est riche invention et on ne peut pas mentionner tous en raison des différents domaines et le nombre important, il y avait des inventions et un développement de nombreux types de robots et dans différent domaine, les plus récents sont des robots humanoïde basée sur l'intelligence artificielle telle que le robot kenshiro et kengoro, ce derniers est développer par l'université de Tokyo, capable de transpirer quand il fait du sport un moyen pour refroidir ces circuits.[8]



Figure I.5: Robot kengoro

I.3. LES AVANTAGES ET LES PROBLEMES DES ROBOTS MOBILES

Un système robotique consiste non seulement des robots mais aussi d'autres dispositifs et systèmes qui sont utilisés avec le robot pour effectuer la tâche nécessaire.

I.3.1. Avantages [10]

Les divers avantages des robots mobiles se résument ainsi :

1. Robotique et automatisation peut dans de nombreuses situations d'accroître la productivité, la sécurité, l'efficacité, la qualité et la cohérence des produits ;
2. Robots peuvent travailler dans un environnement dangereux, sans le besoin de soutien de la vie, ou les préoccupations concernant la sécurité ;
3. Robots n'ont pas besoin de l'éclairage, la climatisation, de ventilation et de protection contre le bruit ;
4. Robots travail continuellement, sans ressentir une fatigue ou l'ennui, et ne nécessitent pas une assurance médicale ou de vacances ;
5. Robots sont de précision répétable à tous les moments, sauf si quelque chose arrive à eux ou ils s'usent ;
6. Robots peuvent être beaucoup plus précis que les humains. Précision linéaire d'un robot typiquement est de 20 à 10 microns ;

I.3.2. Inconvénients

1. Ils manquent de capacité de réagir en cas d'imprévu, à moins que les situations soient comprises et les réponses soient incluses dans le système. Les mesures de sécurité sont nécessaires pour s'assurer qu'ils ne blessent pas les opérateurs et n'endommagent pas les machines. On peut également citer d'autres inconvénients comme [9] :
2. Réponse inadéquate.
3. Le manque de prise de décision,
4. Consommation de l'énergie.
5. Ils peuvent causer des dommages à d'autres appareils, et la blessure à l'homme.
6. Les robots sont coûteux en raison du coût initial de l'équipement, d'installation, le besoin de périphériques, le besoin de formation et la nécessité de la programmation (les robots ont besoin des humains).
7. Peur de voir les robots voler nos emplois
8. Les capacités des robots sont limitées

I.4. DOMAINES D'APPLICATION DE LA ROBOTIQUE

On peut introduire la robotique dans plusieurs domaines multiple application, dont on cite différents domaines :

- Industriel
- Ludique
- Médical
- Assistance et rééducation
- Militaire...

I.4.1. L'industrie

Le but premier des robots est de remplacer l'homme dans des activités fastidieuses ou onéreuses pour l'employeur. Les robots ont donc commencé à être utilisés dans les chaînes d'assemblage industrielles, dans ces chaînes nous retrouvons des robots soudeurs, manipulateurs, peintres, ...etc.

Il existe 3 types de robots :

- Les robots de peinture ou de soudure : largement répandus ;
- Les robots de montage : de taille plus réduite ;
- Les robots mobiles d'inspection : dotés d'intelligence artificielle et tenant en compte l'environnement pour les modèles les plus complexes [8].

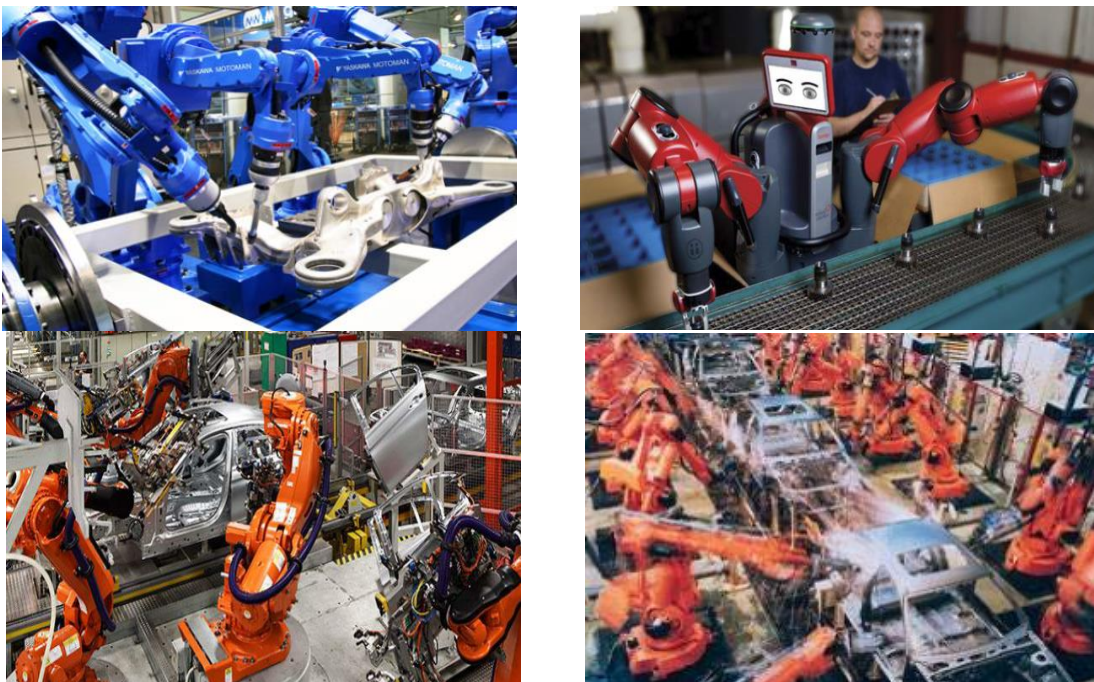


Figure I.6 : Robot industriel.

I.4.2. Le domaine militaire [10] :

Les robots sont de plus en plus utilisés dans le domaine militaire. Aujourd'hui on peut plus facilement créer des robots discrets et dotés de nombreux capteurs, ce qui est idéal pour des missions d'espionnage ou d'éclairage.



Figure I.7 : Un robot de l'armée américaine conçu pour transporter les paquetages des soldats.



Figure I.8 : Robot industriel en domaine militaire.

I.4.3. La santé [10] :

Les robots commencent à être de plus en plus dans le domaine médical. Ces robots ne sont pas complètement autonomes mais ils assistent les médecins ou chirurgiens, jusqu'à permettre des opérations médicales à distance. Cette pratique de chirurgie assistée est émergente donc bien que peu répandue, elle est en phase de devenir la chirurgie du futur. La (Figure I.9) montre un robot constitué de quatre bras mobiles avec, au bout des mini-pinces, un chirurgien assis devant une drôle de machine avec pédales et joysticks.

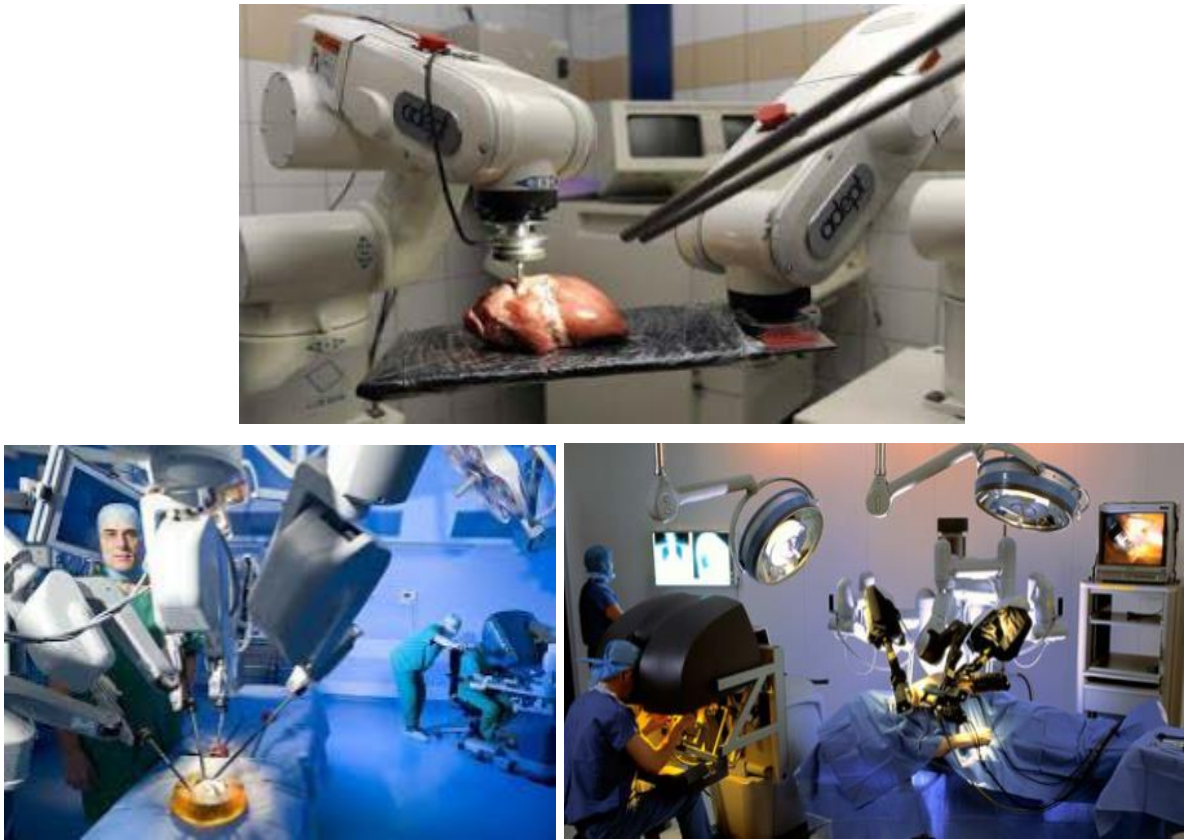


Figure I.9 : Un robot assistant les chirurgiens.

I.4.4. Utilisation civile [10] :

De plus en plus de tâches sont confiées aux robots. Ils servent à remplacer les personnes qui sont chargées de tâches civiles (Nettoyer la ville, aider la population, s'occuper des lieux publics...). Le robot de la figure ci-dessous est équipé de deux caméras et d'un GPS. Il circule dans la rue de manière autonome en engouffrant la neige avec sa « bouche ».



Figure I.10 : Un robot engouffrant la neige de la rue avec sa « bouche ».

I.4.5. Domaine agriculture [10]

Après des décennies d'expérimentation et de tâtonnements, les robots ont enfin fait leur entrée à la ferme. Cette machine totalement autonome fonctionne grâce à l'énergie solaire et circule dans les rangées de plantations pour surveiller et analyser les plants (Figure I.11). Ce robot a déjà passé avec succès de nombreux tests réalisés dans des champs de légumes mais se contente de surveiller la « bonne santé » et plantations. Grâce à ces nombreux capteurs, senseurs et caméras, il détecte rapidement d'éventuelles anomalies (présence de mauvaises herbes, animaux nuisibles, croissance trop faible) et avertit l'exploitant agricole qui peut ainsi prendre immédiatement les mesures appropriées.



Figure I.11 : Robot utilisé en agricole

I.4.6. Domaine de service

La révolution de la robotique a conduit ces dernières années à voir de nombreux robots s'installer chez les particuliers pour effectuer des tâches à la place de leur possesseur, la Figure I.12 illustre le robot de service ASIMO. En effet, ceux-ci sont capables de faire le ménage, tondre la pelouse, nettoyer la piscine etc. Ce qui conduit certains clients (aisés) à se procurer ces domestiques contemporains. Enfin, la robotique autrefois réservée à des applications précises ou coûteuses, est aujourd'hui de plus en plus utilisée à titre ludique. En effet, les robots compagnons par exemple sont des objets de plus en plus convoités : les applications « basiques » de jouet pour enfant, jusqu'à l'humanoïde destiné à remplacer une présence humaine.



Figure I.12 : Robot de service ASIMO

I.4.7. Domaine ludique [8]

La robotique désigne les robots exclusifs aux domaines des jeux et de la vie domestique. A titre d'exemple :

I.4.7.1. Robots ménagers

Les robots ménagers vous aideront à faire le ménage à l'intérieur de votre maison. Bien que leur technologie soit en cours de développement, les robots ménagers actuels vous soulageront dans votre quotidien. Nous pouvons citer :

- Les robots aspirateurs, dont le modèle le plus vendu en 2009 était le "roombat" avec environ 3 millions d'exemplaires ;
- Les robots laveur de vitres ;
- Les robots tondeuses à gazon ;
- Les robots laveur de piscines....[8].



Figure I.13 : Robot ménager ROOMBAT [11]

I.4.7.2. Robots dessinateurs

Les robots dessinateurs reproduisent un texte ou un dessin en imitant les gestes humains. L'homme effectue au préalable son dessin sur une tablette tactile, puis le robot imite les gestes dans le même ordre temporel que le dessinateur humain [8].

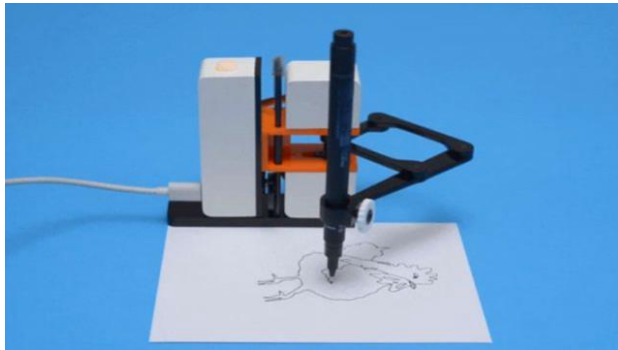


Figure I.14: LINE-US robot dessinateur [12].

I.4.7.3. Robots musiciens

Les robots musiciens utilisent le procédé de capture du mouvement (très utilisé dans les domaines du cinéma et des jeux vidéos). Les mouvements du chef d'orchestre sont enregistrés auparavant via un dispositif composé de caméras et de capteurs de mouvements. Cet enregistrement est ensuite traité par un logiciel calculant les coordonnées du mouvement, puis l'envoi au bras articulé qui imite alors le geste enregistré. En effet, pour la première fois un robot industriel "FANUCS ROBOTICS" à diriger à la Cité des Sciences et de l'Industrie, un ensemble instrumental à cordes. L'orchestre et son chef d'orchestre robotique ont donc joués les deux morceaux de musique classique : "l'Andante festivo" de Sibelius et "Danses roumaines" de Bartok [8].



Figure I.15 : Robot musicien par le groupe TOYOTA [13].

Le domaine d'application des robots est vaste, nous présentons quelques applications dans le tableau I.1 [14].

Industrie nucléaire	- surveillance de sites - manipulation de matériaux radio-actifs - démantèlement de centrales
Sécurité civile	- neutralisation d'activité terroriste - déminage - pose d'explosif - surveillance de munitions
Militaire	- surveillance, patrouille - pose d'explosifs - manipulation de munitions
Chimique	- surveillance de site - manipulation de matériaux toxiques
Médecine	- assistance d'urgence - aide aux handicapés physiques, aux aveugles
Lutte contre l'incendie	- localisation d'une source d'incendie - détection de fumée - suppression de flammes
Sous-marine	- pose de câbles - recherche de nodules - recherche de navires immergés - inspection des fonds marins
Agricole	- cueillette de fruits - traite, moisson, traitement des vignes...
Construction BTP	- projection mortier - lissage du béton
Nettoyage	- coque de navire - nettoyage industriel
Espace	- exploration
Industriel	- convoyage - surveillance

Tableau 1.1 : Applications des robots mobiles

I.5. LES TYPES DES ROBOTS :

Il existe deux grandes familles de robots :

- Les robots manipulateurs (fixe).
- Les robots mobiles.

I.5.1. Les robots manipulateurs :

Un robot manipulateur se présente sous forme d'un bras doté d'un certain nombre de segments articulés. Il est conçu pour manipuler ou déplacer des matériaux, outils et pièces sans contact humain direct. En parallèle, les robots sont des dispositifs qui permettent aux humains

d'interagir avec des objets dans un environnement en toute sécurité. En effets, les robots manipulateurs sont utilisés dans des applications industrielles pour effectuer efficacement des tâches telles que l'assemblage, soudage, traitement de surface, et le forage.

Les robots manipulateurs se présentent sous plusieurs formes, qui sont réparties en cinq grandes catégories :

- **Robots cylindriques**
- **Robots rectilignes**
- **Robots sphériques**
- **Robots articulés**
- **Robots SCARA**



Figure I.16 : Robots manipulateurs.

I.5.2. Les robots mobiles

Un robot mobile est un robot capable de naviguer dans son environnement de façon indépendante et n'est pas fixé à un seul emplacement physique. Alors que la portée et la précision de navigation requise varie en fonction de la taille du robot et du type de sa tâche[15].

I.5.2.1. 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.



Figure 1.17 : Robot à chenille

I.5.2.2. 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 [15].

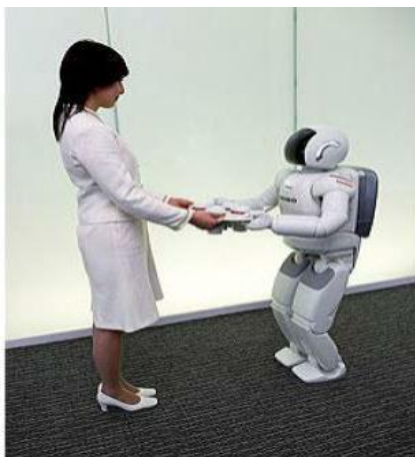


Figure 1.18 : Robot à pattes

1.5.3. Robot mobile 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 [16] :

1.5.3.1. Robot uni-cycle

Un robot de type uni-cycle 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 [16][17].



Figure 1.19 : Robot uni-cycle

1.5.3.2. Robot tricycle

Un robot de type tricycle est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et d'une roue centrée orientable placée sur l'axe longitudinal. Le mouvement du robot est donné par la vitesse des deux roues fixes et par l'orientation de la roue orientable. Son centre de rotation est situé à l'intersection de l'axe contenant les roues fixes et de l'axe de la roue orientable [16][17].



Figure 1.20 : Robot tricycle

1.5.3.3. Robot voiture

Un robot de type voiture est semblable au tricycle, il est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et de deux roues centrées orientables placées elles aussi sur un même axe. Le robot de type voiture est cependant plus stable puisqu'il possède un point d'appui supplémentaire. Toutes les autres propriétés du robot voiture sont identiques au robot tricycle, le deuxième pouvant être ramené au premier en remplaçant les deux roues avant par une seule placée au centre de l'axe, et ceci de manière à laisser le centre de rotation inchangé [16][17].



Figure 1.21 : Robot voiture

1.5.3.4. Robot 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 [16][17].

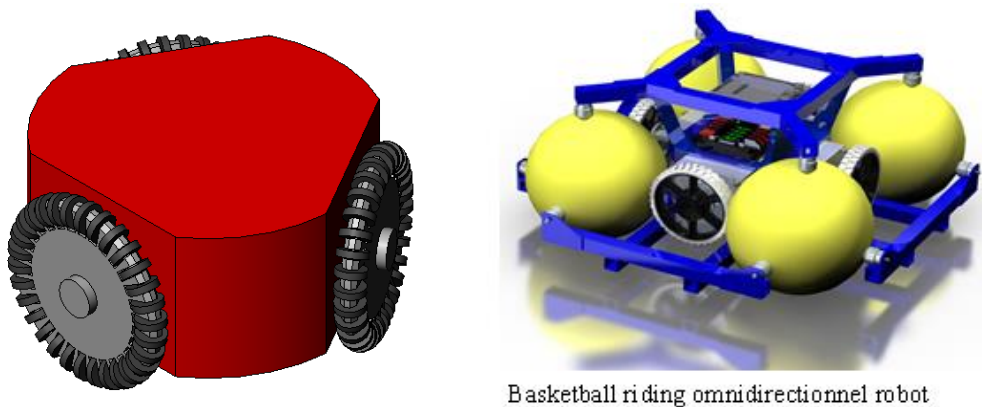


Figure 1.22 : Robot omnidirectionnel

I.6. CLASSIFICATION DES ROBOTS MOBILES

Une classification est proposée dans la littérature qui définit le degré d'autonomie du robot mobile.

- Véhicule télécommandé par un opérateur qui lui impose chaque tâche élémentaire à réaliser.
- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser. Le véhicule contrôle automatiquement ses actions.
- Véhicule semi-autonome réalisant sans l'aide de l'opérateur des tâches prédéfinies.
- Véhicule autonome qui réalise des tâches semi-définies. Ce type de véhicule 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.

I.7. ARCHITECTURE DES ROBOTS MOBILES

L'architecture des robots mobiles se structure en quatre éléments [14] :

- La structure mécanique et la motricité
- Les organes de sécurité
- Le système de traitement des informations et gestion des tâches.
- Le système de localisation

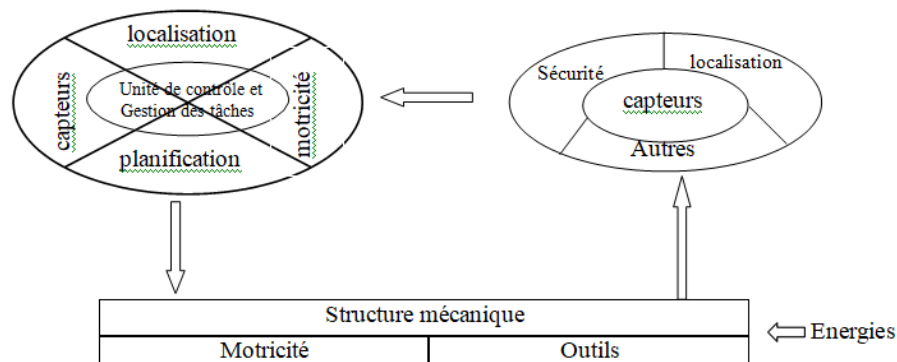


Figure 1.23 : Architecture d'un robot mobile

I.7.1. La structure mécanique et motricité :

Il existe quatre types de structures mécaniques assurant la motricité

I.7.1.1. Les robots mobiles à roues:

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus communément appliquée .Cette technique assure selon l'agencement et les dimensions des roues un déplacement dans toutes les directions avec une accélération et une vitesse importantes. Le franchissement d'obstacles ou l'escalade de marches d'escaliers est possible.

I.7.1.2. Les robots à chenilles :

L'utilisation des chenilles présente l'avantage d'une bonne adhérence au sol et une faculté de franchissement d'obstacles .L'utilisation est orientée vers l'emploi sur sol accidenté ou de mauvaise qualité au niveau de l'adhérence.

I.7.1.3. Les robots marcheurs:

Les robots marcheurs sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès au site est difficile. Leur anatomie à nombreux degrés de liberté permet un rapprochement avec les robots manipulateurs. La locomotion est commandée en termes de coordonnées articulaires. Les différentes techniques étudiées se rapprochent de la marche des animaux et notamment de celle des insectes.

I.7.2. Organes de sécurité

Il est dangereux de laisser le robot mobile complètement libre .Donc il est obligatoire qu'il soit doté d'organes garantissant la sécurité.

Deux types de capteurs sont employés:

- Les capteurs proximétriques assurent la détection avant collision (ultrasons, hyperfréquences, infrarouge...).
- Les capteurs à contact détectent une collision ou un choc avec l'environnement (contact électrique sur pare-chocs, résistance variable, fibre optique...).

L'organisation de la sécurité d'un robot mobile est représentée sur le schéma suivant:

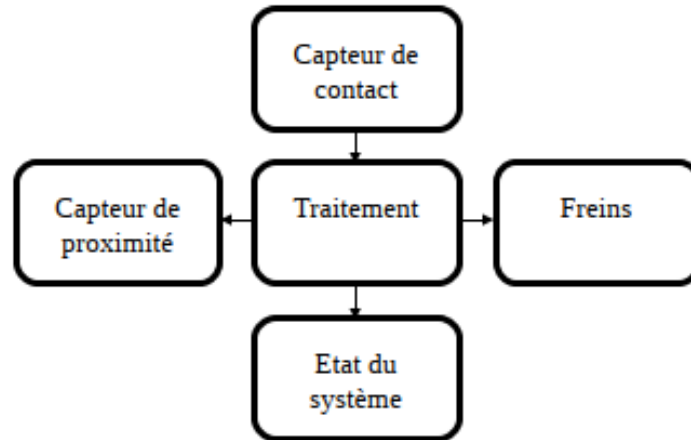


Figure I.24 : Les organes de sécurité

Le comportement du robot mobile lors de la détection d'un obstacle s'effectue selon plusieurs cas:

- Si le capteur à contact est sollicité le robot s'immobilise soit définitivement soit en tant que le contact persiste, ou il effectue un mouvement opposé au contact.
- Si on détecte une présence, la stratégie consiste soit à immobiliser le robot en attendant que la personne s'éloigne, soit à ralentir le mouvement si la personne n'est pas très proche, soit à choisir un autre chemin qui l'éloigne de la personne.

I.7.3. Traitement des informations et gestion des tâches :

L'ensemble de traitement des informations et gestion des tâches constitue le noyau du module d'informatique central qui établit les commandes permettant au robot mobile de réaliser un déplacement et d'activer les divers organes en accord avec l'objectif.

A ce niveau le problème qui se pose est le problème de génération de plan qui consiste à établir la manière dont le robot se déplace par rapport à des connaissances aprioriques « statiques » ou obtenues en cours d'évolution « dynamiques »

La génération des plans repose sur trois concepts:

1. La stratégie de navigation.
2. La modélisation de l'espace.
3. La planification

I.8. CONCLUSION

La robotique est très importante en industrie tout comme la programmation qui est indispensable cette dernière qui montre les performances de notre machine, dans ce chapitre nous avons présentes dans ce chapitre, une définition générale de la robotique mobile et on à expliquer les différents types des robots mobiles ainsi leurs utilisation dans nos vie quotidiens, les avantages et les inconvénients.

Dans la suite de ce mémoire en va focaliser noter travail sur le robot mobile à roues de type voiture, ce véhicule est télécommandé par un opérateur qui lui impose chaque tâche élémentaire à réaliser.

Chapitre II

Conception d'un robot mobile

II.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous allons décrire le matériel utilisé et leur fonction dans le système. Le choix des matériaux est une tâche fondamentale et très complexe, et pour réussir à bien l'aborder, on a posé un groupe de critères qu'on devait les satisfaire pour bien réussir notre choix. Les critères imposés sont les suivants :

- ❖ Au niveau de matériau : caractéristiques mécaniques, esthétiques, thermiques, électriques, économiques, environnementales.
- ❖ Au niveau du procédé : volume, masse, géométrie, taille de la série.

Grâce à cette partie de notre projet nous avons augmenté nos connaissances dans les différents aspects de l'électronique.

II.2. CAHIER DE CHARGE

On peut assumer que pour un bon fonctionnement du robot, ce dernier doit satisfaire les critères suivants :

- ❖ Il doit assurer un mouvement de translation et de rotation.
- ❖ Il doit se déplacer aisément avant et après la détection d'un obstacle.
- ❖ Il doit être très léger, facile à prendre et à manipuler, contrôlable et rigide.
- ❖ Son montage et démontage doit se faire d'une manière simple.
- ❖ Le positionnement du robot à l'aide de placement de ses senseurs doit être est relativement précis.
- ❖ La symétrie permet des performances intéressantes en rotation puisque le centre de masse peut être situé au centre du robot, sur l'axe des roues motrices.

II.3. LA STRUCTURE DU SYSTEME :

II.3.1. Moteur a courant-continu

Un moteur à courant continu est une machine électrique tournante mettant en jeu des tensions et courants continus et qui permet la conversion d'énergie électrique en une énergie mécanique. Cette machine peut également fonctionner en mode générateur qui est la fonction réversible du moteur.

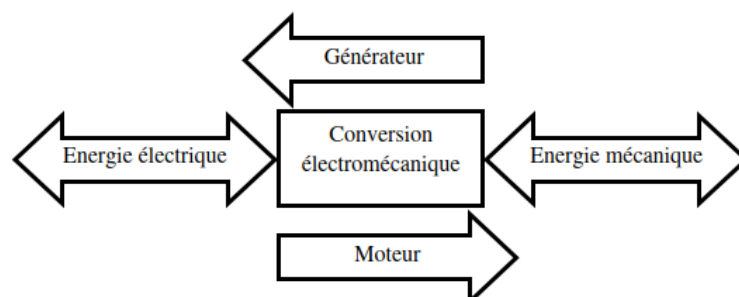


Figure II.1: Schéma de conversion électromécanique d'énergie.

II.3.1.1. Constitution

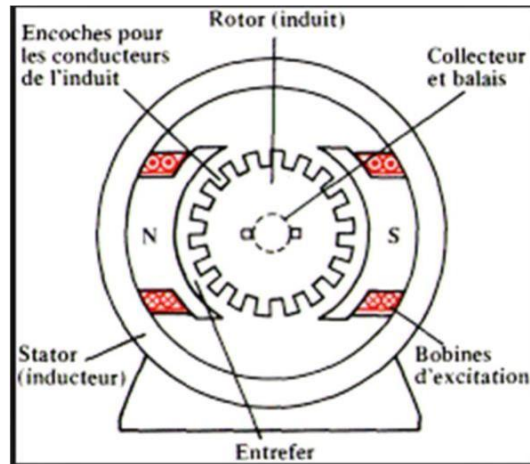


Figure II.2 : Moteur courant continu.

Le moteur à courant continu est constitué de trois parties principales :

- ❖ **Stator** : C'est la partie fixe du moteur dont le rôle est de créer un flux magnétique. Cette fonction peut être assurée par un aimant permanent ou par un courant électrique circulant dans un bobinage (électroaimant) enroulé autour d'un noyau qui est une partie d'un circuit ferromagnétique, ce circuit ferromagnétique a comme fonction de canaliser le flux magnétique, il est constitué d'une culasse, au moins deux noyaux et deux épanouissements polaires [18].
- ❖ **Rotor** : Partie mobile du moteur, aussi appelé induit, il est composé d'un châssis métallique, comprenant un certain nombre d'encoches, sur lesquelles sont placés un certain nombre de bobinages. Le châssis métallique est constitué de tôles circulaires isolées et empilées sur l'arbre (feuilleté) afin de réduire les pertes par hystérésis et par courants de Foucault dues aux variations du flux. [18]
- ❖ **Collecteur / balais** : C'est un dispositif permettant de relier le circuit induit tournant à un circuit électrique extérieur fixe. Le collecteur est formé d'une série de lames de cuivre juxtaposées et isolées entre elles. Les balais sont fixés sur la carcasse, ils sont formés de blocs de carbone (contacts glissant) qui frottent sur le collecteur en assurant un bon contacte électrique [18].

Le sens de rotation est défini par les polarités de l'inducteur et de l'induit. Pour changer le sens de rotation de ce moteur, il suffit d'inverser la polarité de l'inducteur ou de l'induit [19].

II.3.1.2. Les différents types de moteurs à courant continu [20]

Les moteurs à courant continu se différencient par la manière dont on fournit le courant d'excitation. Les différents cas possibles sont :

1. Moteur à excitation indépendante : L'induit et l'inducteur sont alimentés par deux sources de tensions différentes.

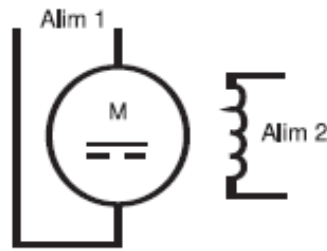


Figure II.3 : Type de moteur à excitation indépendante

2. Moteur à excitation en parallèle : L'induit et l'inducteur sont connectés en parallèle et alimentés par une seule source de tension.

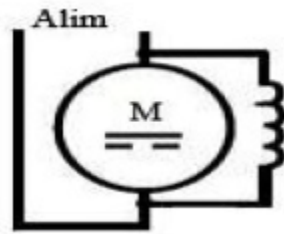


Figure II.4 : Type de moteur à excitation en parallèle

3. Moteur à excitation en série : L'induit et l'inducteur sont connectés en série et alimentés par une seule source de tension.

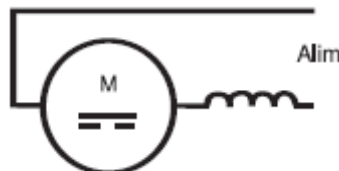


Figure II.5 : Type de moteur à excitation en série

4. Moteur à excitation compound (composée) : Dans ce mode d'excitation l'inducteur comporte deux enroulements, l'un est connecté en parallèle avec l'induit et l'autre en série.

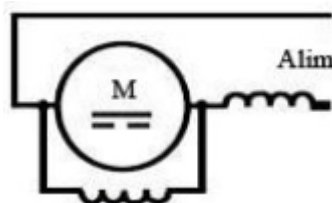


Figure II.6 : Type de moteur à excitation composée

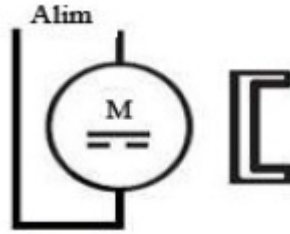
5. Moteur à aimants permanents : L'inducteur est réalisé avec des aimants permanents.


Figure II.7 : Moteur à excitation permanents

II.3.1.3. Fonctionnement d'un moteur DC

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").

II.3.2. Les Roues :

Une **roue** est une pièce mécanique de forme circulaire tournant autour d'un axe passant par son centre. La roue est l'une des huit machines simples, et, de ce fait, est utilisée sous de très nombreuses formes.

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus utilisée ; Ce type de robot assure un déplacement avec une accélération et une vitesse rapide mais nécessite un sol relativement plat.

Dans le cas pratique, on rencontre principalement trois types de roues :

- ❖ Les roues fixes dont l'axe de rotation, passe par le centre de la roue.

- ❖ Les roues centrées orientables, l'axe orientable est perpendiculaire au sol, il passe par le centre de la roue.
- ❖ Les roues folles, elles sont appelées comme cela, du fait qu'elles sont décentrées orientables, pour lesquelles l'axe d'orientation est perpendiculaire au sol, il ne passe pas par le centre de la roue.

II.3.3. Le 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. [21].

II.4. SERVO-MOTEUR

Un servomoteur (souvent abrégé en « servo », provenant du latin *servus* qui signifie « esclave ») est un moteur capable de maintenir une position à un effort statique et dont la position est vérifiée en continu et corrigée en fonction de la mesure. C'est donc un système asservi. Le servomoteur intègre dans un même boîtier, la mécanique (moteur et engrenage), et l'électronique, pour la commande et l'asservissement du moteur. La position est définie avec une limite de débattement d'angle de 180 degrés, mais également disponible en rotation continue.

Il existe une vaste gamme de servomoteurs : des gros modèles industriels de plusieurs kilogrammes à courant alternatif, avec des boîtiers et carters d'engrenages en métal, jusqu'aux minuscules servomoteurs en plastique de quelques grammes à courant continu que l'on retrouve en modélisme dans les avions, les bateaux, les voitures et les hélicoptères modèles réduits.

II.4.1. Composition d'un servomoteur

Le servomoteur est composé de plusieurs éléments visibles et invisibles :

- ❖ 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

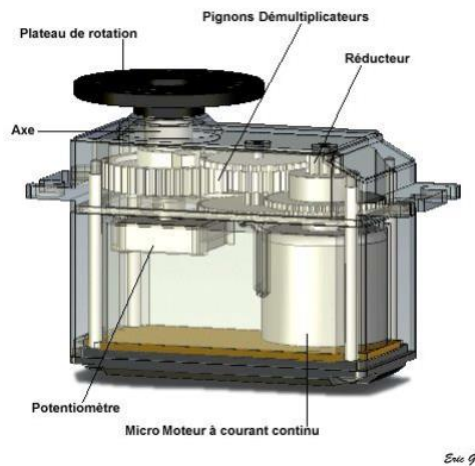


Figure II.8: Vue intérieure d'un servomoteur

II.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.

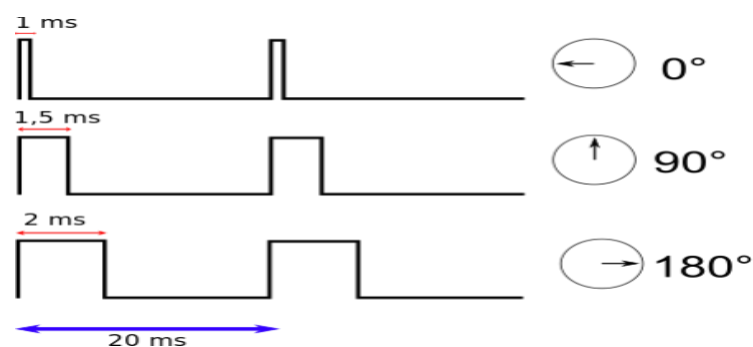


Figure II.9: Le pilotage d'un servomoteur par des impulsions PWM.

II.5. CAPTEURS

Avant de donner la définition d'un capteur, il est nécessaire de connaître quelques définitions de métrologie.

- ❖ Le mesurande : c'est l'objet de la mesure ou plus simplement la grandeur à mesurer.
- ❖ Le mesurage : c'est l'ensemble des opérations pour déterminer la valeur du mesurande.
- ❖ La mesure c'est le résultat d'un mesurage. Autrement dit c'est la valeur du mesurande.

II.5.1. Définition d'un capteur

Le capteur est un instrument qui permet de détecter l'information contenue dans un objet ou issue d'un phénomène. Ce dispositif est soumis à l'action d'une mesurande non électrique, et fournit un signal électrique à sa sortie figure (II.10). Il va assurer la mesure permanente des grandeurs réelles en question.



Figure II.10 : Principe de fonctionnement d'un capteur

Les capteurs typiquement installés sur un robot sont des capteurs ultrasonores, capteurs laser de proximité, des encodeurs de roues (odomètres), des caméras optiques et des microphones. Les types d'informations perçues ainsi que leur précision varient beaucoup d'un capteur à l'autre. Par exemple, un capteur laser de proximité permet de mieux percevoir les contours de l'environnement que les sonars puisque le capteur offre une meilleure résolution angulaire et une meilleure précision sur la distance. [22][23]

II.5.2. Classification des capteurs

La classification des capteurs est réalisée suivant les phénomènes qu'ils mesurent : force, énergie, distance, champ magnétique, etc. Par conséquent, la classification peut être élaborée suivant que les capteurs utilisent un phénomène physique générateur de tension ou de courant, on parle alors **de capteurs actifs**, ou qu'ils nécessitent une source d'alimentation pour pouvoir traduire la variation du phénomène en tension, ce sont alors **des capteurs passifs**. Ils peuvent se classer aussi selon le type d'information qu'ils délivrent soit analogique ou numérique.

En robotique mobile, on classe traditionnellement les capteurs en deux catégories selon qu'ils mesurent l'état du robot lui-même ou l'état de l'environnement dans lequel il évolue. Dans le premier cas, on parle de proprioception et donc **de capteurs proprioceptifs**. On trouve dans cette catégorie des capteurs de position, de vitesse des roues, ainsi que des capteurs de charge de la batterie.

Dans un second cas, les capteurs renseignant sur l'état de l'environnement, donc tout ce qui est extérieur au robot, sont appelés **capteurs extéroceptifs**. Il s'agit de capteurs donnant la distance du robot par rapport à un obstacle, la température, le contact du robot avec l'environnement, etc. La figure (II.11) illustre ces deux types de capteurs :

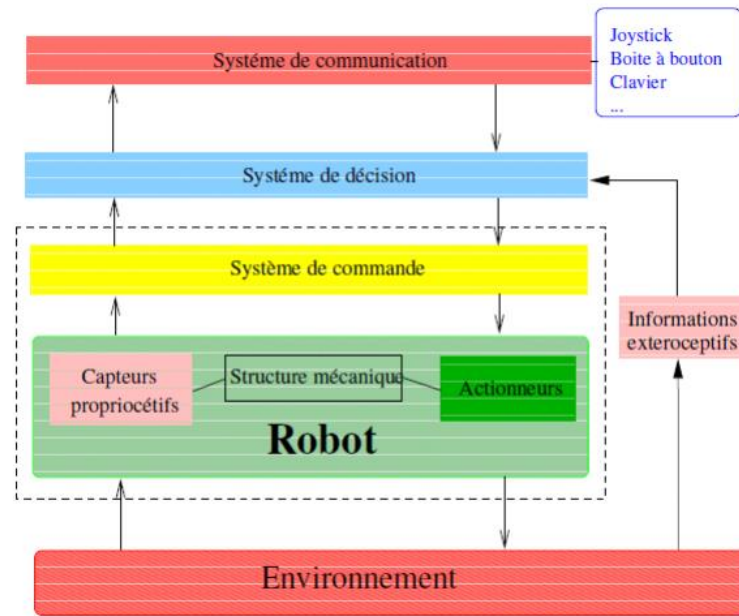


Figure II.11: Architecture d'un robot.

En basant sur le capteur ultrasonore :

II.5.3. Capteurs ultrasonores :

Les capteurs ultrasonores utilisent des vibrations sonores dont les fréquences ne sont pas audibles par l'oreille humaine. Les sons audibles par l'homme ont des fréquences comprises approximativement entre 20Hz et 20kHz. Les ultrasons, correspondent aux sons qui ont une fréquence supérieure à 20kHz (les sons ayant une fréquence inférieure à 20 kHz sont appelés infrasons.), les fréquences couramment utilisées dans ce type de technologie vont de 20 kHz à 200kHz. Les ultrasons émis se propagent dans l'air et sont réfléchis partiellement lorsqu'ils heurtent un corps solide la figure (II.12), en fonction de son impédance acoustique. La distance entre la source et la cible peut être déterminée en mesurant le temps que prennent les ondes ultrasonores pour faire un aller-retour entre le capteur et le corps distant.[22]

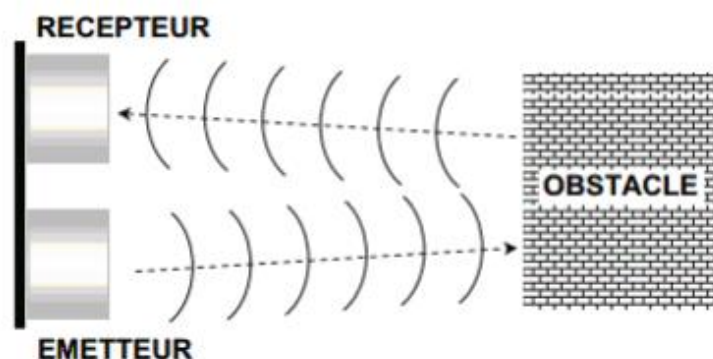


Figure II.12 : Principe de fonctionnement d'un capteur ultrasonore.

Deux caractéristiques principales sont à préciser. La première est la réflexion de l'onde sur un objet. La seconde découle du fonctionnement du capteur en émetteur-récepteur : c'est la zone aveugle ou morte.

Seuls les objets perpendiculaires à un rayon émis sont détectables. L'onde émise n'est pas très directive (typiquement entre 20 et 40 degrés de cône d'ouverture). Cela permet de détecter plus d'obstacles, mais on ne dispose alors plus d'information précise sur l'angle de mesure (voir les figures (II.13), (II.14) et (II.15)). On sait seulement que l'onde mesurée est réfléchie perpendiculairement à l'obstacle rencontré.

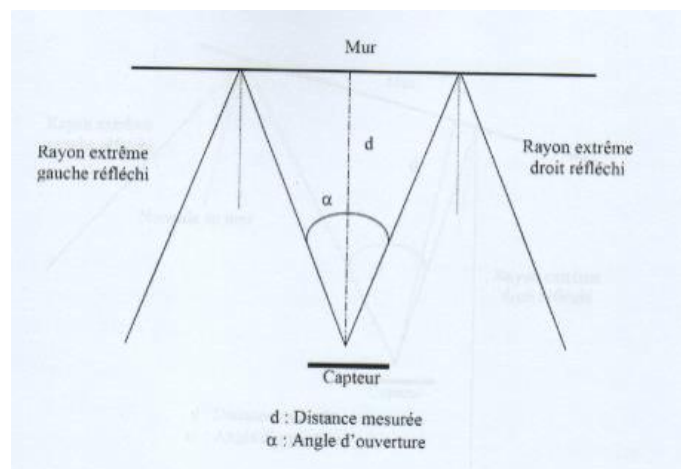


Figure II.13: Obstacle perpendiculaire à l'axe du capteur (L'obstacle dans ce cas sera détecté par le capteur).

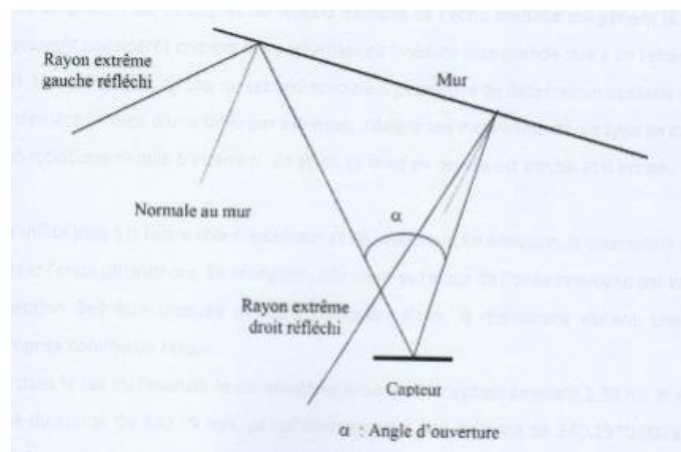


Figure II.14 : Obstacle en biais il ne sera pas détecté par le capteur.

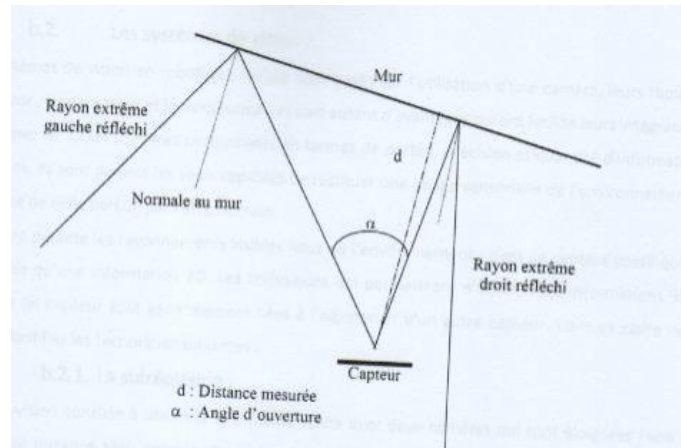


Figure II.15 : Obstacle en biais détecté par le capteur.

Ce capteur joue à la fois le rôle d'émetteur et de récepteur. En émission, la membrane du capteur vibre pour créer l'onde ultrasonore. En réception, elle vibre au retour de l'onde renvoyée par l'obstacle. Ainsi, la réception doit être bloquée pendant l'émission sinon, la membrane vibrant, une onde émise sera détectée comme une onde de retour.

II.5.4. Modules Bluetooth

Les modules Bluetooth sont des composants de liaison sans fil qui sont généralement attachés à une carte-mère pour permettre au dispositif de diffuser et se connecter via un signal Bluetooth. Un module Bluetooth peut être installé dans de nombreux périphériques différents et peut améliorer considérablement leurs fonctions de base. La technologie Bluetooth est répartie en "classes" qui sont 1, 2 ou 3. Le niveau de la classe détermine la gamme de l'appareil, la classe 1 étant la meilleure dans cette gamme pour la plage de fonctionnement. Il convient également de tenir compte du numéro de version lors du choix d'un module Bluetooth. Allant de 1 à 4+, les niveaux déterminent également les niveaux de fonctionnalité, tels que la portée et la consommation d'énergie, le nombre le plus haut de la plage représentant les dispositifs de meilleure qualité.

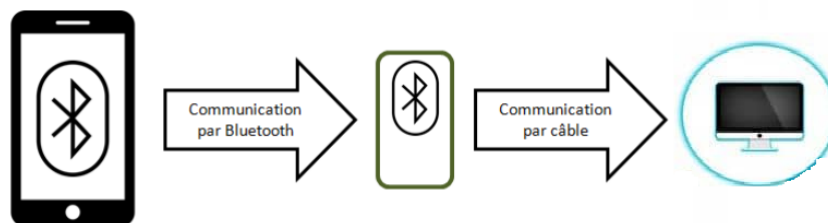


Figure II.16 : Communication par Bluetooth

II.6. LA CARTE ARDUINO

II.6.1. Qu'est ce que c'est ?

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne [24].

Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités de relations humain/machine ou environnement/machine. Arduino est un projet en source ouverte : la communauté importante d'utilisateurs et de concepteurs permet à chacun de trouver les réponses à ses questions.

II.6.2. 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 programmé 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.

II.6.3. Applications

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines, nous pouvons donner quelques exemples :

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

Avec Arduino, nous allons faire des systèmes électroniques tels qu'une bougie électronique, une calculatrice simplifiée, un synthétiseur, etc. Tous ces systèmes seront conçus avec pour base une carte Arduino et un panel assez large de composants électroniques.

II.6.4. Outils Arduino

A présent, rapprochons-nous de « l'utilisation » du système Arduino et voyons comment il se présente. Il est composé de deux choses principales, qui sont : **le matériel et le logiciel**. Ces deux outils réunis, il nous sera possible de faire n'importe quelle réalisation.

- ❖ **Le matériel** ; Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications.
- ❖ **Le logiciel** ; Le logiciel va nous permettre de programmer la carte Arduino. Il nous offre une multitude de fonctionnalités.

II.6.5. Les gammes de la carte Arduino

Il existe plusieurs de cartes Arduino :

- ❖ Arduino Uno
- ❖ Arduino Mega
- ❖ Arduino Nano
- ❖ LilyPad Arduino
- ❖ Arduino Leonardo
- ❖ Arduino DEU
- ❖ Arduino Intel Galileo. [24]

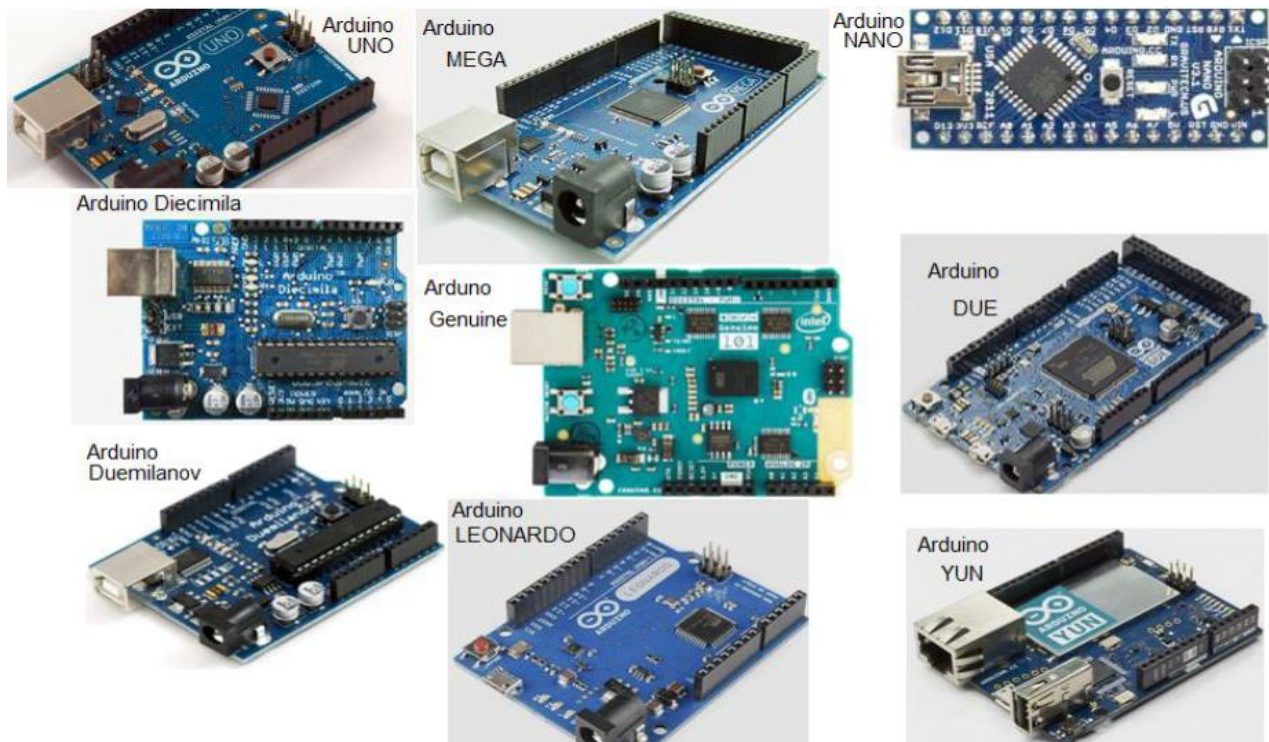


Figure II.17 : Les types des cartes Arduino

Le tableau ci-dessous montre les différentes caractéristiques des cartes Arduino.

Nom	Taille (L×l×h) mm	Micro - contrôleur	Mémoire flash	SRAM	EEPROM	E/S numérique (PWM)	Entrée analogique	Alimentation
LEONARDO	70×54×16	Atmega 32u4	32	2.5	1	70(7)	12	7-12
MEGA2560	107×53×15	Atmega2560	256	8	4	54(15)	16	7-12
MEGA ADK	102×54×16	Atmega 2560	256	8	4	54(12)	16	7-12
DUE	102×53×16	AT91SAM3X8E	512	96		14(6)	12	7-12
NANO	44×20×18	Atmega168/328	16/32	1/2	0.5/1	14(6)	9	7-12
MINI PRO	33×18×10	Atmega 168	16	1	0.5	14(6)	8	3,3/12
YUN	72×53×17	Atmega 32u4	32	2.5	1	20(7)	20	5
UNO	74×54×16	Atmega 328	32	2	1	14(6)	5	7-12

Tableau II.1: Les caractéristiques des cartes Arduino

II.6.5.1 Arduino Uno [25]

On va utiliser dans notre projet une carte Arduino uno, qui a base d'une carte microcontrôleur basé sur l'Atmega328. Il dispose de 14 broches numériques d'entrée / sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un résonateur céramique de 16 MHz, d'une connexion USB, une prise d'alimentation, d'une embase ICSP et d'un bouton de réinitialisation.

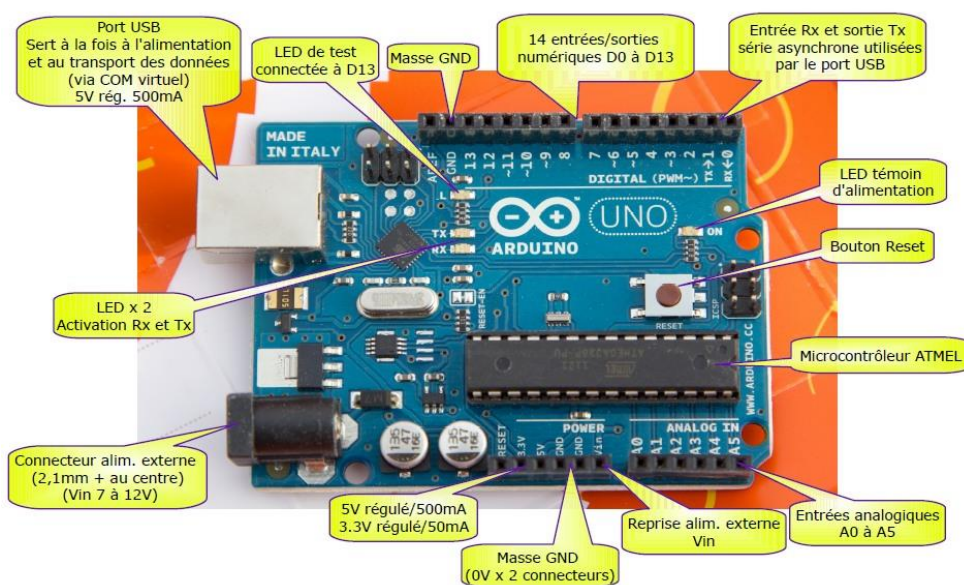


Figure II.18: Description de la carte Arduino Uno.

II.6.6. Caractéristiques de la carte 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 (ATTENTION/200Ma cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 Ma
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée -500 mA maxi si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	32 KB (Atmega328) dont 0.5 KB sont utilisées par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (Atmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (Atmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tableau II.2: Caractéristiques de la carte Arduino Uno

II.7. LES SHIELDS ARDUINO :

Une carte Arduino seule, même si vous disposez de quelques LED, résistances, boutons poussoir, etc. n'est pas d'une grande utilité et peut rester limitée à des fins d'apprentissage. Si vous voulez aller plus loin et piloter les moteurs de votre robot, vous devrez passer par une interface dédiée. Un des atouts majeurs de l'Arduino est qu'il existe justement une multitude de fabricants proposant des cartes d'interface, appelées *shields* dans la terminologie Arduino, capables de couvrir la plupart des besoins d'une application embarquée : capteurs, relais de puissance, commande de moteurs, Internet, affichage sur matrice LED ou écran LCD, communication Wifi...

Ces cartes d'extension, dont la taille est sensiblement celle de l'Arduino, sont conçues normalement pour s'enficher directement sur les connecteurs de celle-ci, vous évitant ainsi tout le travail de connexion par câble ou de soudure de composants. Elles sont en général accompagnées d'une bibliothèque logicielle vous permettant d'exploiter rapidement ses fonctionnalités.

Dans certains cas, vous pourrez même combiner les fonctionnalités de plusieurs *shields*, en les empilant les uns sur les autres.

Les différents shields officiels ou non parmi les plus populaires.

- LCD Shield
- Ethernet Shield
- Motor Shield
- GSM/GPRS Shield
- Googly Eye Shield
- Data logging Shield
- Proto Shield
- Relay Shield
- Digit Shield
- Bluetooth LE Shield
- 16 channel PWM/Servo Shield
- Mux Shield

Il existe différents type de shield suivant la commande de moteur. Dans notre projet nous avons utilisés le circuit intégré L293D. Ce circuit est un double demi-pont en H. Il permet de commander 4 moteurs DC en simultané. Le shield est utilisable pour des moteurs / alimentations aux tensions inférieur à 36Vdc et 600mA par voie.

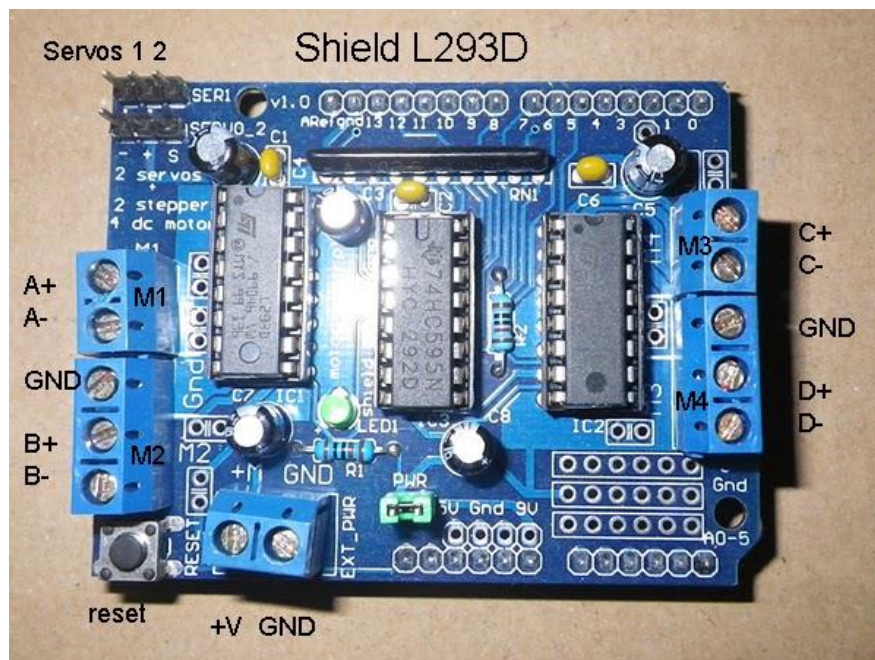


Figure II.19 : Moteur Shield L293D

Les Caractéristiques du Motor Shield L293D [26][27]

- ❖ Permet la commande de 4 moteurs DC ou 2 moteurs pas-à-pas ou 2 servo moteurs
- ❖ Jusque 4 moteurs DC dans les 2 sens avec une résolution individuelle de 8 bits (Soit environ 0,5%)
- ❖ Jusque 2 moteurs pas-à-pas (Unipolaire ou bipolaire), toutes technologies confondues
- ❖ 2 interfaces pour servo moteur 5V avec une sortie dédié haute résolution
- ❖ 4 pont en H: chaque pont peut délivrer 0,6A (1,2A en pic), possède une protection thermique et peut fonctionner de 4,5V à 36Vdc
- ❖ Des résistances de Pull Down maintiennent les moteurs à l'arrêt lors de la mise sous tension
- ❖ Un bouton de reset
- ❖ 2 entrées de puissances pour la partie alimentation moteur et pour la partie alimentation commande
- ❖ Testé avec Arduino Uno, Mega, Due

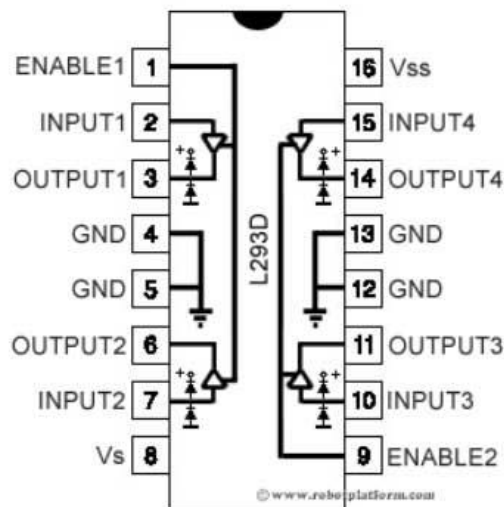


Figure II.20 : Circuit intégré L293D

II.8. ALIMENTATION DE LA CARTE:

Une **alimentation électrique** est un système fournissant de l'**électricité** à des appareils **électriques**. Ce système permet de garantir que l'**alimentation électrique** des appareils correspond bien à leurs besoins quels que soient les paramètres du réseau **électrique**. En trouve :

II.8.1. PILE (chimique ou électrique):

Dispositif électrochimique qui transforme l'énergie d'une réaction chimique en énergie électrique.



II.8.2. Alimentation stabilisée

Une alimentation stabilisée est un dispositif électronique, utilisant un éventuel redressement à l'aide de diodes suivi d'un filtrage capacitif, permettant le réglage de la tension. Ce type d'alimentation ne comporte pas de circuit de régulation, tout au plus un système d'abaissement actif de la tension.



Commençons par la tension d'alimentation, car sans elle, rien n'est possible. Il existe différentes possibilités. Quand nous travaillons avec l'Arduino ou que nous le programmons, il est indispensable d'établir une connexion USB avec l'ordinateur. Cette liaison assure deux fonctions:

- ❖ Transmettre l'indispensable tension d'alimentation de 5V.
- ❖ offrir un canal de communication entre l'ordinateur et la carte Arduino . Pour alimenter l'Arduino, il faut une alimentation dont la tension est comprise entre 7 et 12V ; 5V n'a pas le même rôle selon que le microcontrôleur qui équipe l'**Arduino** est alimenté en 5V ou en 3,3V.

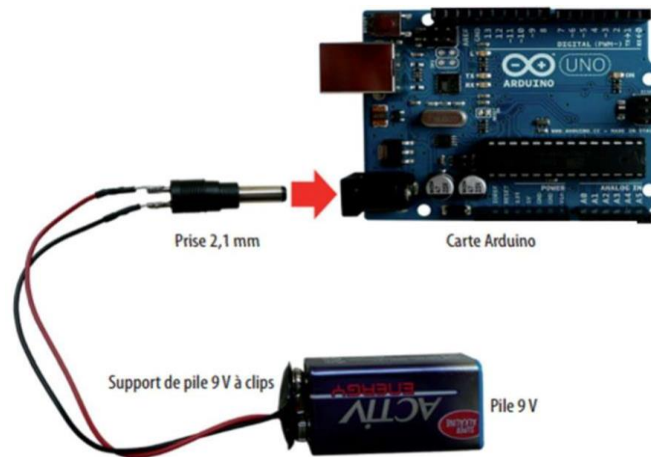


Figure II.21 : La carte Arduino Uno avec une alimentation électrique externe.

La caractéristique au niveau de l'alimentation fournie via V_{IN} ou le jack :

- Tension de fonctionnement : 5V
- Tension d'alimentation recommandée : 7-12V
- Tension d'alimentation limite : 6-20V

II.9. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents composants utilisés tel que (Arduino, L293B, Capteurs...etc.). Une étape est réservée pour l'étude de la partie mécanique tel que (moteur, Châssis du Robot...etc.). Les différentes parties de notre projet, on a compris le rôle de chaque composant dans la conception du robot.

Chapitre III

Réalisation du Robot et Résultats Expérimentales

III.1. INTRODUCTION :

Après avoir fait une étude théorique sur tous les matériels qui sera utilisé, on passe maintenant à la réalisation pratique. En pratique il y a plusieurs défis à relever. Il ne reste plus qu'à passer à la mise en œuvre pratique. Pour cela il nous faut tout d'abord établir une méthode à suivre pour la réalisation matérielle et logicielle, par la suite nous procéderons aux tests ainsi qu'à leurs interprétation.

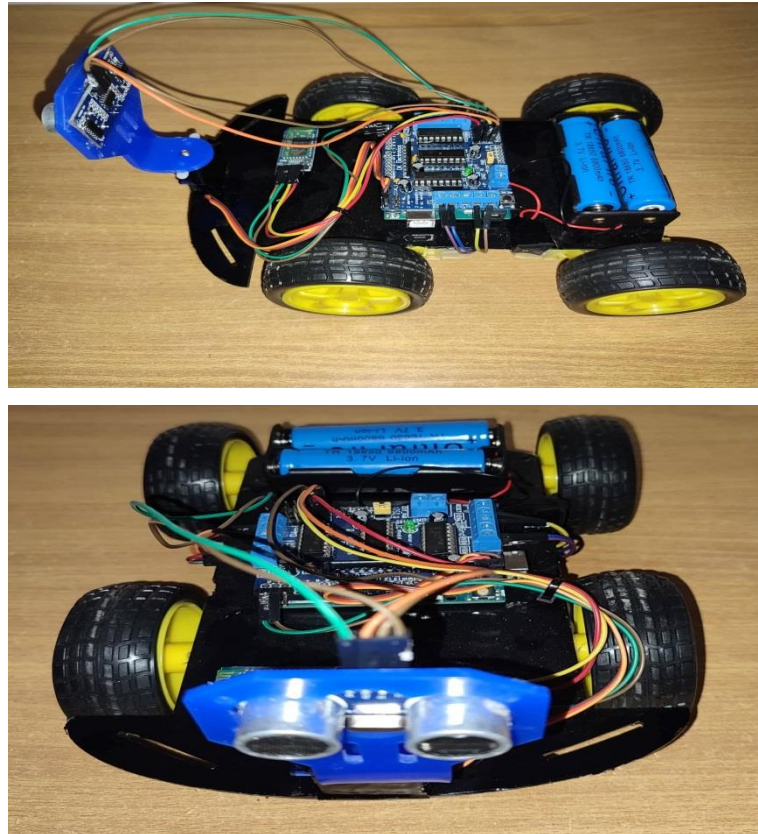


Figure III.1 : Photo du projet réalisé

III.2. COTE HARDWARE:

III.2.1. Le matérielle utilisée :

- Moteur DC
- Roues (4 roues)
- Châssis pour voiture robot Arduino
- Servo Moteur.
- La carte Arduino uno
- L293D moteur driver.
- Capteur Ultrasonique HC-SR04.
- Module Bluetooth HC-05.
- Support de batterie Li-ion

- Batterie Li-ion x 2
- Interrupteur Miniature à Bascule.

III.2.2.-Moteur a courant-continu (cc)

Nous obtenons le mouvement mécanique du robot grâce aux moteurs à courant continu connectés à quatre roues motrices. Ce type de moteur est utilisé en robotique et on le retrouve également dans les jouets électriques pour enfants, (Figure III.2).Les caractéristiques du moteur comme suite :



Figure III.2:Moteur à courant continu

Désignation	Paramètres
Tension de fonctionnement	6 V
Courant à vide	70mA (max)
Vitesse à vide	9000 tr/min
Taille du moteur	70x22x18mm
Poids	30 g

Tableau III.1. Les caractéristiques du moteur

III.2.3. Les Roues :

Pour notre travail de réalisation, notre choix c'est orienté vers les roues fixe en respectant l'aspect technologique, du fait que, les roues sont plus facile à contrôler, elles dissipent moins d'énergie, également, elle permet au véhicule de se déplacer plus rapidement.

Pour donner plus d'équilibre à notre robot mobile on utilise quatre roues motrices ; Pour les mettre en mouvement on aura besoin d'un système de rotation, autrement dit, on a besoin d'un moteur pour entrainer chaque roue motrice.

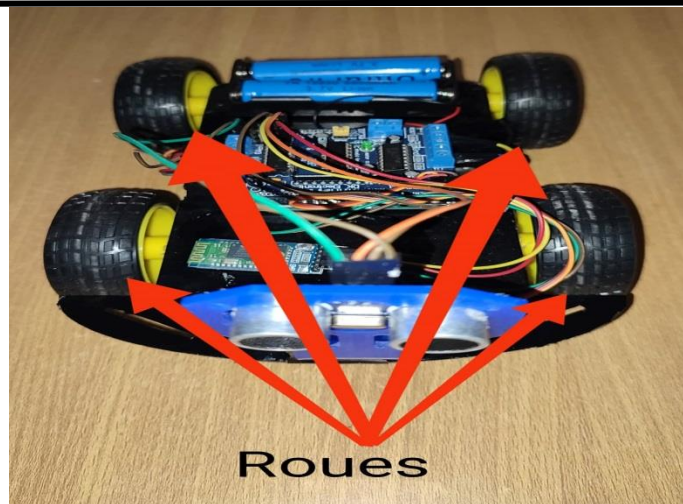


Figure III.3. Les Roues du robot mobile

Caractéristique

Diamètre extérieur : 65 mm

Largeur de la roue : 26 mm

Moyeu : 6 mm

Matériau du corps : plastique

Matériau du corps : plastique

Couleur : noir (pneu), jaune (jante)

III.2.4. Le châssis (La plate-forme):

C'est la partie principale du corps et de la structure du robot, portable sur quatre roues motrices Figure (III.4). La plate-forme est conçue pour transporter tous les autres composants du robot, tels que les articles électroniques, alimentation, etc. Elle doit être adaptée pour accueillir toutes les composants nécessaires au robot en termes de taille et de poids, ainsi que pour être adaptée aux vibrations et aux chocs auxquels il est exposé dans son environnement de travail.

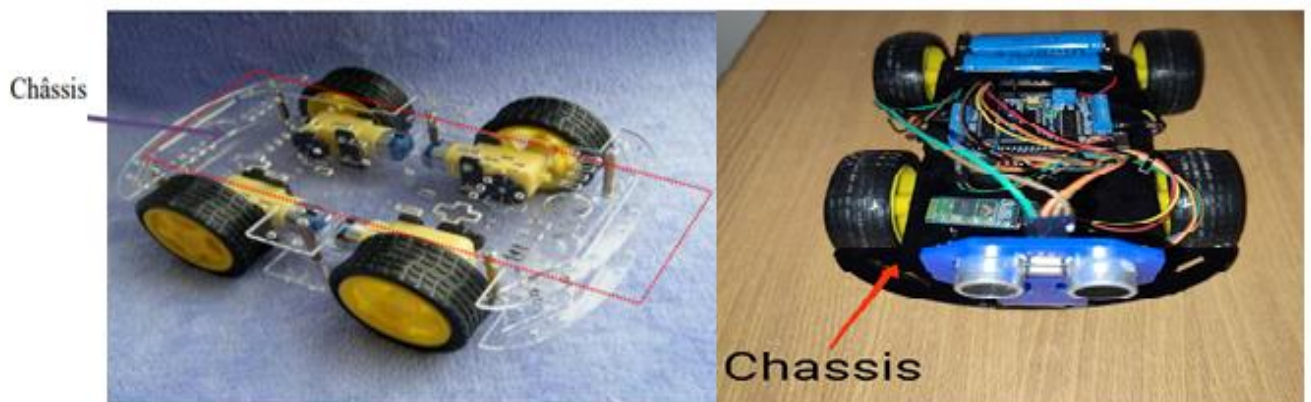


Figure III.4 : La plate-forme du robot à entraînement différentiel

III.2.5. Servomoteur :

Le servomoteur a besoin de trois fils de connexion pour fonctionner. Deux fils servent à son alimentation, le dernier étant celui qui reçoit le signal de commande :

Rouge: Pour l'alimentation positive (4.5V à 6V en général).

Noir ou **marron:** Pour la masse (0V).

Orange, jaune, blanc, ...: entrée du signal de commande.



Figure III.5 : Modèle d'un servomoteur.

Pour faire bouger l'axe de sortie il faut lui envoyer une impulsion. C'est la largeur de cette impulsion qui détermine l'angle de rotation de l'axe de sortie. Dans notre cas, nous utilisons les servomoteurs pour diriger le robot dans les deux sens gauche et droite figure (III.6).

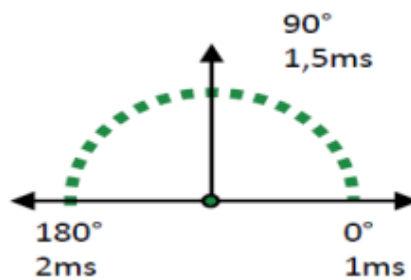


Figure III.6 : Les angles de rotation d'un servomoteur.

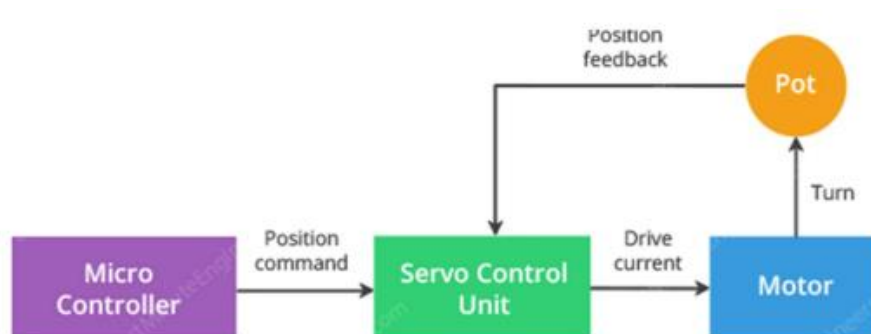


Figure III.7: Système en boucle fermée servomoteur

III.2.6. Capteur Ultrasons:

Le capteur que nous utiliserons dans notre travail est le capteur à ultrasons dont nous avons parlé dans le deuxième chapitre et nous l'expliquerons plus dans ce chapitre, où nous utiliserons le capteur HC-SR04 qui est plus courant dans le domaine de l'éducation et de la recherche.

III.2.6.1. Le principe de fonctionnement général:

Avant d'expliquer le principe de fonctionnement, il faut savoir que l'ultrason est une onde sonore haute fréquence (plus 20 KHz) dont la fréquence dépasse la plage audible de l'audition humaine (Figure III.8).

Les capteurs à ultrasons fonctionnent en envoyant l'impulsion sonore hors de portée de l'audition humaine. Cette impulsion est transmise sous forme conique à la vitesse du son (340 m/s). Cette impulsion est réfléchiée lorsqu'elle entre en collision avec un objet et retourne au récepteur dans le capteur. Le capteur interprète cela comme un écho et calcule l'intervalle de temps entre la transmission du signal et la réception de l'écho. Cet intervalle est ensuite calculé par le contrôleur pour déterminer la distance de l'objet. En relation simple [28][29]:

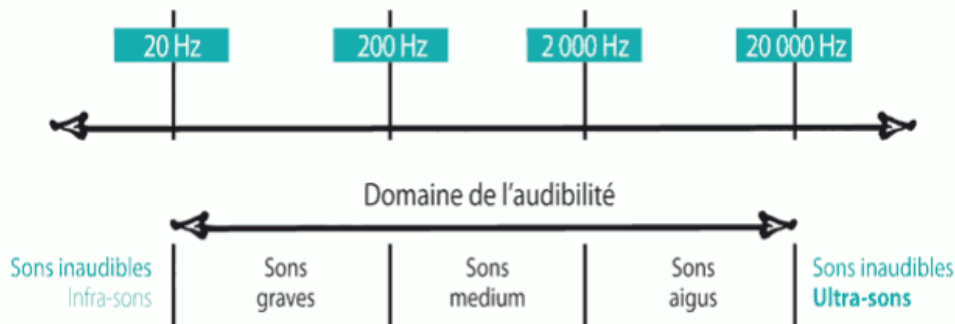


Figure III.8 : Fréquence des ultrasons et humaine [30]

III.2.6.2. Le capteur HC-SR04:

Le capteur de distance à ultrasons HC-SR04 se compose essentiellement de deux transducteurs à ultrasons (émetteur et récepteur). L'émetteur agit comme un émetteur qui convertit le signal électrique en impulsions ultrasonores à 40 kHz. Le récepteur écoute les impulsions transmises. S'il est reçu, il produit une impulsion de sortie qui peut être utilisée dans sa largeur pour déterminer la distance parcourue par l'impulsion [31][32].



Figure III.9: Capteur ultrasons de type HC-SR04.

III.2.6.3. Caractéristiques et spécifications :

Le HC-SR04 présente les Caractéristiques et spécifications suivantes :

Dimensions : 45 mm x 20 mm x 15 mm.

Portée : de 2 cm à 4 m.

Résolution de la mesure : 0.3 cm.

Angle de mesure efficace : 15 °.

Largeur d'impulsion sur l'entrée de déclenchement : 10 μ s.

III.2.6.4. Broches de connexion :

Vcc : Alimentation + 5 V DC.

Trig : Entrée de déclenchement de la mesure (Trigger input).

Echo : Sortie de mesure donnée en écho (Echo output).

GND : Masse de l'alimentation.

III.2.6.5. Spécifications et limites :

Paramètre	Min	Type	Max	Unité
Tension d'alimentation	4.5	5.0	5.5	V
Courant de repos	1.5	2.0	2.5	mA
Courant de fonctionnement	10	15	20	MA
Fréquence des ultrasons	-	40	-	KHz

Tableau III.2: Spécifications et limites du HC-SR04.

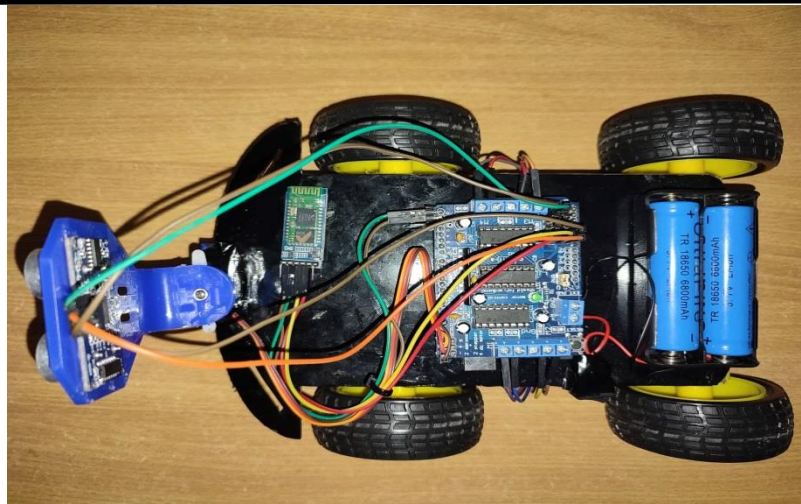


Figure III.10 : Branchement du capteur à ultrason.

III.2.7. La carte Arduino

On va utiliser dans notre projet une carte Arduino Uno, qui est à base d'une carte microcontrôleur basé sur l'Atmega328. Il dispose de 14 broches numériques d'entrée / sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un résonateur céramique de 16 MHz, d'une connexion USB, une prise d'alimentation, d'une embase ICSP et d'un bouton de réinitialisation.

Il contient tout le nécessaire pour supporter le microcontrôleur; connectez-le simplement à un ordinateur avec un câble USB ou alimentez-le avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer [33].

"Uno" signifie un en italien et a été choisi pour marquer la sortie du logiciel Arduino

ATmega328 contient 32 Ko et possède 2 Ko de SRAM et 1 Ko d'EEPROM

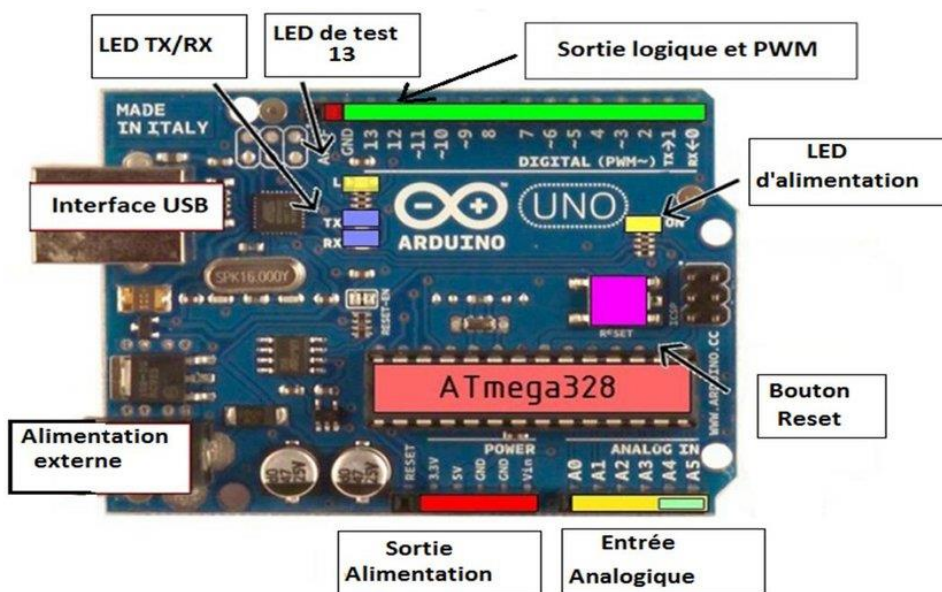


Figure III.11: Description de la carte Arduino Uno.

III.2.7. Alimentation de la carte Arduino

La carte Arduino Uno peut être alimentée via une connexion USB, en utilisant une source d'alimentation externe, ou via un adaptateur AC-DC ou une batterie. L'adaptateur peut être connecté dans la prise d'alimentation de la carte. Les câbles de batterie peuvent être insérés dans les têtes GND et Vin du générateur. La carte peut fonctionner sur une source externe de 6 à 20 volts. Cependant, si elle est fournie avec moins. Si vous utilisez plus de 12 volts, le régulateur de tension peut chauffer et endommager la plaque. La plage recommandée est de 7 à 12 volts. Les bornes d'alimentation sont les suivantes:

- **Vin** : Tension d'entrée sur la carte Arduino lors de l'utilisation d'une source d'alimentation externe. Nous pouvons fournir la tension de la carte à travers cette broche et c'est lors de l'utilisation d'un générateur.
- **5V** : Cette borne (Output) émet une tension de 5V à partir du régulateur de tension sur la plaque.
- **3.3V** : Cette borne (Output) émet une tension de 3.3V à partir du régulateur de tension sur la plaque.
- **GND** : Est une borne de masse commune.

III.2.8. Le module Arduino Bluetooth

Le Module Microcontrôleur Arduino Bluetooth est la plateforme populaire Arduino avec une connexion série Bluetooth à la place d'une connexion USB, très faible consommation d'énergie, très faible portée (sur un rayon de l'ordre d'une dizaine de mètres), faible débit, très bon marché et peu encombrant.

Il existe deux modules de Bluetooth le HC05 et HC06. Ils permettent simplement de disposer d'une liaison Bluetooth sur un projet.

Notre choix s'est porté sur le module HC-05. Il possède 6 pins, ce qui permet de l'alimenter soit en 5V soit en 3.3v. Il est également possible de désactiver/activer le module ou d'obtenir son état (visible ou non) depuis 2 broches supplémentaires. Cependant, il ne supporte que la transmission sur 3,3V, ce qui nous obligera à mettre un pont diviseur entre la broche de réception du module et la broche de transmission de l'Arduino. [34]

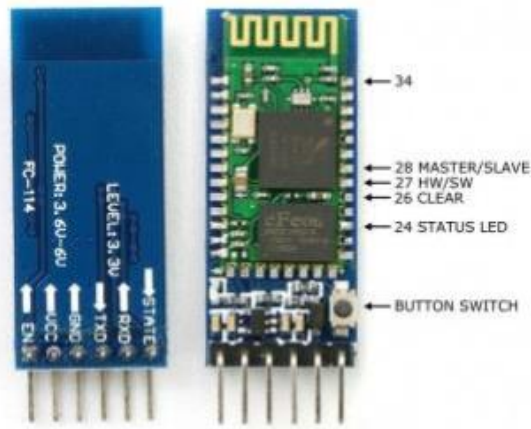


Figure II.12: Module Bluetooth HC05

III.2.8.1. Branchement

Pour notre Arduino Mega on doit brancher le module avec +5v au +5v de l'Arduino, le GND à la masse de l'Arduino, le Rx du module au pin Tx1 (ou Tx2 ou Tx3...) de l'Arduino et enfin le Tx du module au pin Rx1 (ou Rx2 ou Rx3...) de l'Arduino

Il y a 6 pattes dont 4 uniquement sont utilisées couramment. Dans l'ordre:

- KEY : non utilisé (sauf configuration du HC05).
- VCC : alimentation en 5V de l'Arduino.
- GND : à relier au GND de l'Arduino.
- TXD : à relier au RX de l'Arduino (Le signal émis vers Arduino est de 0 ou 3.3V mais cela suffit).
- RXD : à relier au TX du Arduino, mais par le biais d'un diviseur de tension. En effet, la tension d'entrée acceptée est de 0 ou de 3.3V, alors que le TX de l'Arduino émet du 0 ou du 5V
- STATE : non utilisé.

Pour le diviseur de tensions, on pourra utiliser deux résistances :

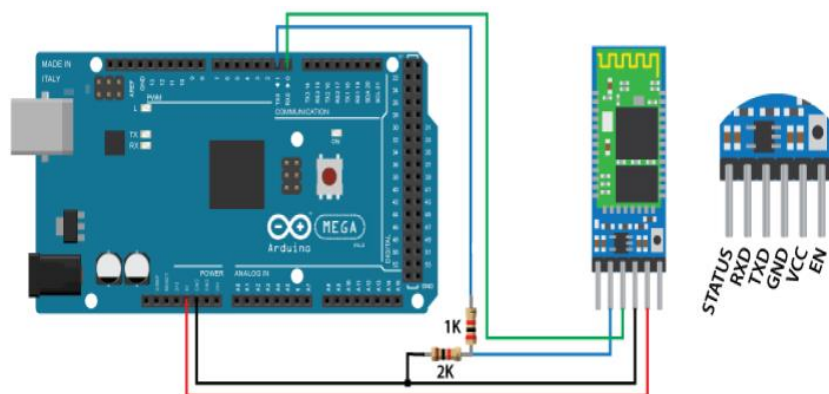


Figure III.13 : Branchement du module HC05 avec Arduino. Bluetooth

III.2.9. Contrôleur de moteurs L293D pour Arduino [35]

III.2.9.1. Circuit L293D

L293D est un circuit intégré permet de contrôler la vitesse et le sens de rotation de moteurs à courant continu (DC) dont l'alimentation peut atteindre 36 Volts. Il pilote 4 canaux de haute tension, haute intensité (0.6A par canal).

Le L293 et L293D sont des pilotes demi-H sont conçus pour conduire un large éventail de charges inductives tel que des relais, des solénoïdes, DC et moteurs pas à pas bipolaires, ainsi que d'autres charges à haute intensité et à haute tension. Toutes les entrées sont compatibles sortie est un circuit d'entraînement totem complète, avec un transistor Darlington évier et une source pseudo-Darlington. Les pilotes sont activés par paires, avec des pilotes 1 et 2 activées par 1,2EN et 3 et 4 activés par 3,4EN. Quand une entrée de validation est Haute, les pilotes associés sont activés, et leurs sorties sont actives et l'entrée de validation est basse, ces pilotes sont désactivés, et leurs sorties sont éteints et dans l'état de haute impédance. Avec les entrées appropriées de données, chaque paire de conducteurs forme un pont en H d'électrovannes ou moteurs. Sur le L293, des diodes de blocage externes à grande vitesse doivent être utilisés pour la suppression des décharges transitoires inductive. Sur le L293D, ces diodes sont intégrées pour réduire la complexité du système et la taille globale du système. Un terminal de VCC minimiser la dissipation de puissance périphérique. Le L293 et L293D sont caractérisées pour le fonctionnement de 0 °C à 70 °C.

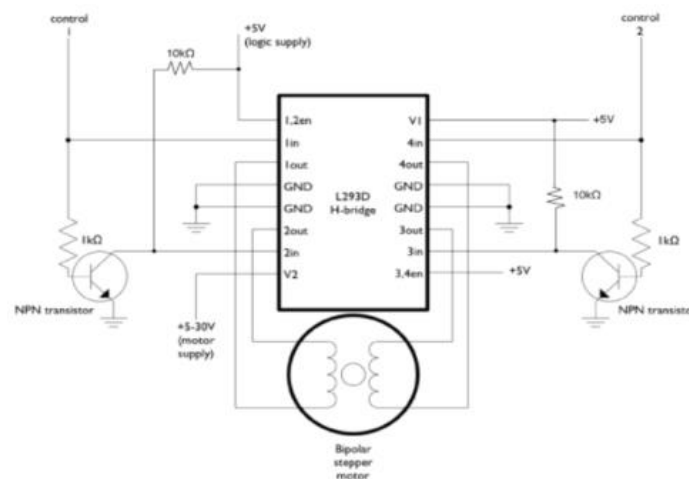


Figure III.14 : Commande moteur par le circuit L293D [35]

Ce shield board contient deux conducteurs de moteur L293D et un registre à décalage 74HC595N de 8 bits. Ce circuit intégré vous permet d'alimenter les bits en série, mais il les présente ensuite comme des sorties parallèles. Contrôlé par quatre entrées numériques, il vous

permet de contrôler huit entrées des commandes de moteur "deux L293D" (donc quatre moteurs) à l'aide de quatre broches de l'Arduino.

L'activation de sortie du L293D est directement connectée aux sorties PWM de l'Arduino, et les moteurs CC/Pas à pas ne sont pas connectés directement à l'Arduino (sauf le servomoteur). Ils sont connectés au loquet 74HC595N dont parle à l'Arduino.

Vous ne pouvez pas parler directement aux moteurs, vous devez utiliser la bibliothèque de boucliers de moteurs (la bibliothèque AFMotor).

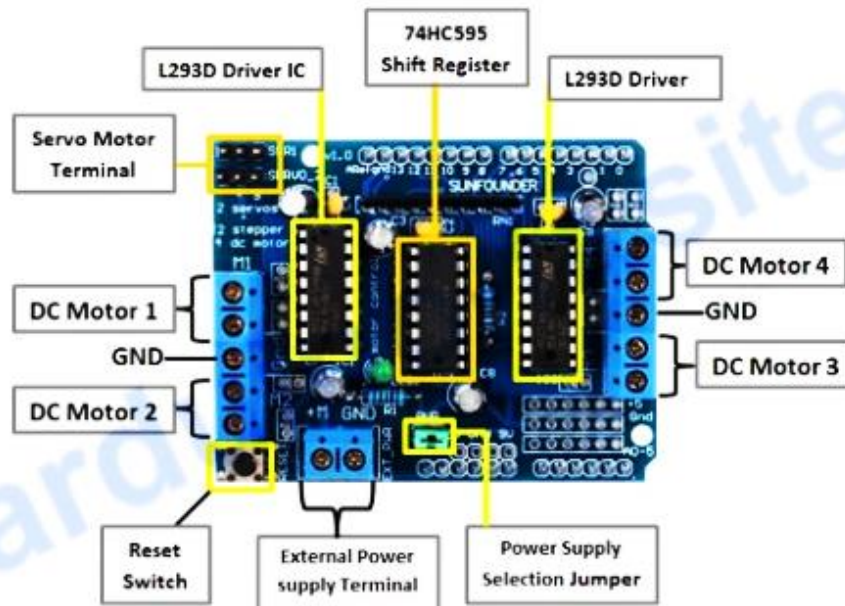


Figure III.15 : Fonctionnement de l'Arduino motor shield L293D (datasheet)

74HC595N : Le 74HC595N est un simple circuit intégré de registre à décalage à 8 bits. En termes simples, ce registre à décalage est un dispositif qui permet d'ajouter des entrées ou des sorties supplémentaires à un microcontrôleur en convertissant des données entre des formats parallèle et série.

L'arduino que nous avons choisi est capable de communiquer avec le 74HC595N à l'aide d'informations série puis de collecter ou d'envoyer des informations dans un format parallèle (multibroches). Elle prend essentiellement 8 bits de l'entrée série et les envoie ensuite à 8 broches.

Ce petit circuit intégré contient un registre à décalage série-entrée parallèle à 8 bits qui alimente un registre de stockage de type D à 8 bits avec des sorties parallèles à 3 états.

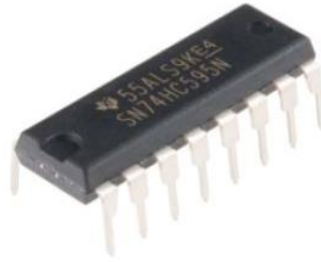


Figure III.16 : SN74HC595N

III.2.9.2. Les caractéristiques et fonctionnalités d'un L293D shield board :

- Nécessite la bibliothèque AFMotor.h (télécharger la bibliothèque);
- Possibilité de connecter 2 servomoteurs sur 5 volts;
- Possibilité de connecter 2 moteurs pas à pas de 6 à 12 volts;
- Connexion de jusqu'à 4 moteurs avec sens de rotation réversible;
- Broches pour connecter l'alimentation externe des moteurs;
- Motor Shield pour Arduino compatible avec les cartes Uno et Mega.

III.2.9.3. Fonctionnement du shield L293D Arduino (datasheet)

Ce shield s'enfiche directement sur une carte Arduino UNO.

Il permet de piloter en même temps grâce à quatre ponts en H :

- 4 moteurs à courant continu ou 2 moteurs pas à pas.
- 2 servomoteurs standards servomoteurs depuis la carte Uno

Pour l'alimentation électrique des moteurs, il existe deux possibilités, soit en passant par l'alimentation de la carte Arduino ou soit par une alimentation séparée [36]



Figure III.17 : Comment connecter les moteurs à courant continu à L293D

III.2.10. Télécommander notre robot mobile :

Pour la communication avec le robot, il existe deux manières : soit filaire ou sans fil, mais il est judicieux de choisir la sans-fil par rapport à la distance qui s'augmente et afin d'éviter le placement et l'encombrement des fils.

La communication sans fil entre l'opérateur et le robot se fait par liaison radio fréquence, Il existe plusieurs systèmes qui fonctionnent par cette liaison, Bluetooth, wifi et xbee, sont désormais des technologies courantes. Afin de commander notre robot à distance on a besoin d'utiliser une de ces technologies.

Pour notre travail, la commande sur le terrain réel sera sans fils, nous avons choisi d'utiliser le Bluetooth, et cela, en insérons le module HC-05 arduino dans notre robot.

Une application android « Bluetooth Rc Controller » doit être installée sur notre mobile, qui sera automatiquement connecté via Bluetooth avec notre robot mobile dont on pourra télécommander.

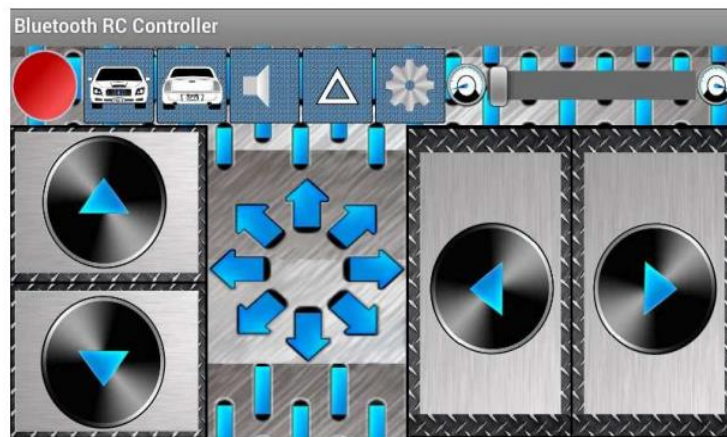


Figure III.18 : L'application Android Bluetooth Rc Controller

III.2.11. Batterie

L'alimentation des composants est garantie par deux piles de 3.7V Figure (III.19) d'ampérage 6800 milliampère (mAh), embarquées sur notre robot mobile.



Figure III.19 : Support et piles Li-ion

III.3. COTE SOFTWARE:

L'environnement de programmation Arduino (IDE en anglais) est une application gratuite et open source, développée en Java elle était inspirée du langage en traitement, et dont la simplicité d'utilisation L'IDE permet d'écrire et de modifier un programme et le convertir en une série d'instructions compréhensibles pour la carte, permettant de commander plusieurs instruments par des simples codes.

Le logiciel est disposé par un ensemble des bibliothèques utilisable. Après la compilation du programme, l'utilisateur peut charger le code sur la carte Arduino pour l'exécuter qui vont être transmises à la mémoire de la carte arduino par un câble qui relie l'ordinateur avec la carte pour la suite de façon autonome. [37]

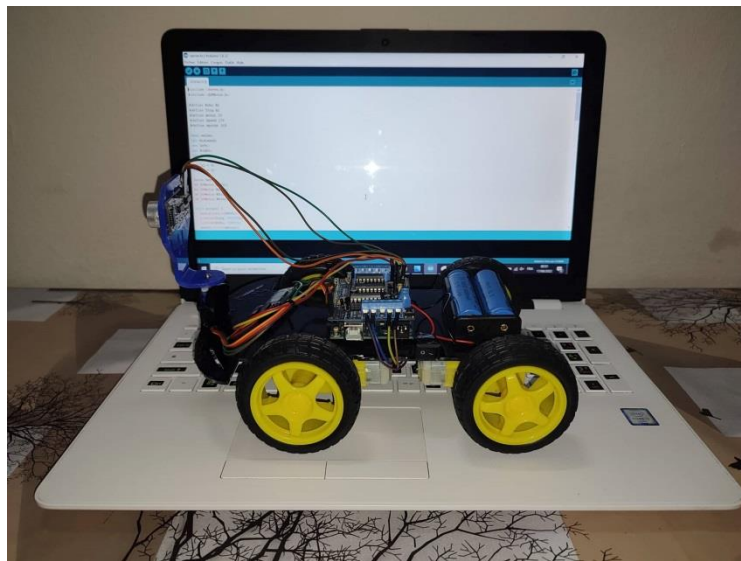


Figure III.20 : Photo du robot réalisé et programmation sur IDE

Pour programmer l'Arduino, on doit la brancher à un ordinateur via un câble USB (fiche A vers B), puis sur l'ordinateur on a besoin d'installer l'environnement de développement Arduino IDE (Integrate Development Environment) [38][39] qui va nous permettre de programmer la carte Arduino.

III.3.1. Structure générale du programme

L'environnement IDE contient principalement deux parties de base: l'éditeur et le compilateur où l'ancien est utilisé pour écrire le code requis et plus tard est utilisé pour compiler et télécharger le code dans le module Arduino donné. La structure générale du programme (IDE Arduino) est donnée à la figure (III.21)

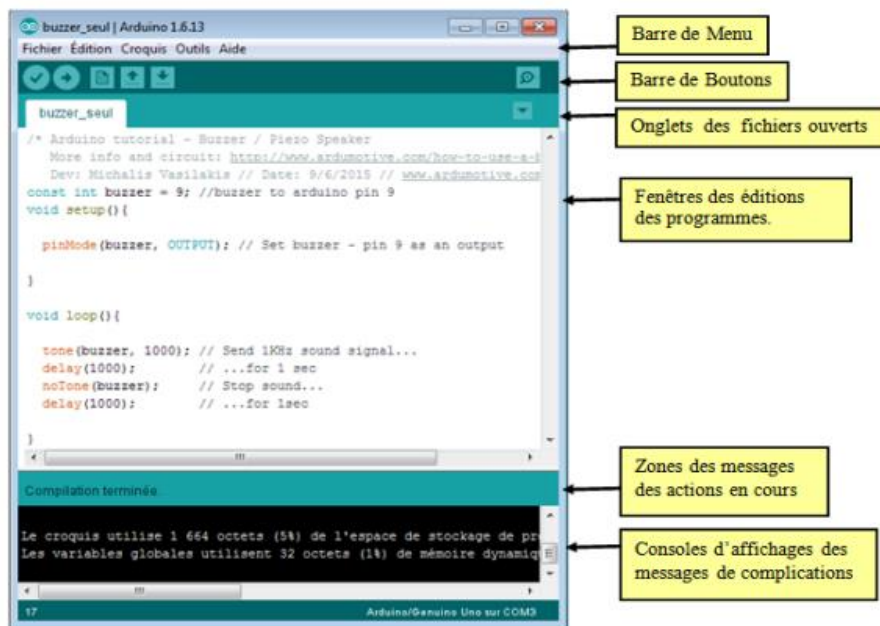


Figure III.21 : Interface IDE Arduino [39].

III.4. La réalisation et la programmation :

III.4.1. La réalisation :

Après avoir fourni les outils et éléments électroniques pour créer un robot mobile pour éviter les obstacles, nous avons préparé la plate-forme mobile pour qu'elle soit adaptée à tous ses équipements, puis nous avons relié les composants électroniques entre eux figure (III.22).

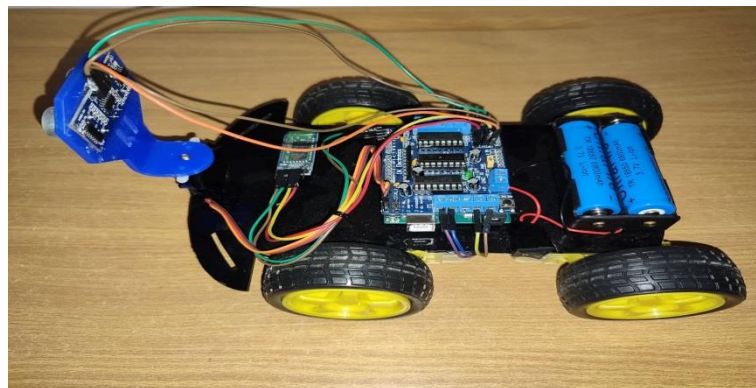


Figure III.22 : Schéma générale de robot réalisé

Les broches que nous avons connectées du capteur ultrasons HC-SR04 aux L293D, sont comme suite :

- La broche **Vcc** de capteur ultrasons HC-SR04 avec la broche **5V** de L293D.
- La broche **GND** de capteur ultrasons HC-SR04 avec la broche **GND** de L293D.
- La broche **Echo** de capteur ultrasons HC-SR04 avec la broche **A0** de L293D.
- La broche **Trig** de capteur ultrasons HC-SR04 avec la broche **A1** de L293D.

Les broches que nous avons connectées du Module Bluetooth HC05 aux L293D, sont comme suite :

La broche **5V** de Module Bluetooth HC05 avec la broche **5V** de L293D.

La broche **GND** de Module Bluetooth HC05 avec la broche **GND** de L293D.

La broche **TX** de Module Bluetooth HC05 avec la broche **0** de L293D.

La broche **RX** de Module Bluetooth HC05 avec la broche **1** de L293D.

III.4.2. Principe de fonctionnement

Le robot peut fonctionner soit par une commande à distance en utilisant une application android soit en mode autonome.

- **Commande à distance** : Dans cette partie les commandes sont données à travers une application android connectée via un module Bluetooth lié à l'Arduino. L'organigramme suivant présente comment circule le robot à distance.

En utilisant l'application Android via Bluetooth, car l'application envoie des valeurs que l'Arduino convertit en actions (les valeurs : entrée et action : sortie), qui est comme suit :

si value = F le robot marche avant et si value =B le robot marche arriéré et si value = L le robot tourne à gauche et si value =R le robot tourne à droite et si value =S le robot stop,...

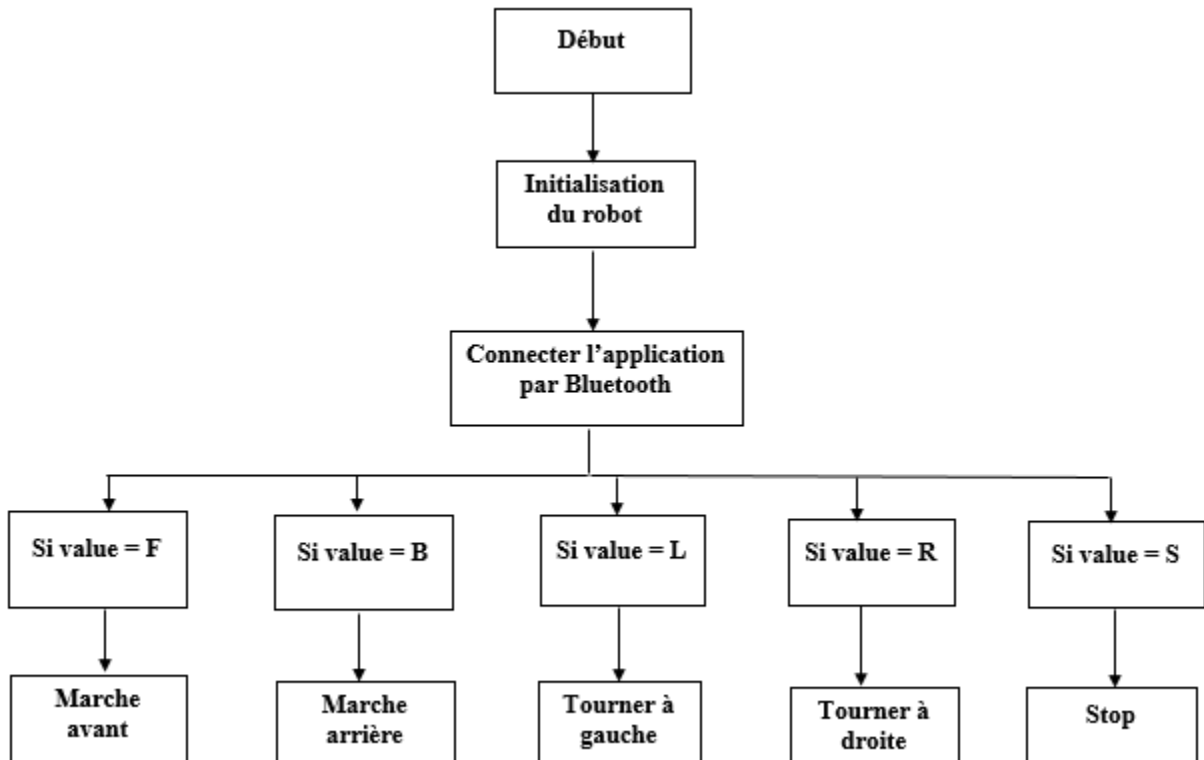


Figure III.23 : Organigramme de commande du robot mobile par Bluetooth

• **Mode autonome** : Le déplacement du véhicule est autonome et programmé de telle manière à prendre ses décisions seules, à partir des valeurs émis par le capteur à ultrason lié au servomoteur durant son déplacement, l'Arduino décide, suivant la distance détectée par le capteur, dans quel sens le robot doit-il se déplacer (gauche et droite).

Si la distance ≤ 30 cm le robot fait un stop et la prochaine étape est tourne le servomoteur à gauche il calcul la distance et tourne le servomoteur à droite et calculer la distance. Maintenant si la distance à gauche $<$ a la distance de la droite le robot tourne à droite et commence à marche avant. Si la distance à gauche $>$ a la distance de la droite le robot tourne à gauche et commence à marche avant.

L'organigramme suivant donne le fonctionnement de robot autonome.

La sélection des deux modes (autonome et commande à distance) est indépendante.

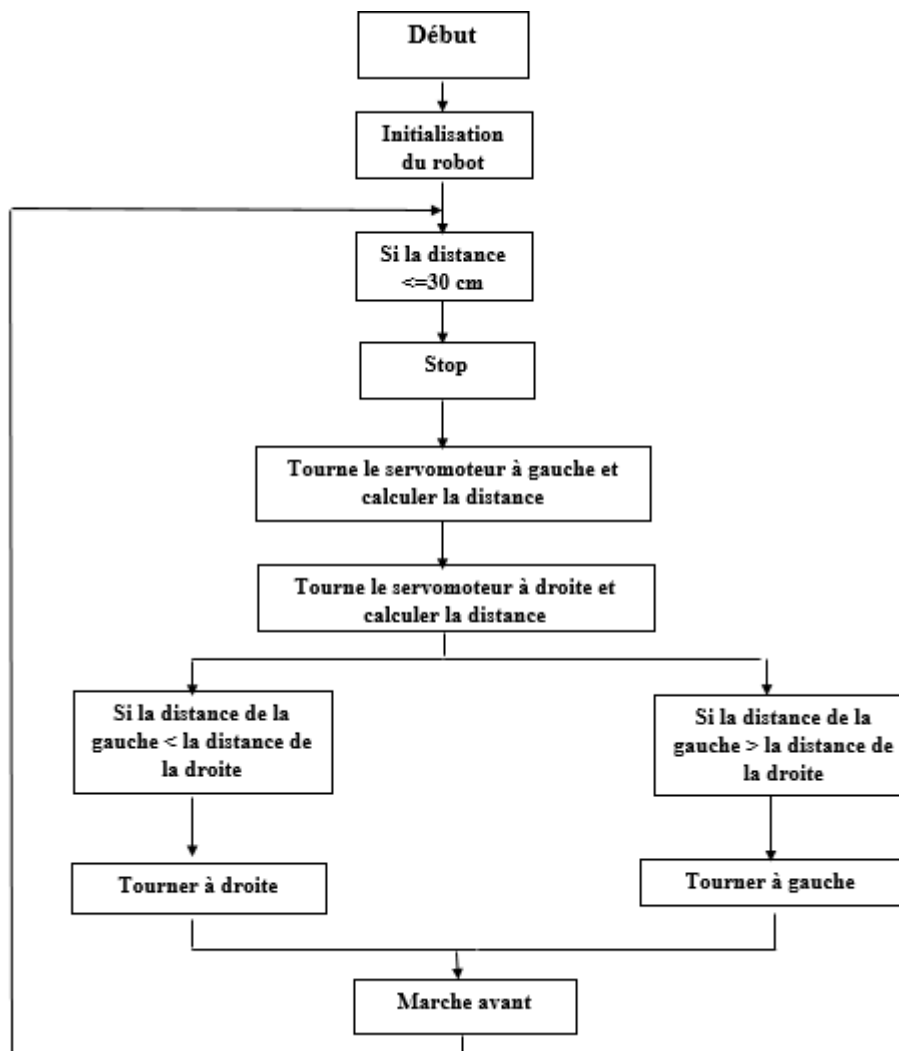


Figure III.24 : Organigramme de détection d'obstacle

III.5. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons procédé à la réalisation pratique d'un robot mobile en deux modes (autonome et commande à distance). Cette partie est la mise en relief des différents composants garantissant la réalisation de ce robot mobile de type voiture. Ce dernier se base sur une carte Arduino Uno, ainsi de quatre moteurs commandés par un driver (le Shield moteur Arduino) qui se base sur un module L293D. La perception quant à elle est assurée par un capteur ultrasonique (HC-SR04) qui permet de mesurer la distance avec les obstacles, celui-ci est fixé sur un servomoteur dont le rôle consiste à faire un balayage du champ de perception sans que le robot ne soit obligé de tourner sur lui-même.

Notre robot répond aussi à une commande à distance ou un contrôle manuel est désiré, alors nous avons conçu à cet effet une commande via Wifi basée sur le module HC-05 permettant la transmission de données par une télécommande et enfin nous avons vu une partie logiciels et programmation et comment programmé et chargé le programme dans l'Arduino. En fin de parcours, nous avons réussi à effectuer les tests nécessaires et valider le bon fonctionnement de notre réalisation.

À travers ce modeste travail, nous avons eu l'opportunité d'aborder plusieurs domaines qui constituent notre système pour la réalisation de notre projet à savoir, l'électronique programmé et électronique câblé ainsi que l'utilisation du l'automatique (autonome) et surtout mis en pratique les connaissances acquises à travers notre formation et pu découvrir et explorés un domaine très intéressant dans le monde de l'industrie.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons donc pu réaliser l'objectif de notre projet qui est la réalisation d'un robot mobile type voiture avec évitement d'obstacles en utilisant des capteurs de distance (ultrason) sur une carte électronique Arduino. Le robot réalisé se déplace par des roues et chaque roue occupant du mouvement est contrôlée par un moteur CC (courant continu). Nous avons essayés de parler des différents composants utilisés pour construire ce robot pour mieux comprendre son fonctionnement et pouvoir ensuite générer les signaux de commandes qui seront envoyés à partir de la carte électronique.

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, on a pu atteindre notre but et satisfaire le cahier de charge, nous souhaitons que ce modeste travail servira d'avantage pour les promotions qui viennent et de leur donner une image réelle sur l'importance de la partie pratique de l'électronique. En réalisant notre projet, nous avons pris conscience de ses imperfections et avons donc pensé à des perspectives d'améliorations et à d'autres idées permettant de le compléter.

Le nombre d'améliorations que peuvent être ajoutés sont :

- ☞ Utilisation des capteurs plus performants comme les capteurs laser ou les caméras et d'utiliser plus de capteurs ou un plateau de capteurs rotatif pour couvrir l'environnement pour choisir la meilleure trajectoire.
- ☞ L'utilisation des moteurs pas à pas pour avoir une grande précision dans le mouvement du robot.
- ☞ 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).

Autres idées permettant de compléter notre projet

- ☞ Ajouter une pince solide fonctionnant à l'aide des servomoteurs, sur laquelle nous aurions implanté une caméra supplémentaire pour plus de précision.

- ☞ Ajouter un capteur de lumière LDR pour allumer automatiquement l'éclairage du robot dans des lieux sombres.

A la fin, tout le monde sait que tout mémoire est par définition incomplet, Nous espérons, que ce modeste travail soit d'une utilité quelconque dans l'avenir de la recherche scientifique.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Bruno Siciliano, Oussama Khatib, "Springer Handbook of Robotics", ISBN :978-3-319-32550-7, 2016.
- [2] Takhi Hocine et Attachi Redouane Cherif, "Conception et réalisation d'un robot mobile à base d'Arduino " Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master en électronique. Option: Instrumentation. Université Amar Telidji- Laghouat 2014/2015.
- [3] L'Harmattan, " Petit Guide Juridique Pratique de la robotique ", ISBN : 987-2-343-16337- 6, 2018.
- [4] Saeed B.Niku, "Introduction to robotics, control, applications", ISBN 978-0-470-60446-5, 2010.
- [5] Belkhadria Khemisti, "commande d'un robot mobile par réseaux de neurones artificiels" Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en électronique. Option : Robotique. Université El Hadj Lakhdar Batna2013/2014.
- [6] ALLOUI, A, HAJ Brahim, A. «Proposition d'une solution multi-agent pour la commande et la coopération multi -robot mobile». Mémoire d'ingénieur d'état en automatique. Université de Biskra. Juin 2007.
- [7] ZIANE, Med L. "Navigation flou d'un robot mobile". Mémoire de Master en Electronique. Université Abderrahmane Mira de Bejaia. 2013/2014.
- [8] domaine d'application des robots industriel « 15/06/2019 » [https ://perso.univ-lyon2.fr](https://perso.univ-lyon2.fr) consulté le (07/05/2019)
- [9] : Robotics (par AppuuKuttan) ; Auteur : AppuuKuttan, ISBN978-81-89866-38-9
- [10] [https ://hitek.fr/actualite/militaires-americains-affection-robot_487](https://hitek.fr/actualite/militaires-americains-affection-robot_487)
- [11] [https ://www.lapresse.ca/maison/decoration/amenagement/01-4541262-roomba-mon-robot-menager.php](https://www.lapresse.ca/maison/decoration/amenagement/01-4541262-roomba-mon-robot-menager.php)
- [12] [https ://www.journaldugeek.com/2017/02/03/ce-petit-robot-dessine-la-meme-chose-que-vous-en-meme-temps-que-vous/](https://www.journaldugeek.com/2017/02/03/ce-petit-robot-dessine-la-meme-chose-que-vous-en-meme-temps-que-vous/)
- [13] [http ://www.robots-et-compagnie.com/robot-musicien-arme-diplomatique-americaine/](http://www.robots-et-compagnie.com/robot-musicien-arme-diplomatique-americaine/)
- [14] Hadj-djilani Fethi Rabah et Bennabi Nadjib, "Commande optimal appliqué à un robot mobile" Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, en2017.
- [15] Bayle, B., "Robotique Mobile", école Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg, Université Louis Pasteur, 2007
- [16]Belkhadria Khemisti, "Commande d'un Robot Mobile par Réseaux de Neurones Artificiels", Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en électronique, Université El Hadj Lakhdar Batna
- [17] Robots, genèse d'un peuple artificie; Auteur: Daniel Ichbiah.

- [18] G. Segulier, F. Notelet, "Electrotechnique Industrielle", Technique et Documentation, 2ème Edition, 1994.
- [19] M. Hadjeras, M. Belbey, "Etude des caractéristiques d'un moteur à c.c à différents types d'excitation", Mémoire de fin d'étude de licence Professionnelle en Electrotechnique Industrielle, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.
- [20] F. Hayet, "Identification des paramètres d'une Machine à Courant Continu", Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2011.
- [21]-[www4.oc-nancy-metz.fr/auto_compétences, châssis carrosserie.pdf](http://www4.oc-nancy-metz.fr/auto_compétences_châssis_carrosserie.pdf).
- [22] www.technologuepro.com/cours-capteurs.../ch12-les-differents-types-de-capteurs.pdf
- [23] Logiciel Arduino 1.8.1, outil capteur. PC, 2017.
- [24] <https://wiki.mdl29.net/.../fetch.php...Arduino-pour-bien-commencer-en-électronique>.
- [25] olyte Eskimon : Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation. www.openclassrooms.com/. Consulté en 2015.
- [26] <https://playground.arduino.cc/Main/AdafruitMotorShield>
- [27] <https://skyduino.wordpress.com/2011/08/20/test-adafruit-motor-shield/>
- [28] <https://lastminuteengineers.com/>
- [29] Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi- Tutoriels et projets de Kimmo Karvinen et ville Valtokari pp : 37- 39 , 61-63.
- [30] Figure IV.6 : <https://sites.google.com/>
- [31] <http://www.memoireonline.com/01/16/9368/Conception-et-realisation-d-un-robot-obile--base-d-arduino.html> ; le 20/06/2016
- [32] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/deed.fr>.
- [33] Le site officiel d'Arduino: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [34]<https://deepbluembedded.com/bluetooth-module-hc05-interfacing-pic-microcontroller-tutorial/>
- [35] www.datasheetcatalog.com téléchargé le : 08/2017
- [36] <https://www.cf-techno.com/shield-moteur-l293d>, téléchargé le : 08/2017
- [37] KRAMA Abdel basset, GOUGUI Abdelmoumen, le : 08/06/2015, Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde, Master en Electrotechnique Industrielle, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
- [38] Astalaseven , Eskimon et olyte "Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation" Licence Creative Commons BY-NC-SA 2.0, 4/08/2012.
- [39] olyte Eskimon : Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation. www.openclassrooms.com/.

ANNEXE

Capteur à Ultrasons HC-SR04

Caractéristiques du produit :

Le capteur à ultrasons HC-SR04 est capable de mesurer la distance des objets situés de 2cm à 400cm du capteur avec une précision de 3mm. Le capteur est composé d'un émetteur d'ultrasons, d'un récepteur et du circuit de commande.

Le principe de fonctionnement :

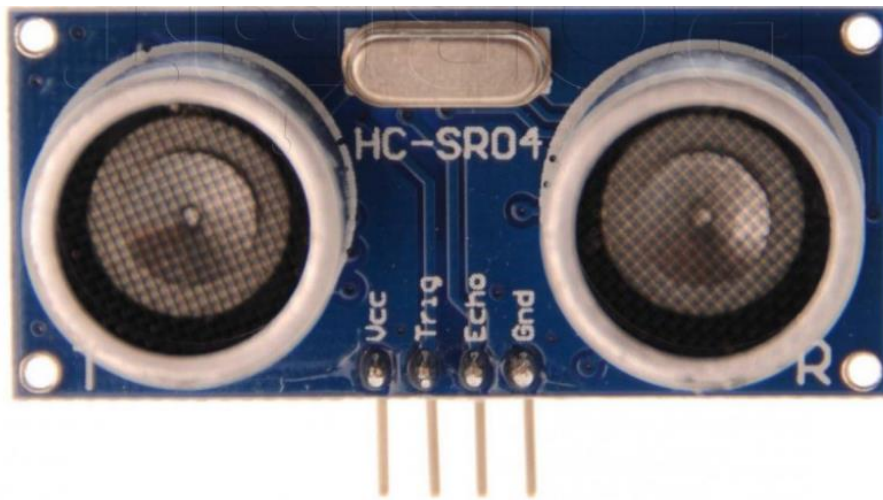
- (1) Envoyer un signal numérique à l'état haut sur l'émetteur pendant 10 μ s.
- (2) Le capteur envoie automatiquement 8 impulsions d'ultrasons à 40 kHz et détecte les signaux qui reviennent.
- (3) Si le signal revient, la durée de l'état haut du signal reçu correspond au temps entre l'émission des ultrasons et leur réception.
Calcul de la distance : Distance = (temps à l'état haut signal reçu * vitesse du son)/2
(vitesse du son dans l'air : 340 m/s).

Connecteur du capteur :

- Alimentation 5V
- Entrée émetteur d'impulsion d'ultrasons
- Sortie récepteur d'impulsion d'ultrasons
- Masse 0V

Paramètres électriques :

Tension d'alimentation	5V DC
Courant d'alimentation	15mA
Fréquence de travail	40Hz
Distance maximale de détection	4m
Distance minimale de détection	2cm
Angle de détection	15 degrés
Signal d'entrée de l'émetteur	Impulsion à l'état haut de 10 μ s
Signal de sortie du récepteur	Signal numérique à l'état haut et la distance proportionnellement
Dimension	45*20*15mm

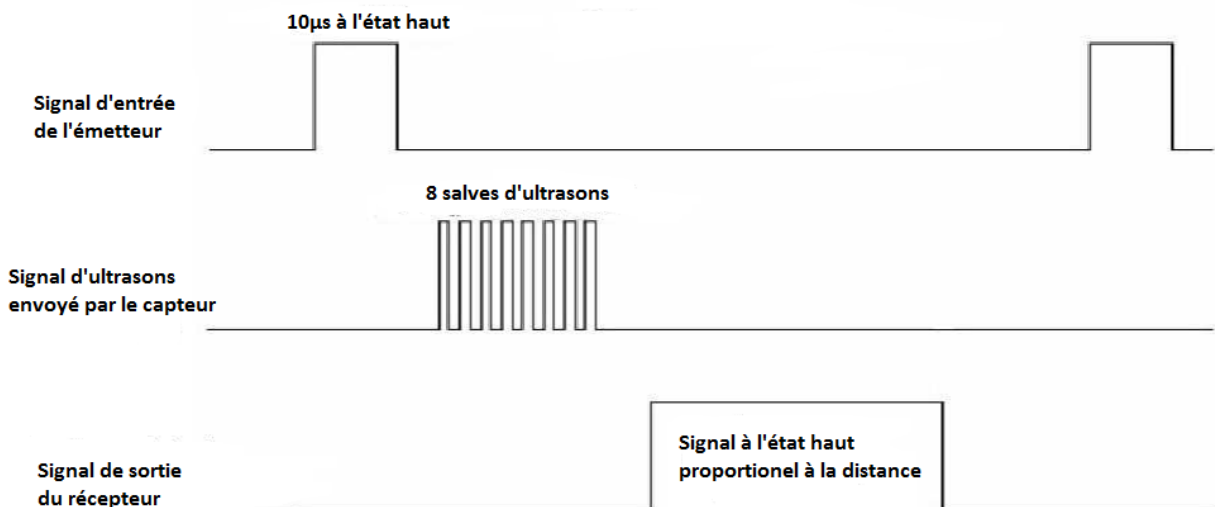


VCC Trig Echo GND

Diagramme temporels :

Le diagramme temporel est affiché ci-dessous. Il faut fournir un signal à l'état haut pendant $10\mu\text{s}$ à l'entrée de l'émetteur pour déclencher la salve d'ultrasons. Le module envoie ensuite 8 cycles d'ultrasons à 40 kHz et attend le signal reçu. Le récepteur reçoit un signal à l'état haut dont la durée est proportionnelle à la distance de l'objet perçu. Le calcul de la distance peut se faire grâce au temps mesuré entre le signal émis et le signal reçu (voir formule dans les caractéristiques).

Nous vous suggérons de laisser au moins 60ms entre chaque mesure pour laisser le temps au signal réfléti par l'objet d'atteindre le récepteur du capteur.



Attention :

- Il n'est pas suggérer de brancher le capteur directement sur une source électrique. Si c'est le cas, la masse doit être connectée en première sinon cela affectera le bon fonctionnement du capteur.
- Les objets détectés doivent avoir une superficie supérieur à 0.5 m² et doivent être plutôt plats sinon cela affectera la mesure de distance.

www.robot-maker.com



PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

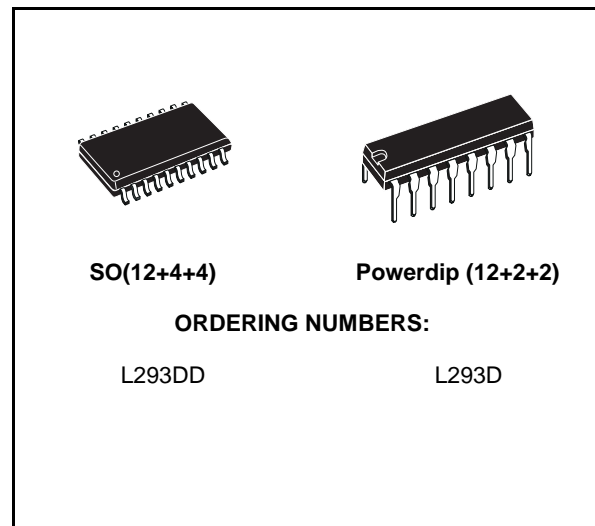
- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES

DESCRIPTION

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoids, DC and stepping motors) and switching power transistors.

To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

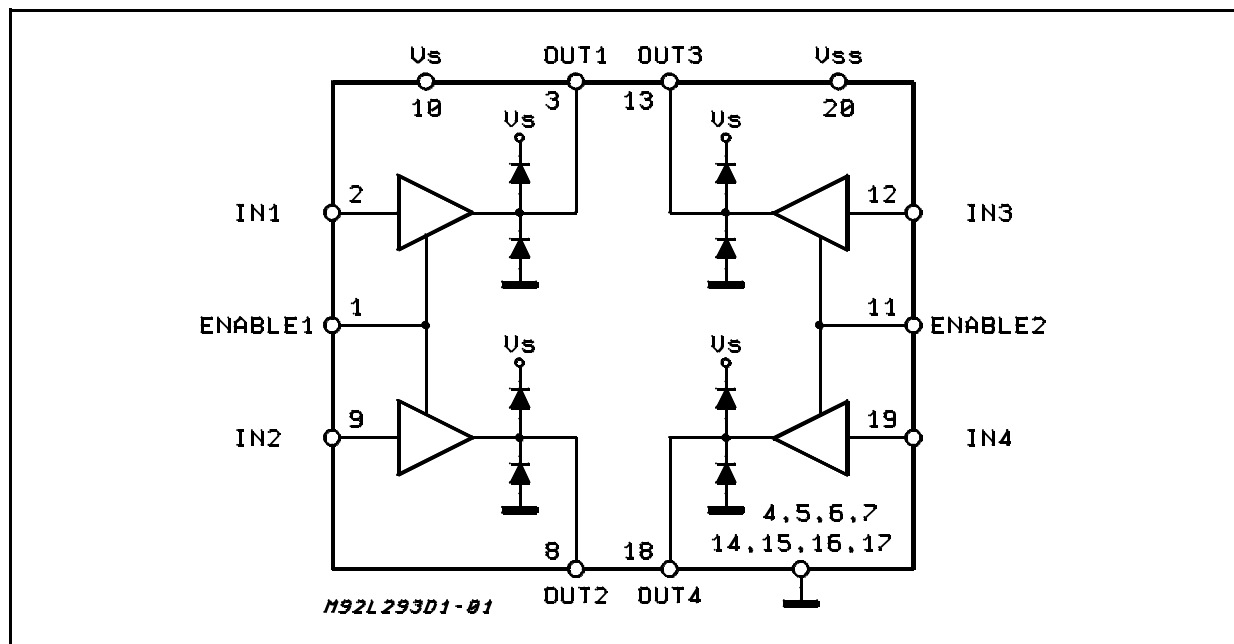
This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.



The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.

BLOCK DIAGRAM

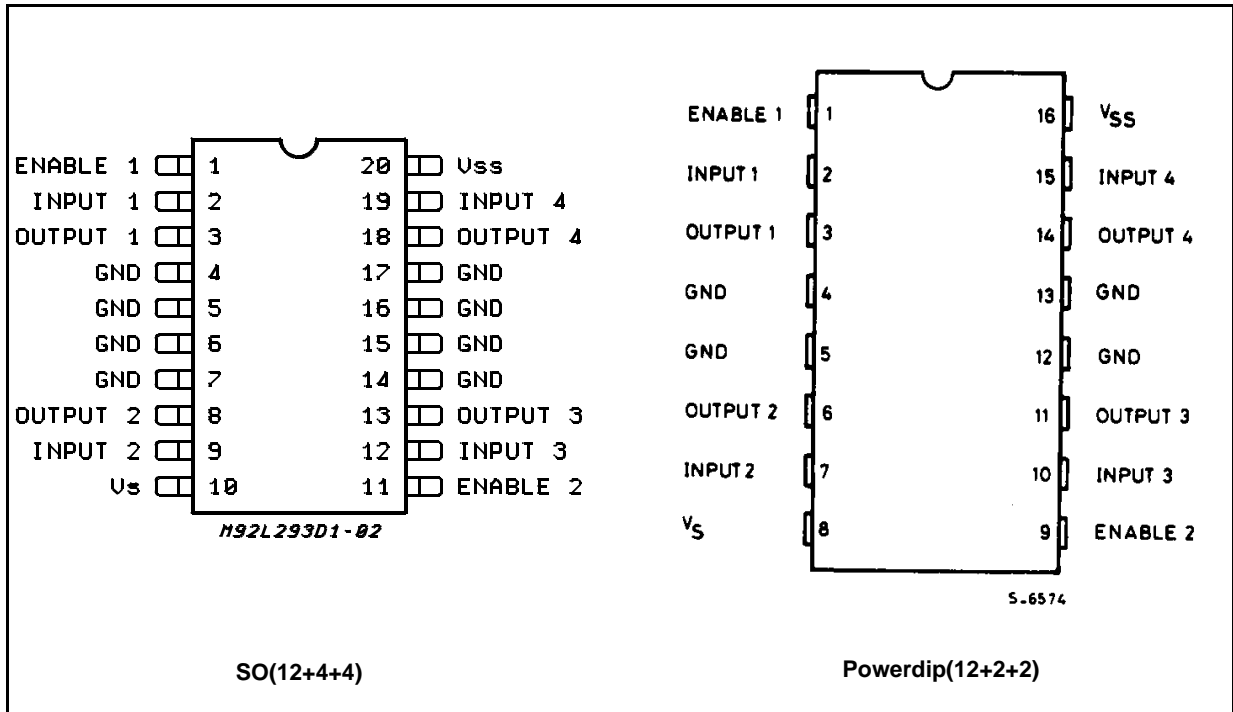


L293D - L293DD

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _S	Supply Voltage	36	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage	36	V
V _i	Input Voltage	7	V
V _{en}	Enable Voltage	7	V
I _o	Peak Output Current (100 μs non repetitive)	1.2	A
P _{tot}	Total Power Dissipation at T _{pins} = 90 °C	4	W
T _{stg} , T _j	Storage and Junction Temperature	- 40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (Top view)



THERMAL DATA

Symbol	Description	DIP	SO	Unit
R _{th j-pins}	Thermal Resistance Junction-pins	max.	14	°C/W
R _{th j-amb}	Thermal Resistance junction-ambient	max.	50 (*)	°C/W
R _{th j-case}	Thermal Resistance Junction-case	max.	-	

(*) With 6sq. cm on board heatsink.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (for each channel, $V_S = 24\text{ V}$, $V_{SS} = 5\text{ V}$, $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 10)		V_{SS}		36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
I_S	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	$V_i = L$; $I_O = 0$; $V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_i = H$; $I_O = 0$; $V_{en} = H$		16	24	mA
		$V_{en} = L$			4	mA
I_{SS}	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	$V_i = L$; $I_O = 0$; $V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_i = H$; $I_O = 0$; $V_{en} = H$		16	22	mA
		$V_{en} = L$		16	24	mA
V_{iL}	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		-0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
I_{iL}	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{iL} = 1.5\text{ V}$			-10	μA
I_{iH}	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$2.3\text{ V} \leq V_{iH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$		30	100	μA
V_{enL}	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		-0.3		1.5	V
V_{enH}	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
I_{enL}	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{enL} = 1.5\text{ V}$		-30	-100	μA
I_{enH}	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$2.3\text{ V} \leq V_{enH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$			± 10	μA
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = -0.6\text{ A}$		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = +0.6\text{ A}$		1.2	1.8	V
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_O = 600\text{ nA}$		1.3		V
t_r	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 V_O		250		ns
t_f	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 V_O		250		ns
t_{on}	Turn-on Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		750		ns
t_{off}	Turn-off Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		200		ns

(*) See fig. 1.

TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance

(*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

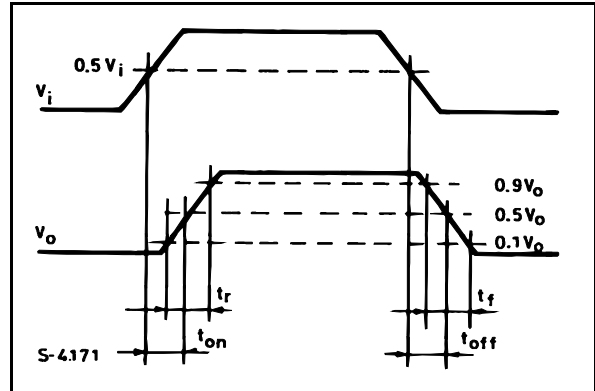
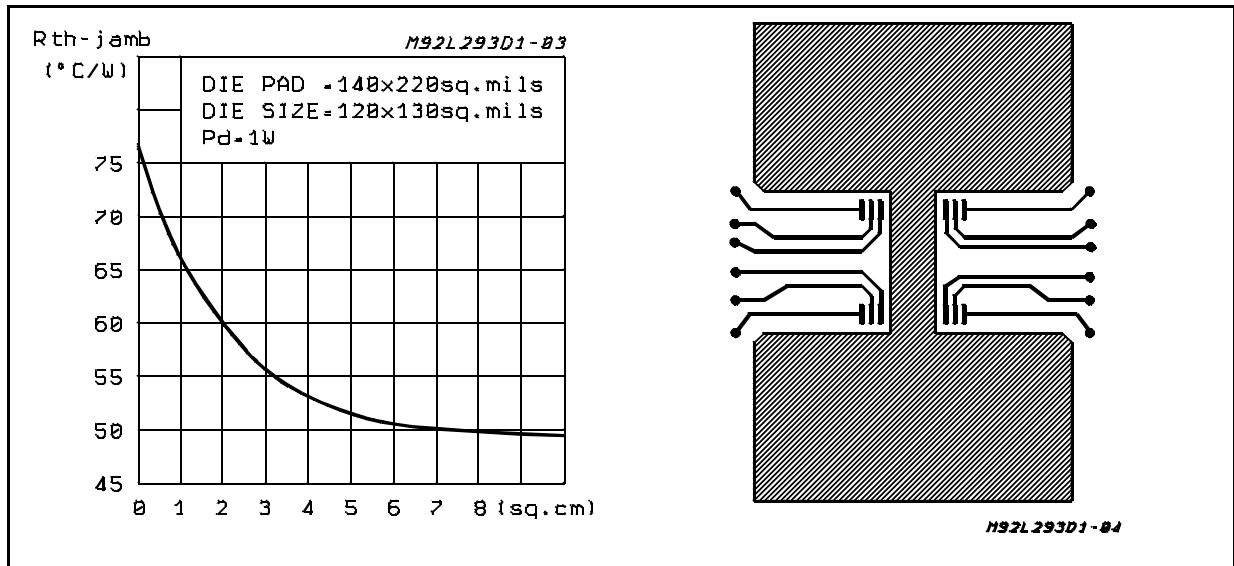
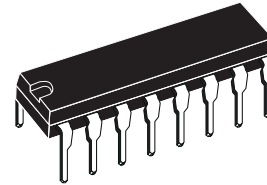


Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)

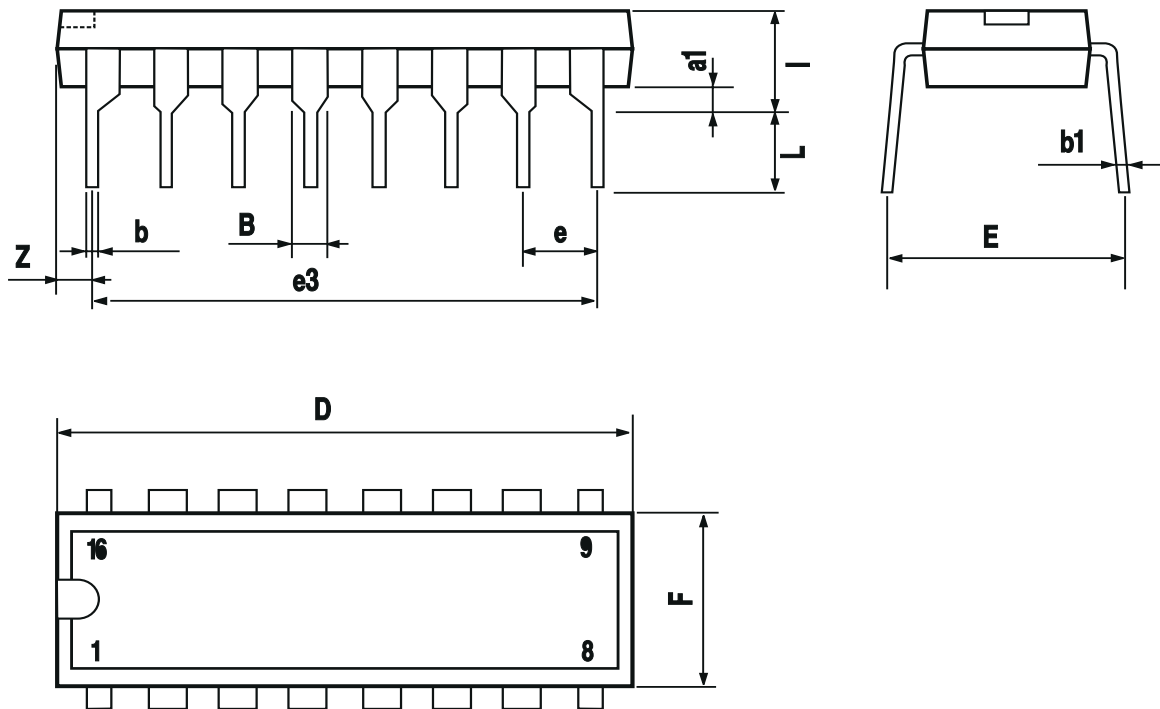


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



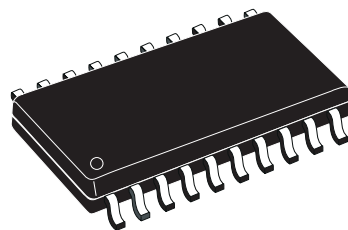
Powerdip 16



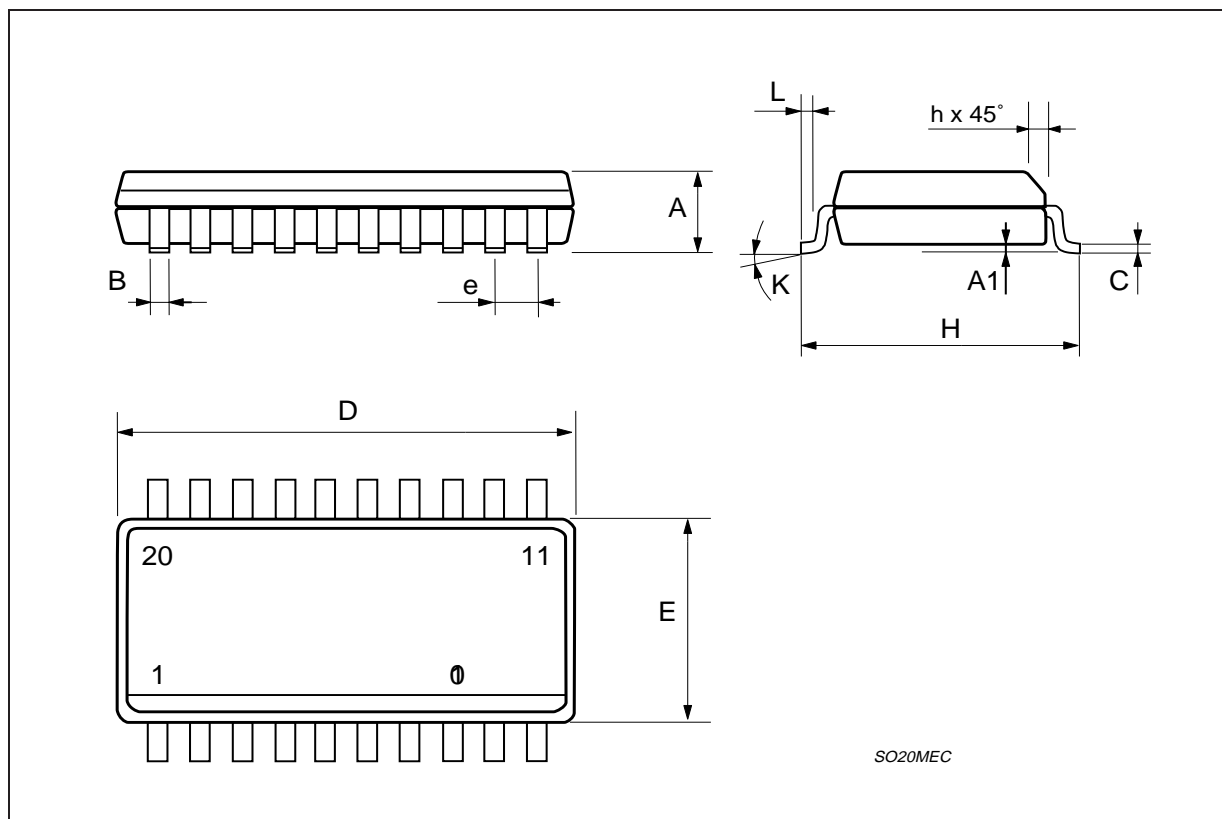
L293D - L293DD

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	2.35		2.65	0.093		0.104
A1	0.1		0.3	0.004		0.012
B	0.33		0.51	0.013		0.020
C	0.23		0.32	0.009		0.013
D	12.6		13	0.496		0.512
E	7.4		7.6	0.291		0.299
e		1.27			0.050	
H	10		10.65	0.394		0.419
h	0.25		0.75	0.010		0.030
L	0.4		1.27	0.016		0.050
K	0° (min.)8° (max.)					

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



SO20



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2003 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

<http://www.st.com>

HC-05

-Bluetooth to Serial Port Module

Overview



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

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

Specifications

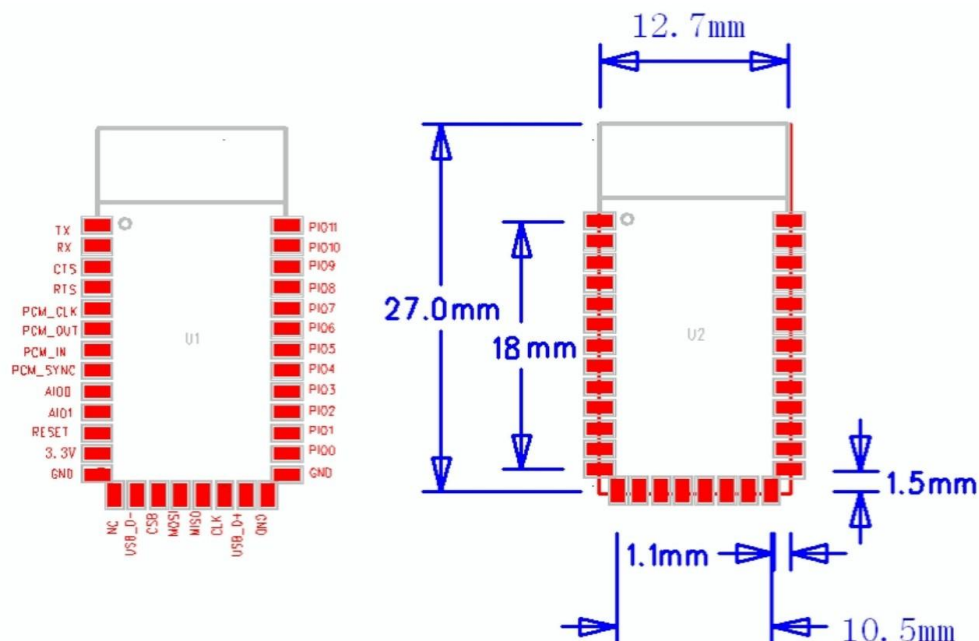
Hardware features

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

Software features

- Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.
- Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;
- PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.
- Auto-connect to the last device on power as default.
- Permit pairing device to connect as default.
- Auto-pairing PINCODE:"0000" as default
- Auto-reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the range of connection.

Hardware



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

PIO2	25	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO3	26	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO4	27	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO5	28	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO6	29	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO7	30	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO8	31	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO9	32	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO10	33	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO11	34	Bi-Directional	Programmable input/output line	

RESETB	11	CMOS input with weak internal pull-up	Reset if low.input debounced so must be low for >5MS to cause a reset	
UART_RTS	4	CMOS output, tri-stable with weak internal pull-up	UART request to send, active low	
UART_CTS	3	CMOS input with weak internal pull-down	UART clear to send, active low	
UART_RX	2	CMOS input with weak internal pull-down	UART Data input	
UART_TX	1	CMOS output, Tri-stable with weak internal pull-up	UART Data output	
SPI_MOSI	17	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data input	

SPI_CSB	16	CMOS input with weak internal pull-up	Chip select for serial peripheral interface, active low	
SPI_CLK	19	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface clock	
SPI_MISO	18	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data Output	
USB_-	15	Bi-Directional		

USB_+	20	Bi-Directional		
NC	14			
PCM_CLK	5	Bi-Directional	Synchronous PCM data clock	
PCM_OUT	6	CMOS output	Synchronous PCM data output	
PCM_IN	7	CMOS Input	Synchronous PCM data input	
PCM_SYNC	8	Bi-Directional	Synchronous PCM data strobe	

AT command Default:

How to set the mode to server (master):

1. Connect PIO11 to high level.
2. Power on, module into command state.
3. Using baud rate 38400, sent the "AT+ROLE=1\r\n" to module, with "OK\r\n" means setting successes.
4. Connect the PIO11 to low level, repower the module, the module work as server (master).

AT commands: (all end with \r\n)

1. Test command:

Command	Respond	Parameter
AT	OK	-

2. Reset

Command	Respond	Parameter
AT+RESET	OK	-

3. Get firmware version

Command	Respond	Parameter
AT+VERSION?	+VERSION:<Param> OK	Param : firmware version

Example:

```
AT+VERSION?\r\n
+VERSION:2.0-20100601
OK
```

4. Restore default

Command	Respond	Parameter
AT+ORGL	OK	-

Default state:

Slave mode, pin code :1234, device name: H-C-2010-06-01 ,Baud 38400bits/s.

5. Get module address

Command	Respond	Parameter
AT+ADDR?	+ADDR:<Param> OK	Param: address of Bluetooth module

Bluetooth address: NAP: UAP : LAP

Example:

AT+ADDR?\r\n

+ADDR:1234:56:abcdef

OK

6. Set/Check module name:

Command	Respond	Parameter
AT+NAME=<Param>	OK	Param: Bluetooth module name (Default :HC-05)
AT+NAME?	+NAME:<Param> OK (/FAIL)	

Example:

AT+NAME=HC-05\r\n set the module name to "HC-05"

OK

AT+NAME=ITeadStudio\r\n

OK

AT+NAME?\r\n

+NAME: ITeadStudio

OK

7. Get the Bluetooth device name:

Command	Respond	Parameter
AT+RNAME?<Param1>	1. +NAME:<Param2> OK 2. FAIL	Param1,Param 2 : the address of Bluetooth device

Example: (Device address 00:02:72:od:22:24, name: ITead)

AT+RNAME? 0002, 72, od2224\r\n

+RNAME:ITead

OK

8. Set/Check module mode:

Command	Respond	Parameter
AT+ROLE=<Param>	OK	Param: 0- Slave
AT+ROLE?	+ROLE:<Param>	

	OK	1-Master 2-Slave-Loop
--	----	--------------------------

9. Set/Check device class

Command	Respond	Parameter
AT+CLASS=<Param>	OK	Param: Device Class
AT+ CLASS?	1. +CLASS:<Param> OK 2. FAIL	

10. Set/Check GIAC (General Inquire Access Code)

Command	Respond	Parameter
AT+IAC=<Param>	1.OK 2. FAIL	Param: GIAC (Default : 9e8b33)
AT+IAC	+IAC:<Param> OK	

Example:

```
AT+IAC=9e8b3f\r\n
```

```
OK
```

```
AT+IAC?\r\n
```

```
+IAC: 9e8b3f
```

```
OK
```

11. Set/Check -- Query access patterns

Command	Respond	Parameter
AT+INQM=<Param>,<Param2>,<Param3>	1.OK 2. FAIL	Param: 0— inquiry_mode_standard 1— inquiry_mode_rssi Param2: Maximum number of Bluetooth devices to respond to Param3: Timeout (1-48 : 1.28s to 61.44s)
AT+ INQM?	+INQM : <Param>,<Param2>,<Param3> OK	

Example:

```
AT+INQM=1,9,48\r\n
```

```
OK
```

```
AT+INQM\r\n
```

```
+INQM:1, 9, 48
```

```
OK
```

12. Set/Check PIN code:

Command	Respond	Parameter
AT+PSWD=<Param>	OK	Param: PIN code (Default 1234)
AT+ PSWD?	+ PSWD : <Param> OK	

13. Set/Check serial parameter:

Command	Respond	Parameter
AT+UART=<Param>,<Param2>,<Param3>	OK	Param1: Baud Param2: Stop bit Param3: Parity
AT+ UART?	+UART=<Param>,<Param2>,<Param3> OK	

Example:

```
AT+UART=115200, 1,2,\r\n
OK
AT+UART?
+UART:115200,1,2
OK
```

14. Set/Check connect mode:

Command	Respond	Parameter
AT+CMODE=<Param>	OK	Param: 0 - connect fixed address 1 - connect any address 2 - slave-Loop
AT+ CMODE?	+ CMODE:<Param> OK	

15. Set/Check fixed address:

Command	Respond	Parameter
AT+BIND=<Param>	OK	Param: Fixed address (Default 00:00:00:00:00:00)
AT+ BIND?	+ BIND:<Param> OK	

Example:

```
AT+BIND=1234, 56, abcdef\r\n
OK
AT+BIND?\r\n
+BIND:1234:56:abcdef
OK
```

16. Set/Check LED I/O

Command	Respond	Parameter
AT+POLAR=<Param1,<Param2>	OK	Param1:
AT+ POLAR?	+ POLAR=<Param1>,<Param2> OK	0- PIO8 low drive LED 1- PIO8 high drive LED

		Param2: 0- PIO9 low drive LED 1- PIO9 high drive LED
--	--	--

17. Set PIO output

Command	Respond	Parameter
AT+PIO=<Param1>,<Param2>	OK	Param1: PIO number Param2: PIO level 0- low 1- high

Example:

1. PIO10 output high level

```
AT+PIO=10, 1\r\n
```

```
OK
```

18. Set/Check – scan parameter

Command	Respond	Parameter
AT+IPSCAN=<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	OK	Param1: Query time interval
AT+IPSCAN?	+IPSCAN:<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4> OK	Param2: Query duration Param3: Paging interval Param4: Call duration

Example:

```
AT+IPSCAN =1234,500,1200,250\r\n
```

```
OK
```

```
AT+IPSCAN?
```

```
+IPSCAN:1234,500,1200,250
```

19. Set/Check – SHIFF parameter

Command	Respond	Parameter
AT+SNIFF=<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	OK	Param1: Max time Param2: Min time
AT+ SNIFF?	+SNIFF:<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4> OK	Param3: Retry time Param4: Time out

20. Set/Check security mode

Command	Respond	Parameter
AT+SENM=<Param1>,<Param2>	1. OK 2. FAIL	Param1: 0—sec_mode0+off
AT+ SENM?	+ SENM:<Param1>,<Param2>	1—sec_mode1+non_se

	OK	cure 2—sec_mode2_service 3—sec_mode3_link 4—sec_mode_unknow n Param2: 0—hci_enc_mode_off 1—hci_enc_mode_pt_t o_pt 2—hci_enc_mode_pt_t o_pt_and_bcast
--	----	--

21. Delete Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+PMSAD=<Param>	OK	Param: Authenticated Device Address

Example:

AT+PMSAD =1234,56,abcdef\r\n

OK

22. Delete All Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+ RMAAD	OK	-

23. Search Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+FSAD=<Param>	1. OK 2. FAIL	Param: Device address

24. Get Authenticated Device Count

Command	Respond	Parameter
AT+ADCN?	+ADCN: <Param> OK	Param: Device Count

25. Most Recently Used Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+MRAD?	+ MRAD: <Param> OK	Param: Recently Authenticated Device Address

26. Get the module working state

Command	Respond	Parameter
---------	---------	-----------

AT+ STATE?	+ STATE: <Param> OK	Param: "INITIALIZED" "READY" "PAIRABLE" "PAIRED" "INQUIRING" "CONNECTING" "CONNECTED" "DISCONNECTED" "NUKNOW"
------------	------------------------	--

27. Initialize the SPP profile lib

Command	Respond	Parameter
AT+INIT	1. OK 2. FAIL	-

28. Inquiry Bluetooth Device

Command	Respond	Parameter
AT+INQ	+INQ: <Param1> , <Param2> , <Param3> OK	Param1: Address Param2: Device Class Param3 : RSSI Signal strength

Example:

```
AT+INIT\r\n
OK
AT+IAC=9e8b33\r\n
OK
AT+CLASS=0\r\n
AT+INQM=1,9,48\r\n
At+INQ\r\n
+INQ:2:72:D2224,3E0104,FFBC
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC1
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC0
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC1
+INQ:2:72:D2224,3F0104,FFAD
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFBE
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC2
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFBE
+INQ:2:72:D2224,3F0104,FFBC
OK
```

28. Cancel Inquiring Bluetooth Device

Command	Respond	Parameter
AT+ INQC	OK	-

29. Equipment Matching

Command	Respond	Parameter
AT+PAIR=<Param1>,<Param2>	1. OK 2. FAIL	Param1: Device Address Param2: Time out

30. Connect Device

Command	Respond	Parameter
AT+LINK=<Param>	1. OK 2. FAIL	Param: Device Address

Example:

AT+FSAD=1234,56,abcdef\r\n

OK

AT+LINK=1234,56,abcdef\r\n

OK

31. Disconnect

Command	Respond	Parameter
AT+DISC	1. +DISC:SUCCESS OK 2. +DISC:LINK_LOSS OK 3. +DISC:NO_SLC OK 4. +DISC:TIMEOUT OK 5. +DISC:ERROR OK	Param: Device Address

32. Energy-saving mode

Command	Respond	Parameter
AT+ENSNIFF=<Param>	OK	Param: Device Address

33. Exerts Energy-saving mode

Command	Respond	Parameter
AT+ EXSNIFF =<Param>	OK	Param: Device Address

Revision History

Rev.	Description	Release date
v1.0	Initial version	7/18/2010