



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

**Mémoire de Fin d'Etudes
De MASTER ACADEMIQUE**
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Génie électrique
Spécialité : **commande des systèmes**

Présenté par :

**Nassima NAIT CHABANE.
Nadia MOUSSAOUI.**

Mémoire dirigé par M. Rabah MELLAH.

Thème

**CONCEPTION ET REALISATION
D'UN ROBOT MOBILE.**

Mémoire soutenu publiquement le 15/09/ 2015 Devant le jury composé de :

M. Said GUERMAH
MCA, UMMTO, President

M. Rabah MELLAH
MCA, UMMTO, promoteur

M. Smail DJIOUA
ING, Co-promoteur

M. Ahmed MAIDI
MCA, UMMTO, Examineur

M. Ahmed DAOUI
MCA, UMMTO, Examineur

Le travail a été réalisé au sein du labo-DZ de TIZI OUZOU.

Remerciements

Nous tenons à remercier notre Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté pour compléter ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur, monsieur **MELLAH. R.** pour sa disponibilité et son soutien tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également au co-promoteur, monsieur **DJIOUA.S.** de nous avoir dirigés et soutenus durant la réalisation de ce travail.

Nos profondes gratitude, s'adressent au monsieur **GUERMAH.S.** qui a accepté de présider ce jury.

Nos profondes gratitude 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 en particulier, le chef de département.

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.

Je dédie ce mémoire à :

La mémoire de mes grands pères.

Mes grands-mères. Longue vie

*MES CHERS PARENTS QUI REPRÉSENTENT
MA VIE. MON BONHEUR*

Mon cher frère KARIM et sa femme NASSIMA

my HANN, my BILA, my THIZILETTE

Toute ma famille cousins et cousines

Ma binôme NASSIMA et sa famille

Tous mes amis(es), en particulier ma sœur RAZY

AMAR et HOCTNE

NOR, MOH, AMAR, my LILICHE

*ayathma LYLY, LINDA, KAHN, TINA, MOSTAFA,
MOH, ALANA, CICY, DOUDOU, NASMINE and MARY.*

Toute ma section, département Automatique en particulier

Mes enseignants tous cycles confondus.

Nadia

Je dédie ce mémoire à :

La mémoire de ma grand-mère paternelle

Ma grand-mère maternelle

Mes chers parents,

*Mon cher frère MATMOUD et sa femme SOURAYA et
leurs enfants: ALDJA, MITMA et YANIS*

*Mon cher frère GHANI et sa femme NATMA et leurs fille
DACINE*

Mes chers frères MEROUANE et NADIR

Mes chères sœurs KATIA et KARIMA

Toute ma famille

Ma binôme Nadia et sa famille

*Tous mes amis(es) et mes camarades et toute la section
automatique 2015.*

NASSIMA

Figure I.1 : Architecture d'un Robot.

Figure I.2 : Le rover Curiosity de la NASA.

Figure II .1:Interaction entre le robot et l'environnement.

Figure II.2 :Etapes de traitement automatique.

Figure II.3 :Décomposition d'un robot mobile autonome.

Figure II.4 : Processus de navigation autonome.

Figure II.5 :Modélisation du robot dans le repère absolu.

FigureII.6 :Robot mobile type unicycle.

FigureII.7 :Modèle cinématique en posture du robot de type unicycle.

Figure II.8 :Robot mobile de type tricycle.

Figure II.9 :Modèle cinématique en posture du robot de type tricycle (motorisé à l'avant).

Figure II.10 :Robot mobile de type voiture.

Figure III.1 : Lastructure générale d'un robot mobile.

Figure III.2 :Les Roues.

FigureIII.3 :Servomoteur.

FigureIII.4 :Moteurs pas à pas.

Figure III.5 :Moteur à courant continu.

FigureIII.6 : Motoréducteur.

FigureIII.7 : Engrenages intégrés.

FigureIII.8 : Le fonctionnement d'un réducteur.

Figure III.9: La carte arduino mega 2560.

FigureIII.10 : Pont H.

FigureIII.11 : Pont H avec des diodes et des transistors.

FigureIII.12 : Broches du L293D avec deux moteurs sous Arduino.

FigureIII.13 : Capteur infrarouge.

FigureIII.14 : Capteur GPS.

FigureIII.15 : Accéléromètre.

FigureIII.16 : **Principe** du télémètre à ultrasons.

Figure III.17 :Capteur HC-SR04.

FigureIII.18 : Fenêtre de logiciel arduino.

FigureIII.19 :Picoréseau.

FigureIII.20 :Les trois types de nœuds dans un réseau Zigbee.

Figure III.21 :Xbee version normal (Option antenne céramique)

Figure III.22:Xbee version pro(Option antennefouet).

FigureIII.23:XBeeshield.

FigureIII.24:Xbeeshield pour Arduino.

Figure III.25: Joystick

Figure III.26 :Principe de fonctionnement d'un joystick.

Figure IV.1 :Programmation sur Arduino.

Figure IV.2 :Image de simulation sur logiciel proteus.

Figure IV.3 : UNI-T UTD2052C.I.

Figure IV.4 : Multimètre digital UT60D.

Figure IV.5 : Schémas de câblage du L293D avec deux moteurs sous Arduino.

Figure IV.6 :Lab d'essaie.

Figure IV.7 : Alimentation stabilisée et régulée.

Figure IV.8 : Robot mobile à roues.

Figure IV.9 : Télécommande du robot mobile (joystick).

Figure IV.6 :Lab d'essaie.

Figure IV.7 : Alimentation stabilisée et régulée.

Figure IV.8 : Robot mobile à roues.

Figure IV.9 : Télécommande du robot mobile (joystick).

Figure 1 : Structure interne du L293D.

Figure 2 : L293.

Figure 3 : Brochage du L293D.

Figure 4 : Principe de montage du L293D avec deux moteurs à CC.

Tableau III.1 :Commandes de L293D.

Tableau III.2 : Comparaison des protocoles Zigbee, Wifi et Bluetooth.

Introduction générale.....	2
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I : LA ROBOTIQUE

I.1. Introduction.....	5
I.2. Définition	6
I.2.1. Définition de la Robotique	6
I.2.2. Etymologie du mot Robot	6
I.3. Historique de la robotique.....	7
I.3.1. Origine de la Robotique	7
I.3.2. Dates marquants la Robotique	7
I.4. Application de la robotique	8
I.4.1. Robotique d'intervention	8
I.4.2. Robotique de service professionnelle	8
I.4.3. Robotique personnelle	9
I.5. Types de robots	9
I.5.1. Humanoïdes.....	9
I.5.2. Robots industriels (manipulateurs).....	9
I.5.3. Robots mobiles (explorateurs).....	9
I.6. Cas spécifique de l'automobile	10
I.7. Conclusion.....	11

CHAPITRE II : Robots Mobiles

II.1. Introduction	13
II.2. Définition d'un robot mobile.....	14
II.3. Grandes classes des robots mobiles	14
II.4. Mode de fonctionnement	14
II.5. Autonomie d'un robot mobile	15
II.6. Constitution d'un robot mobile autonome	17
II.6.1. Structure mécanique	17
II.6.2. Charge utile	18
II.6.3. Structure de commande.....	18

II.6.3.1. Perception de l'environnement.....	18
II.6.3.2. Communication homme-machine	19
II.6.3.3. Commande	19
II.7. Navigation autonome des robots mobiles	19
II.7.1. Planification de mouvement	20
II.7.2. Localisation	21
II.7.3. Suivi de trajectoire.....	21
II.7.4. Évitement réactif d'obstacles	21
II.7.5. Parking.....	21
II.8. Modélisation.....	22
II.9. Principales structures cinématiques	23
II.10. Catégories principales de robots à roues.....	23
II.10.1. Robot mobile de type unicycle	23
II.10.1.1. Modèle cinématique en posture du robot de type uni cycle	24
II.10.2. Robot mobile de type tricycle	25
II.10.2.1. Modèle cinématique en posture du robot de type tricycle (motorisé à l'avant)	25
II.10.3. Robot mobile de type voiture.....	26
II.11. Conclusion	26

Chapitre III : Conception du robot mobile

III.2. Composants du robot mobile.....	29
III.2.1. Partie mécanique	30
III.2.1.1 Châssis	31
III.2.1.2 Moyens de locomotion	31
III.2.1.2.1. Chenilles	31
III.2.1.2.2. Roue	31
III.2.1.3. Moteurs.....	32
III.2.1.3.1 Servomoteurs	32
III.2.1.3.2 Moteur pas à pas	33

III.2.1.3.3Moteurs à courant continu	34
III.2.1.3.4 Motoréducteur.....	34
III.2.1.3.5 Utilisation.....	35
III.2.2 Partie électronique	36
III.2.2.2Arduino	36
III.2.2.2.1 Présentation d'Arduino	36
III.2.2.2.2 Carte arduino Mega 2560.....	36
III.2.2.2.3 Constitution de la carte	37
III.2.2.2.4 Caractéristiques de la carte arduino Mega	38
III.2.2.2.5 Les bonnes raisons de choisir Arduino	38
III.2.2.3 principe de pont en H.....	39
III.2.2.3.1 L293(D)	40
III.2.2.3.2 L298	41
III.2.2.3.3 Caractéristiques techniques du composant L293D.....	42
III.2.2.3.4 Fonctionnement du L293D	42
III.2.2.4 Capteurs	43
III.2.2.4.1 Télémètre laser:.....	44
III.2.2.4.2 Capteurs de position	44
III.2.2.4.3 Odométrie	44
III.2.2.4.4 Capteurs infrarouges	44
III.2.2.4.5 GPS	45
III.2.2.4.6 Accéléromètre	45
III.2.2.4.7. Gyromètre	46
II.2.2.4.8. Gyroscope.....	46
III.2.2.4.9. Capteurs tactiles	46
III.2.2.4.10. Télémètres à ultrason	46
III.2.2.4.10.1. Fonctionnement du module HC-SR04	47
III.2.2.4.10.2. Caractéristiques techniques du module HC-SR04.....	48
III.2.2.5. Alimentation	48

III.2.3. Partie informatique	48
III.2.3.1. Microcontrôleurs en robotique.....	49
III.2.3.1.1. Microcontrôleurs courants en robotique	49
III.2.3.1.2. Logiciel arduino	50
III.2.3.1.3 Mise en œuvre de logiciel Arduino	51
III.2.3.1.4 Structure d'un programme arduino	52
III.2.3.2 Télécommander un robot mobile.....	53
III.2.3.2.1 Télécommander à distance.....	53
III.2.3.2.1.1 Bluetooth	53
III.2.3.2.1.2 Wifi	55
III.2.3.2.1.3 Zigbee	55
III.2.3.2.1.3.1 Modules XBee	56
III.2.3.2.1.3.2 Principales caractéristiques du Xbee	57
III.2.3.2.1.3.3 Modes de xbee	57
III.2.3.2.1.3.4 Versions du XBee	58
III.2.3.2.2 Module joystick	60
III.2.3.2.2.1 Caractéristiques techniques	61
III.2.3.2.2.2 Principe de fonctionnement de joystick.....	61
III.3 Conclusion	62

CHAPITRE IV : Réalisation d'un Robot Mobile

I. Introduction :.....	64
II. Outils utilisés	65
II.1. Logiciels utilisés.....	65
II.2. Appareillage utilisés	66
II.3. Robot mobile réalisé.....	69
III. Commande de notre robot.....	70
III.1 Alimentation de la télécommande.....	70
IV. Robot Mobile Télécommandé	70

V. Conclusion	71
Conclusion générale	73
Bibliographie.....	75
Annexes	79

Introduction générale

Introduction générale

Depuis quelques années, un intérêt croissant est porté, au sein de la communauté robotique, au développement des systèmes intelligents autonomes et télé-opérés dans le cadre de la robotique mobile. Un tel intérêt peut être perçu comme une conséquence logique à l'apparition des applications potentiels des machines intelligentes (industrielles, services, manutention ou encore de l'aide à la mobilité des personnes âgées ou handicapées,...). L'objectif est de mettre les robots dans des tâches variées telles que les interventions sur des sites accidentés, la manipulation sur sites sensibles ou nucléaires, ainsi pour l'exploration des sites maritimes et planétaires...etc.

L'enjeu principal de la robotique mobile actuelle consiste à développer des systèmes de navigation intelligents, où la navigation autonome, est un axe de recherche qui vise à donner à une machine la capacité de se mouvoir dans un environnement sans assistance, ni intervention humaine pour accomplir un but désiré. La tâche de navigation consiste à donner au robot la possibilité d'obtenir les informations dont il a besoin pour raisonner et le doter de capacité de locomotion adaptée à son environnement. Cependant, celle-ci implique des systèmes complexes dans la réalisation, où leurs maîtrises posent d'importants problèmes non seulement technologiques mais aussi scientifiques.

Le contexte dans lequel s'inscrit notre travail, consiste à concevoir et réaliser un système commandé à distance d'un robot mobile en tenant compte de l'évitement d'obstacles.

Le premier objectif que nous voulons atteindre, c'est de donner au robot la capacité de se mouvoir dans son environnement, et pour cela nous allons doter notre système des motoréducteurs qui sont des moteurs à courant continu avec un réducteur intégré, dont le but est de réduire la vitesse des moteurs.

La commande des moteurs est faite par la carte arduino à microcontrôleur ATmega 2560 grâce au circuit de puissance L293D.

Pour permettre au robot d'éviter les obstacles, nous allons doter notre système par deux capteurs à ultrason H-SR04, qui permettent de calculer la distance sans contact avec les obstacles, l'un des capteurs sera placé en avant et l'autre en arrière du robot, pour donner à ce dernier la possibilité de tester les quatre détractions (avant, arrière, gauche et droite), les capteurs à ultrason sont commandés d'une manière que , dès que le robot se rapproche d'un obstacles, il s'arrête, tester la voie libre afin de contourner l'obstacle.

De nos jours, la technologie ne cesse d'augmenter quant à la transmission de données sans fil, cependant, le robot sera téléguidé à distance par une télécommande basée sur le module xbee, Nous disposons donc de deux xbee, un xbee se situe au contrôle principale connu comme étant émetteur, et l'autre qui se situe sur le robot exécute ses commandes est connu comme étant récepteur. La transmission de données entre le robot et la carte de télécommande est gérée par un opérateur par l'intermédiaire d'une simple manette (joystick).

Le mémoire est organisé de la façon suivante :

Le premier chapitre, contient, des généralités sur la robotique, la définition et l'historique de la robotique, ainsi les applications et les types des robots.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude d'un robot mobile. Un aperçu général sur le mode de fonctionnement et les grandes classes des robots mobiles, les constitutions d'un robot mobile autonome seront abordées ainsi, les types des robots mobiles à roues et la modélisation de chaque type.

Le troisième chapitre est basé sur la conception matérielle et logicielle du robot et sa commande à distance.

Le quatrième chapitre représente le diagramme fonctionnel du robot, ainsi les étapes suivies à réaliser notre prototype robot mobile.

Nous terminerons ce manuscrit par une conclusion générale récapitulant ce qui a été fait et expose les perspectives de ce travail.

Chapitre I :

Robotique générale

I.1. Introduction

Le fait qu'il existe une diversité de travaux qui sont ennuyeux, répétitifs, difficiles et même dangereux [1], c'est la raison pour laquelle, depuis les années 70, les chercheurs et les scientifiques se sont intéressés à fabriquer un nouveau type de machines appelé robot [2]. Cette machine est un dispositif mécanique qui est capable d'exécuter une variété de tâches sur commande ou selon les instructions programmées à l'avance [1].

Ces dernières années, la robotique a un impact considérable sur de nombreux aspects de la vie moderne [3]. Les deux premières orientations des robots étaient de répondre aux besoins de l'industrie manufacturière ainsi que l'industrie en milieux hostiles à l'homme.

La robotique industrielle a répondu dans un premier temps au besoin de manipuler de manière répétitive et automatique des objets entre les machines de fabrication (manipulation, peinture, soudure), elle est complétée maintenant dans le domaine manufacturier par des robots mobiles de transport ou d'assistance (AGV, assistance au montage) qui ont beaucoup de points en communs avec les robots de service [4].

La robotique en milieu hostile répond aux besoins de manipulation d'objets à distance (déminage, lutte contre le terrorisme, intervention post accident) sans l'intervention de l'homme du fait de leur dangerosité (chimie, explosif), de la nocivité du milieu (nucléaire) ou de la difficulté à s'y rendre (espace), en utilisant des robots à base des systèmes électromécaniques et télé-opérés.

Après la robotique industrielle et la robotique d'intervention, une troisième orientation est apparue en raison des progrès en miniaturisation, en microélectronique et en micromécanique, combinés avec les nouvelles capacités des systèmes de traitement de l'information et de communication [5]. Ceci a créé les conditions technologiques favorables au développement de robots mobiles autonomes ou semi-autonomes grâce aux capacités d'apprentissage et d'intelligence d'entités artificielles, matérielles ainsi que leur introduction dans des environnements en forte interaction avec l'homme pour réaliser des applications de service professionnel (agriculture, médical, nettoyage...) et de service personnel (jeux, éducation, tâches domestiques...) [6].

Dans ce chapitre, nous allons voir l'histoire de la robotique et ses différents types ainsi ses domaines d'application.

I.2. Définition

I.2.1. Définition de la Robotique

La robotique est la science qui s'intéresse aux robots. En fait, il s'agit d'un domaine multidisciplinaire : on y trouve des aspects concernant la mécanique, l'informatique, l'électronique, ... [7].

I.2.2. Etymologie du mot Robot

Le terme « robot » découle de langues slaves (Tchèque) et signifie textuellement «esclave» ou bien (Robota) qui signifie travail forcé. La définition précise d'un robot, et en contrepoint de la robotique, est complexe. Assemblage complexe de pièces mécaniques et de pièces électroniques, le tout piloté par une intelligence artificielle.

Un robot est un appareil dirigé à l'aide d'un système de commande automatique à base de microprocesseurs et qui été conçu pour accomplir une tâche précise, dans le domaine industriel, scientifique ou encore domestique [7].

Par ailleurs, la robotique fait appel à plusieurs spécialités à savoir :

- Mécanique** : conception, réalisation, modélisation des robots.
- Electronique** : mise en place de composants pour les robots en vue de les commander à distance en utilisant les concepts de télécommunications.
- Informatique** : création de programmes destinés à la gestion du transfert d'informations entre les différents composants du robot.
- Automatique** : commande, calibrage des capteurs, des effecteurs, identification des paramètres.
- Traitement du signal** : analyse des informations enregistrées par les capteurs du robot.
- Mathématiques** : modèles mathématiques pour la prise de décisions ou/et l'apprentissage, calcul de trajectoires, localisation, planification.
- Sciences cognitives** : interactions homme-machine, machine-machine, prise de décisions.

La figure suivante représente un schéma synoptique d'un robot en interaction avec son environnement.

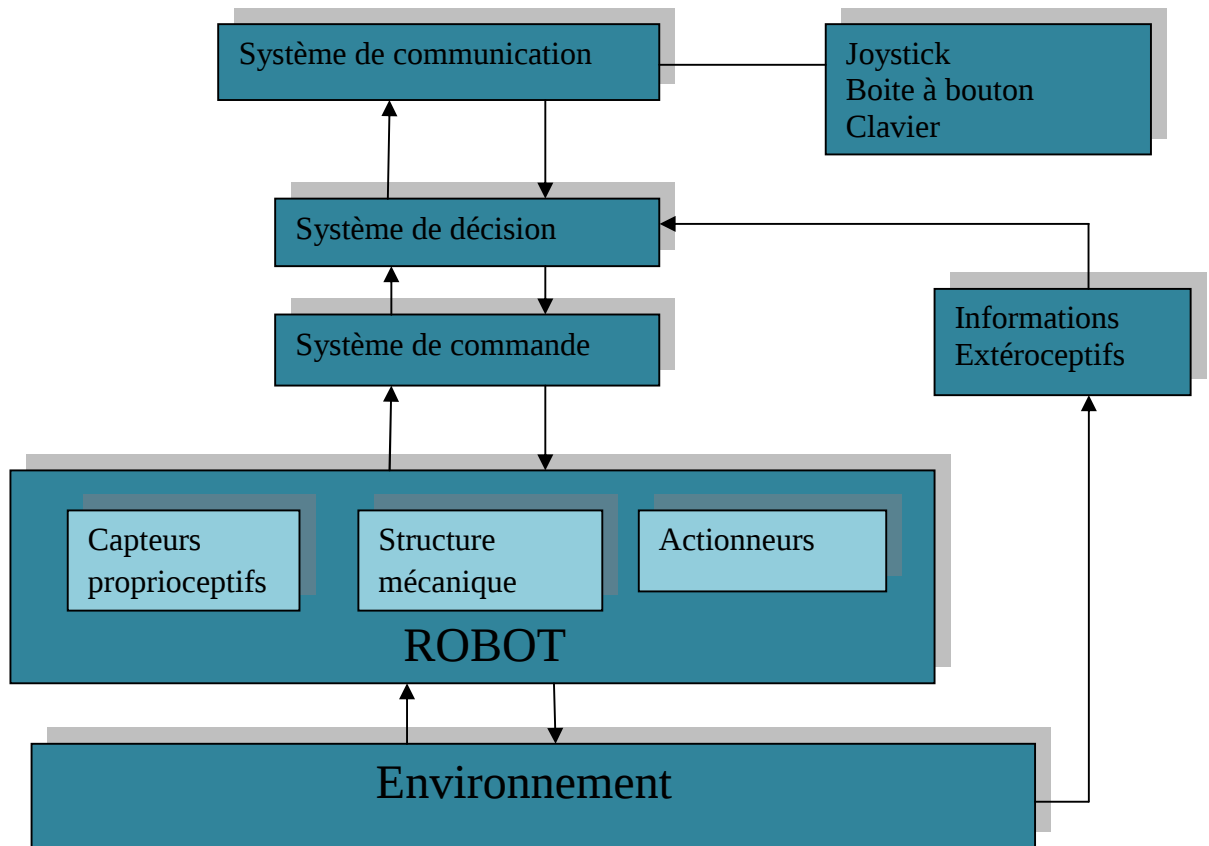


Figure I.1 : Architecture d'un Robot.

I.3. Historique de la robotique

I.3.1. Origine de la Robotique

Le mot robot qui apparaît pour la première fois en 1920 dans la pièce de théâtre de Karel Čapek de science-fiction R.U.R. (Rossum's Universal Robots) a été inventé par son frère Josef à partir du mot tchèque « Robota » qui signifie « travail, besogne, corvée » [8].

I.3.2. Les dates marquants la Robotique [9]

1947 : premier manipulateur électrique télé opéré.

1954: premier robot programmable.

1961: apparition d'un robot sur une chaîne de montage de General Motors, qui a fait le premier robot avec un contrôle en effort.

1963: utilisation de la vision pour commander un robot.

1973: premier robot mobile à roues.

I.4. Application de la robotique

Les applications de la robotique peuvent être classées selon trois grandes catégories à savoir : la robotique d'intervention, la robotique de service professionnel et la robotique personnelle [10].

I.4.1. La robotique d'intervention

La robotique d'intervention est caractérisée en général par des robots télé opérés (opérés à distance) à travers des commandes directes (joysticks, bras maître et autres organes de commandes physiques ou virtuels), ou des commandes par des ordres de haut niveau pour réaliser et enchaîner des tâches (« va à telle position », « prends cette pièce désignée sur un écran »...). L'opérateur est donc systématiquement dans la boucle de commande du robot afin d'interagir et l'aider à réaliser sa mission en fonction des évolutions de l'environnement matériel et humain.

La robotique d'intervention est en général utilisée pour remplir des tâches dans des environnements difficiles d'accès ou dangereux pour les humains (industries nucléaire et militaire, inspection et maintenance, interventions dans des catastrophes naturelles, exploration marine, encore exploration spatiale (mission sur mars), ...) ou encore lorsque l'absence d'humain rend l'exploitation plus aisée ou plus efficace.

I.4.2. Robotique de service professionnelle

Ses fonctions sont principalement de soulager les professionnels de tâches répétitives ou dangereuses (dans une optique proche de la robotique industrielle), ou de les assister dans des interventions qui requièrent un niveau de précision ou des qualités inaccessibles à l'opérateur humain (agriculture, nettoyage, construction et démolition, transport automatique de personnes et de biens, relations publiques, médecine, assistance au geste, sécurité et surveillance...).

I.4.3. Robotique personnelle

Constitue un champ potentiellement aussi foisonnant que la robotique de service professionnel. Les utilisations sont possibles de répondre à un grand nombre de besoins et d'attentes (réalisant des tâches domestiques d'entretien de la vie courante, assistance aux personnes en perte d'autonomie, éducation, jeux, surveillance domestique,...).

I.5. Types de robots

Aujourd'hui la classification des robots est faite dans l'objectif de donner une idée de la présence actuelle de la robotique et de la portée de ce domaine dans les années à venir...

On va aborder aujourd'hui les trois catégories de robots les plus communes.

I.5.1. Les humanoïdes

C'est la catégorie la plus connue, en grande partie grâce à leur promotion faite par la science fiction, elle regroupe tous les robots anthropomorphes, ceux dont la forme rappelle la morphologie humaine. Ces robots ont généralement un torse, une tête, deux bras et deux jambes. Parfois, certains de ces robots ne représentent qu'une partie du corps. Lorsqu'un robot anthropomorphe imite non seulement l'apparence physique, mais aussi les comportements humains, on l'appelle un androïde.

I.5.2. Les robots industriels (manipulateurs)

La majorité de ces robots sont à base fixe. Quand la base n'est pas fixe, elle est généralement montée à un rail. On retrouve dans cette catégorie les robots de manipulation, type « Pick And Place », des robots soudeurs ou encore des robots de peintures. Cela représente la majorité des robots actuellement en état de service.

I.5.3. Les robots mobiles (explorateurs)

De façon générale, cette catégorie englobe la sous-catégorie des robots mobiles à roues, les autres robots étant généralement appelés par leur nom de catégorie correspondant à leur fonctionnalité. Les robots mobiles à roue sont appelés en anglais UGV (Unmanned Ground Vehicles), cette catégorie regroupe les robots à base actionnée par des roues ou par des chenilles. Ils sont généralement exploités pour faire de l'exploration, c'est la raison pour laquelle on les appelle des rovers (vagabonds en anglais). Les plus connus sont : le Curiosity

qui a été envoyé sur Mars par la Nasa pour explorer et identifier le terrain martien (figure I.2), le iRobot 510 Packbot est utilisé par l'armée américaine pour vérifier le terrain avant d'envoyer les soldats ou à déminer des bombes et des mines anti personnelles.



Figure I.2 : Le rover Curiosity de la NASA.

Les domaines d'application des robots mobiles sont très variés : le transport de courriers et de marchandises; l'exploration en environnement hostile : par exemple le milieu nucléaire, l'espace et les milieux sous-marin; les chantiers de constructions : le déminage, aussi bien dans le domaine civil tels que les aéroports et le domaine militaire; la lutte contre les incendies; l'assistance aux personnes handicapées ou malades. Il existe même des robots mobiles de compagnie.

I.6. Cas spécifique de l'automobile

L'automobile est aujourd'hui un champ de développement particulièrement actif de technologies robotiques. Elle n'est communément pas considérée comme un secteur de la robotique en raison de son caractère traditionnellement très « mécanique ». Cependant, il est indéniable qu'elle constitue sans aucun doute le premier marché de masse pour la robotique de service personnel.

L'automobile est également le support de nombreuses recherches dans le domaine d'assistance à la conduite et de la conduite automatique, tant sur des aspects purement techniques que sur la sûreté de fonctionnement, la fiabilité, l'évolution en environnement complexe, l'interaction avec le conducteur ou des systèmes externes...etc.

Sur tous les systèmes de navigation, de cartographie, de suivi de cible (perception), d'aide à la décision...etc., l'automobile constitue un terrain d'expérimentation à grande échelle et un marché important pour les technoproviders de la robotique (logiciels, capteurs, mécatronique...etc.) [11].

I.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu définir certaines notions fondamentales liées à la robotique en général.

Un robot est en fait une machine programmable qui imite des actions d'une créature intelligente.

L'homme a tenté de concevoir des machines qui puissent nous remplacer sous formes de robots, plus le temps avance plus la robotique évolue. Dans le passé proche, les robots servaient plus à aider les personnes, alors que de nos jours en plus, on crée même des animaux mécaniques ; Les robots aujourd'hui sont de plus en plus employés pour l'usage domestique. Ils peuvent se déplacer comme des hommes en marchant et même en courant. Mais rien de cela n'aurait été possible sans l'intelligence artificielle.

La robotique se développe actuellement en deux grandes branches :

- La robotique manufacturière: utilisée comme un outil de la productique, destinée à la production de biens. Ce domaine de la robotique regroupe tous les robots industriels.
- La robotique non-manufacturière: utilisée comme outil pour réaliser des tâches difficiles ou impossibles pour l'humain seul. Ce domaine regroupe essentiellement les robots de télémanipulation, les robots d'exploration, les robots mobiles et les simulateurs.

Chapitre II :

Robots mobiles

II.1. Introduction

Les robots mobiles ont une place particulière en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité qui ouvre des applications dans de nombreux domaines. Comme les robots manipulateurs, ils sont destinés à assister l'homme dans les tâches pénibles (transport de charges lourdes), monotones ou en ambiance hostile (nucléaire, marine, spatiale, lutte contre l'incendie, surveillance...) [8].

L'apparition des plateformes mobiles est dans l'objectif de combler les lacunes des bras manipulateurs, puisqu'ils peuvent évoluer dans de grands espaces. Ce sont des dispositifs qui sont généralement constitués d'un véhicule semblable à un chariot motorisé, ils peuvent être dotés de divers outils de locomotion. On peut citer les mobiles à roues, les mobiles à chenilles, les mobiles marcheurs ou encore les robots rampants [12]. Les plateformes mobiles ont été utilisées pour transporter des charges en milieux industriels, ou dotées de divers outils pour une plus vaste utilisation (nettoyage, exploration ou surveillance,... etc.), d'où la possibilité de franchissement d'obstacles.

Et bien souvent, quand on parle de robotique mobile, on sous entend robots mobiles à roues. Ce sont en effet les systèmes les plus étudiés, parce qu'ils sont plus simples à réaliser que les autres types de robots mobiles, ce qui permet d'en venir plus rapidement à l'étude de leur navigation. Ce type de robots est notamment très souvent utilisé pour l'étude des systèmes autonomes. Vient ensuite la robotique mobile à pattes, avec notamment la robotique humanoïde, mais également des robots avec un nombre de pattes plus élevés qui offrent de bonnes propriétés pour la locomotion en milieu difficile (milieux forestiers et agricoles). La stabilité des mouvements de ce type de robots est en particulier un thème de recherche important [13]. Enfin il existe également de nombreux autres types de robots mobiles (robots marins, sous marins, drones volants, micro et nano robots) [14],[15], généralement l'étude de ce type de robots se fait dans des thématiques spécifiques avec des problèmes particuliers à l'application visée.

L'objectif de ce chapitre est de donner un bref exposé sur le domaine de la robotique mobile, en particulier la navigation autonome des robots mobiles à roues et présenter leur autonomie.

II.2. Définition d'un robot mobile

IL existe diverses définitions du terme robot mobile [16] :

1. Un robot mobile est d'abord une base mobile par opposition aux robots manipulateurs. A ce titre, il peut être utilisé pour le transport, c'est une machine automatique capable de se mouvoir dans un environnement donné. On regroupe sous cette appellation tous les robots autonomes (non Télécommandés) capables de se déplacer, par opposition aux robots attachés à un point fixe.
2. Un robot mobile est un manipulateur reprogrammable multifonctionnel conçu pour déplacer des matériaux, des outils, des pièces ou des composants spécialisé à travers une série de mouvements programmés pour effectuer une tâche précise.
3. Un robot est une machine équipée de capacités de perception, de décisions et d'actions qui lui permettent d'agir de manière autonome dans son environnement en fonction de la perception assurée par leurs capteurs.

II.3. Grandes classes 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 la 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.

II.4. Mode de fonctionnement

Il existe deux principaux modes de fonctionnement pour un robot mobile : télé-opéré et autonome.

En mode télé-opéré, une personne pilote le robot à distance. Elle donne ses ordres via une interface de commande (joystick, clavier/souris...), et ceux-ci sont envoyés au robot

via un lien de communication (internet, satellite ...). D'ailleurs, suivant le niveau de téléopération, le terme « robotique » est plus ou moins justifié. Le robot doit donc obéir aux ordres de l'opérateur qui perçoit l'environnement autour du robot, par différents moyens (retour d'image), de manière à donner des ordres adaptés au robot. Dans ce domaine, les efforts de recherche sont beaucoup portés sur les problèmes liés au réseau de télécommunication (retards dans le réseau de communication, problèmes de commande, pertes de données) et sur l'amélioration de la perception de l'environnement par l'opérateur (retours d'efforts).

A l'inverse, en mode autonome le robot doit prendre ses propres décisions. Cela signifie qu'il doit être capable à la fois de percevoir correctement son environnement, mais également de savoir comment réagir en conséquence, suivant le niveau d'autonomie. C'est à lui de planifier son parcours et de déterminer avec quels mouvements il va atteindre son objectif. Les recherches dans ce domaine portent principalement d'une part sur la localisation du véhicule autonome et la cartographie de son environnement, d'autre part sur le contrôle de tels véhicules (structure de contrôle, stratégies de commande, planification). Cette notion d'autonomie, que nous pourrions qualifier de décisionnelle, ne doit pas être confondue avec celle d'autonomie énergétique (capacité du robot à gérer efficacement son énergie, à la préserver, voire à se ravitailler), même si ces deux notions sont étroitement liées: idéalement une des préoccupations principales d'un robot mobile totalement autonome (du point de vue décisionnel), serait en effet de pouvoir gérer de lui-même ses réserves d'énergie [17].

II.5. Autonomie d'un robot mobile

Le robot mobile est un agent physique réalisant des tâches dans son environnement, doté de capacités de perception, de décision et d'action. L'objectif est de permettre au robot d'interagir rationnellement avec son environnement automatiquement (sans intervention humaine) [18]. Cette nouvelle machine est caractérisée par sa capacité à être programmée pour réaliser des tâches très diverses. Mettant en œuvre en particulier un ensemble de capteurs et un ensemble d'actionneurs [19]. Ses capacités en matière de manipulation d'objets lui ont permis de s'intégrer dans des lignes de production industrielle, où elle se substitue à l'homme dans les tâches difficiles, répétitives ou à risque pour l'être humain.

La figure II.1 présente l'interaction du robot avec son environnement. La manière dont le robot mobile gère ces différents éléments est définie par son architecture de contrôle,

qui peut éventuellement faire appel à un modèle interne de l'environnement ou une stratégie intelligente pour lui permettre de planifier ses actions à long terme.

Nous considérons qu'un système est autonome si [20] :

- Il est capable d'accomplir sans intervention humaine les objectifs pour lesquels il a été conçu,
- Il est capable de choisir ses actions afin d'accomplir ses missions.

L'activité d'un tel robot se ramène aux tâches suivantes comme illustrée sur la figure II.2 [21] :

- **Perception:** le robot doit acquérir des informations sur l'environnement dans lequel il évolue par l'intermédiaire de ses capteurs. Ces informations permettent de mettre à jour un modèle de l'environnement (architectures hiérarchiques ou délibératives) ou peuvent être directement utilisées comme entrées de comportement de bas niveau (architecture purement réactive);
- **Décision:** le robot doit définir des séquences d'actions résultant d'un raisonnement appliqué sur un modèle de l'environnement ou répondant de manière réflexe à des stimuli étroitement liés aux capteurs;
- **Action:** il doit exécuter les séquences d'actions élaborées en envoyant des consignes aux actionneurs par l'intermédiaire des boucles d'asservissements.

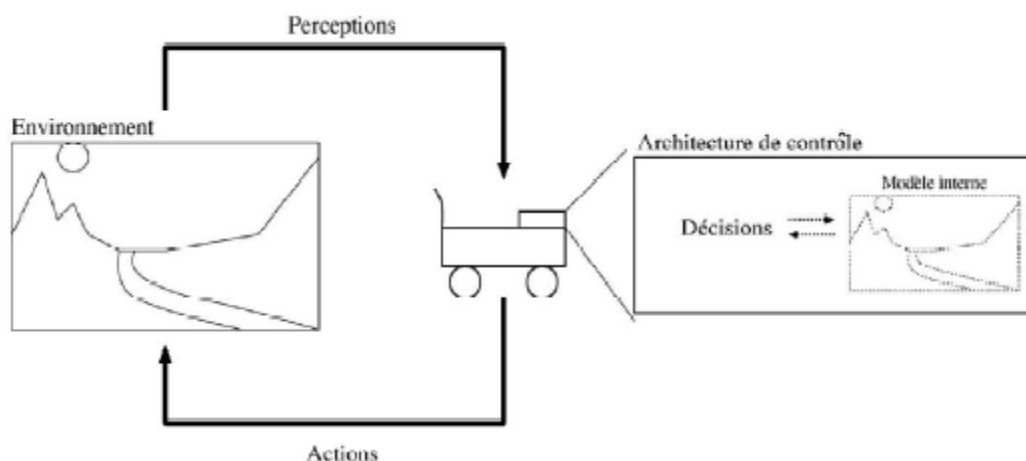


Figure II .1: Interaction entre le robot et l'environnement.

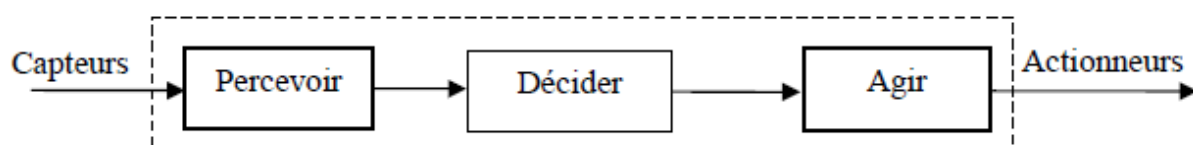


Figure II.2 : Etapes de traitement automatique.

II.6. Constitution d'un robot mobile autonome

Un robot mobile autonome se décompose en trois sous-systèmes comme le montre la figure II.3 [22]:

- La structure mécanique.
- La charge utile.
- La structure de commande.

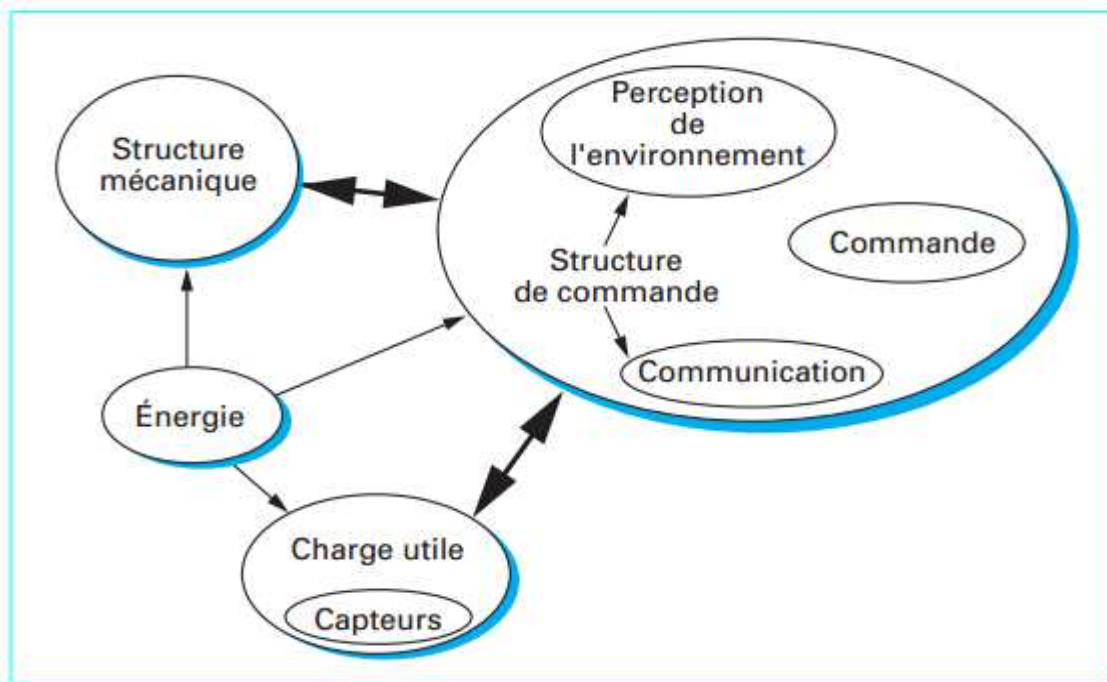


Figure II.3: Décomposition d'un robot mobile autonome.

II.6.1. Structure mécanique

Elle rassemble les éléments mécaniques et électriques permettant d'assurer la fonction de mobilité. Le mouvement est obtenu en associant la propulsion et l'appui sur le milieu. La propulsion, très liée à l'application du robot, est assurée par des techniques variées (électrique, thermique, pneumatique ou hydraulique) en fonction de sa taille, sa masse et de son lieu d'évolution. Le milieu dans lequel évolue le mobile détermine en général le mode d'appui.

On dénombre deux grands types de milieux naturels : le milieu solide et le milieu fluide. La majorité des applications des robots mobiles autonomes relève du premier cas. Le second, plus restreint, concerne les robots sous-marins ou robots volants. Nous nous

intéressons plutôt au premier type qui ouvre des voies d'applications plus nombreuses. Trois mécanismes de locomotion sont utilisés sur sol solide :

- Mobiles à roues
- Mobiles à chenilles
- Mobiles à pattes

II.6.2. Charge utile

La charge utile est la charge que peut porter le robot, elle est nettement inférieure à la charge maximale que peut porter le robot qui est directement dépendante des actionneurs.

La mobilité du robot autonome n'est pas une fin en soi. Le déplacement est dicté par une action à réaliser sur l'environnement. La charge utile concerne directement l'application du robot. Il s'agit en général de véhiculer soit un outil (ex : brosse pour le robot nettoyeur), soit un instrument de mesure (ex : une caméra pour le robot d'inspection) ou un objet quelconque (ex : conteneur pour le robot de transport).

II.6.3. Structure de commande

La structure de commande repose sur trois modules fonctionnant de manière indépendante entre eux. Il s'agit des modules :

- de perception de l'environnement;
- de communication homme-machine;
- de commande.

II.6.3.1. Perception de l'environnement

La capacité d'autonomie d'un robot mobile est liée à sa faculté de percevoir et d'interpréter son environnement. Les variations d'états aléatoires de l'espace d'évolution demandent au robot une constante adaptation et des réactions différentes de celles prévues lors de la planification du mouvement. Le module de perception se décompose en plusieurs éléments: le transducteur, la modélisation, la détermination du type d'événement et la prise de décision. L'acquisition d'un état de l'environnement s'effectue soit par la mesure d'une énergie propre issue de l'espace d'évolution, soit par la réflexion d'énergie émise par une

source artificielle. La donnée à traiter est contenue dans les caractéristiques de l'énergie réfléchie.

II.6.3.2. Communication homme-machine

La structure de commande intègre les aspects de communication entre le robot et l'ordonnateur de tâches. La communication est réalisée à l'aide de multiples supports : écrit, visuel, sonore. En fait, ce module de communication paraît prendre de plus en plus d'importance à l'heure actuelle. Cela semble paradoxal avec le principe d'autonomie de notre robot. En fait, l'idée du robot mobile tout autonome semble perdre du terrain. La majorité des développements en cours, industriels ou dans les laboratoires s'oriente vers des fonctions autonomes des robots permettant de faciliter la tâche d'un opérateur. Pour cette raison, la communication avec l'homme est un maillon essentiel. Des interfaces de plus en plus conviviales sont développées.

II.6.3.3. Commande

La planification des actions et le contrôle des déplacements se situent dans trois référentiels différents. Du plus abstrait au plus concret, nous les avons repérés: monde idéal, monde perçu et monde réel. Cette décomposition est classique pour les systèmes automatiques de commande. L'élément nouveau, s'agissant des robots mobiles, est que le monde idéal a un champ très étendu, car se référant, éventuellement, non seulement à des représentations de type intégral-différentiel, mais aussi à des représentations et classifications de type sémantique (par exemple des notions de corridor, de pièces, etc.). Ainsi, le monde idéal dans lequel évolue le robot sera l'objet d'au moins trois modélisations, correspondant à des niveaux de planification différents. Il s'agit de la modélisation sémantique, de la modélisation topologique et de la modélisation géométrique.

II.7. Navigation autonome des robots mobiles

La navigation d'un robot mobile est une tâche qui consiste, généralement, à trouver un mouvement libre dans l'espace de configuration (environnement de travail) sans collision avec les obstacles proche du robot. L'espace de configuration est l'ensemble des paramètres caractérisant la position du robot dans son environnement (position et orientation).

Ce mouvement amène le robot d'une configuration initiale $q_0 = q(t_0) = (x_0, y_0, q_0)$ à une autre finale désirée $q_f = q(t_f) = (x_f, y_f, q_f)$ [12],[23],[24].

La figure II.4 présente une description de la tâche de navigation d'un robot mobile. Comme montré, le robot démarre d'une situation initiale s , il doit exécuter les actions de mouvement, qui sont généralement la vitesse et l'angle de braquage ($v(t)$ et $a(t)$) lui permettant de se mouvoir vers une nouvelle situation $s(t+1)$. La navigation est obtenue à travers un processus itératif comme suit:

1. À chaque instant t , avec $t = 0, 1, \dots, k, \dots$, le robot doit mesurer les distances aux obstacles de l'environnement d_i et les positions: courante et finale: $(x_r(t), y_r(t), q_r(t))^T, P_g(x_g, y_g)$;
2. Le système de contrôle détermine les variables de commande adéquate $v_r(t+1)$ et $a(t+1)$,
3. Le robot exécute ses actions en déplaçant vers les nouvelles coordonnées,
4. Répéter le même processus (les étapes: 1, 2 et 3) de détection de la situation et génération des actions jusqu'à la destination finale appelée but.

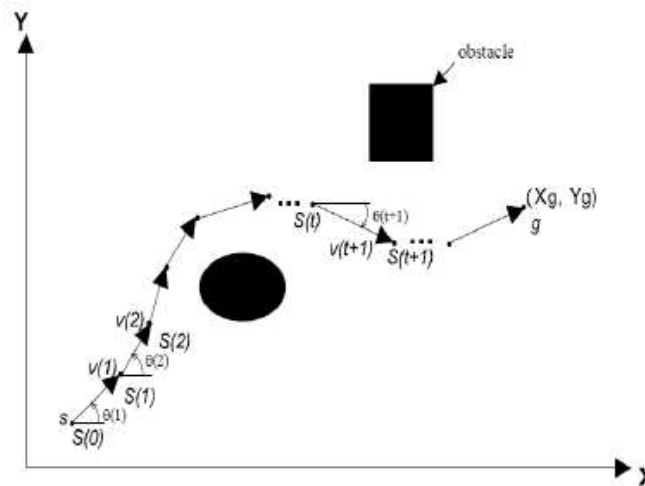


Figure II.4 : Processus de navigation autonome.

Pour exécuter une tâche de navigation autonome, un robot mobile doit mettre en œuvre un certain nombre de fonctionnalités, que nous détaillons ici:

II.7.1. Planification de mouvement

La planification de mouvement dans sa formulation classique est le problème du calcul d'un chemin sans collision pour un système mécanique, entre une configuration de départ et une configuration d'arrivée données, dans un modèle géométrique de l'environnement.

Les méthodes efficaces de planification de mouvement reposent sur des algorithmes probabilistes qui explorent aléatoirement l'espace des configurations afin d'en caractériser la connexité [18].

II.7.2. Localisation

Afin d'exécuter le mouvement planifié, le robot doit se localiser dans l'environnement. La localisation est l'estimation de la position du robot par rapport à un repère fixe de l'environnement. Cette estimation de la position peut s'effectuer soit par une mesure des déplacements du robot soit par une mesure de sa position absolue dans l'environnement [19].

Du fait des incertitudes sur les mesures utiles pour la localisation, le problème de la localisation est généralement modélisé dans un cadre probabiliste.

II.7.3. Suivi de trajectoire

Le suivi de trajectoire consiste à calculer les commandes des actionneurs du système permettant de réaliser le mouvement planifié. Un robot étant considéré comme un système dynamique, on utilise des méthodes de commande par retour d'état pour asservir le système sur une trajectoire de référence [25].

II.7.4. Évitement réactif d'obstacles

Le suivi de la trajectoire planifiée ne permet pas de garantir l'absence de collision avec les objets statiques ou dynamiques existants. L'évitement d'obstacles est un comportement de base présent quasiment dans tous les mouvements des robots mobiles [23]. En effet, des collisions peuvent se produire lors de l'exécution de la trajectoire, dues à :

- une localisation imparfaite,
- un plan imprécis, des obstacles qui n'étaient pas dans le modèle de l'environnement utilisé pour la planification de trajectoire. Tous ces éléments font que le mouvement initialement planifié qui doit être adapté lors de son exécution, et que des stratégies d'évitement réactif d'obstacles doivent être mises en œuvre. On adoptera des stratégies différentes en fonction du type de système, de sa vitesse, et du champ d'application.

II.7.5. Parking

Le parking est la phase finale de la navigation autonome. Il occupe une place particulière pour deux raisons :

- La manœuvre de parking est en général un mouvement fortement contraint et qui requiert une grande précision.

- l'objectif d'une mission de navigation est souvent d'atteindre une configuration finale spécifiée.

Le succès de cette mission dépend de la réalisation de cet objectif.

II.8. Modélisation

Pour la modélisation terrain plat, nous définissons un repère absolu (fixé dans l'environnement) $R = (O, x, y, z)$ donc l'axe z est perpendiculaire au sol. Nous définissons un repère mobile lié au robot $R' = (O', x', y', z')$, dit égocentrique. Le point O' est le point de contrôle du robot. Généralement, sur un robot type voiture, le point de contrôle est fixé au centre de l'essieu non directeur. Ce repère égocentrique se déplace avec le robot. Pour réaliser une navigation, l'état du robot est totalement défini par le vecteur [26]:

$$X = \begin{pmatrix} x \\ y \\ \theta \\ s \end{pmatrix}$$

Dans lequel θ désigne l'orientation du robot dans le plan (O, x, y) et s sa vitesse curviligne.

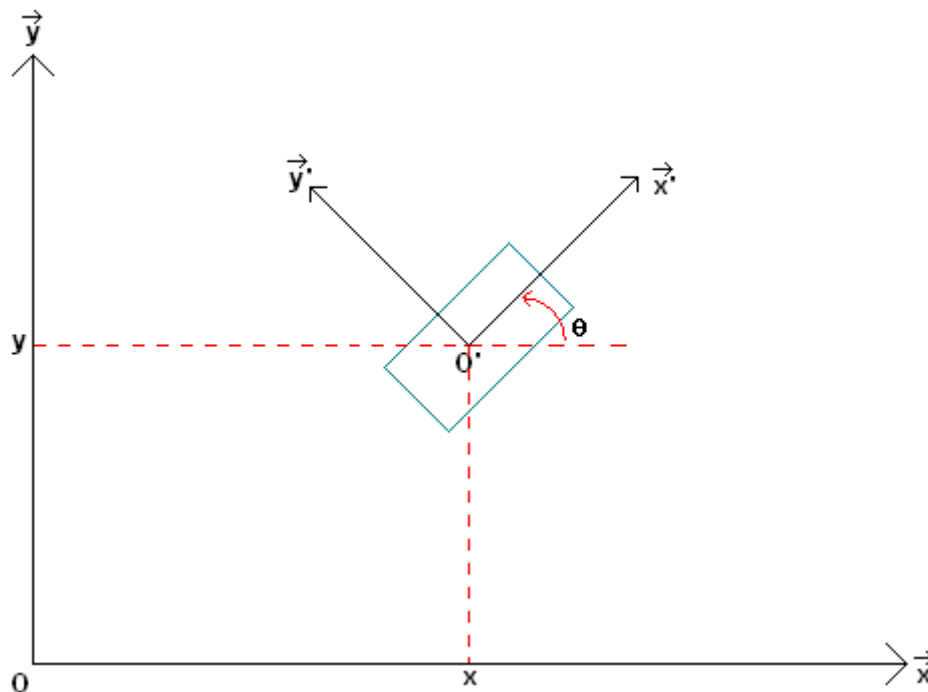


Figure II.5: Modélisation du robot dans le repère absolu.

II.9. Principales structures cinématiques

Tout système évoluant dans un plan 2D possède 3 degrés de liberté : une translation selon l'axe x, une translation selon l'axe y et une rotation autour d'un axe z normal à (x, y). Cependant une roue classique ne possède que 2 degrés de mobilité : elle ne peut faire qu'une translation (avancer ou reculer), ou une rotation sur elle-même. Elle ne peut pas déraiper transversalement pour effectuer un mouvement de translation horizontal.

Cette contrainte empêche la plupart des véhicules « traditionnels » d'effectuer un déplacement instantané transversal (parallèlement à l'axe de rotation de la roue).

C'est une contrainte que l'on retrouve sur tous les robots mobiles de type voiture ou à roues différentielles. De tels véhicules, possédant un nombre de degrés de mobilité inférieur au nombre de degrés de liberté, sont dits non-holonomes, et cette contrainte touche principalement les robots mobiles à roues [27].

II.10. Catégories principales de robots à roues

Il existe trois catégories [12] :

- Robot mobile de type unicycle.
- Robot mobile de type tricycle.
- robot mobile de type voiture.

II.10.1. Robot mobile de type unicycle

- Deux roues motrices indépendantes.
- Une ou plusieurs roues folles (« castor » ou « caster») pour assurer la stabilité.
- Simplicité de construction;
- Propriétés cinématiques intéressantes;
- Très utilisé.

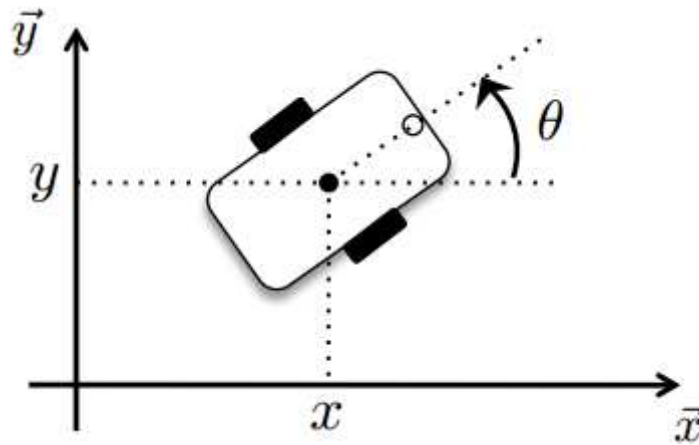


Figure. II.6: Robot mobile type unicycle.

II.10.1.1. Modèle cinématique en posture du robot de type uni cycle

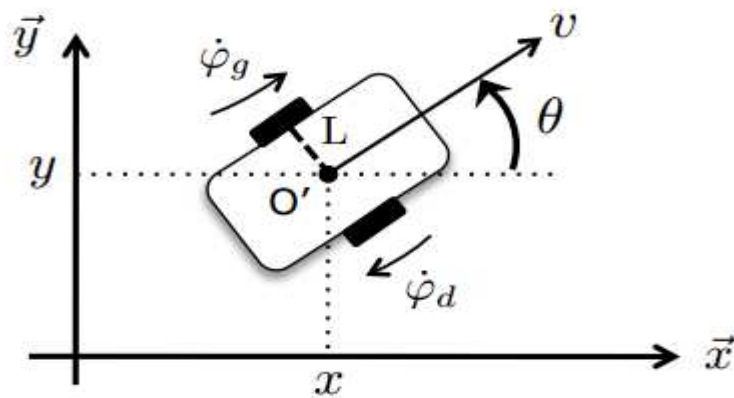


Figure II.7: Modèle cinématique en posture du robot de type unicycle.

$$\begin{cases} \dot{X} = V \cos \theta \\ \dot{Y} = V \sin \theta \\ \dot{\theta} = W \end{cases}$$

(V, W) : commande du robot (vitesse longitudinale et vitesse de rotation du robot autour de O').

Typiquement : $V \in [-1, 1]$, $W \in [-1, 1]$.

$\dot{\phi}_d$: vitesse angulaire roue droite.

$\dot{\phi}_g$: vitesse angulaire roue gauche.

1L : entre-axe des roues.

R : rayon des roues.

II.10.2. Robot mobile de type tricycle

- Deux roues fixes sur le même axe.
- Une roue centrée orientable.
- Angle de braquage (du train avant) limité.
- Propriétés cinématiques similaires au robot unicycle.

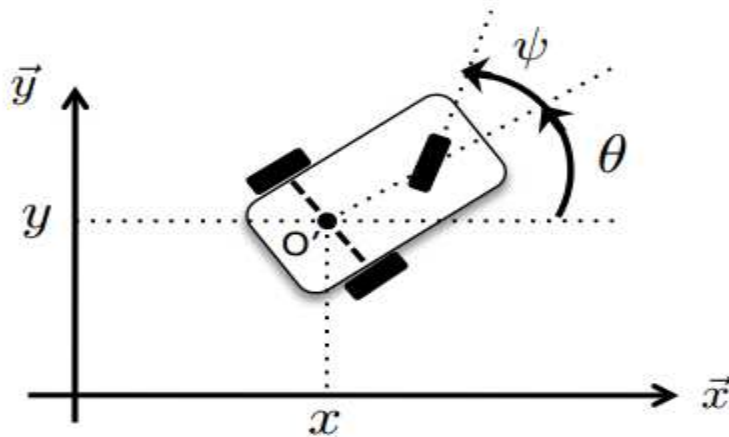


Figure II.8 : Robot mobile de type tricycle.

II.10.2.1. Modèle cinématique en posture du robot de type tricycle (motorisé à l'avant)

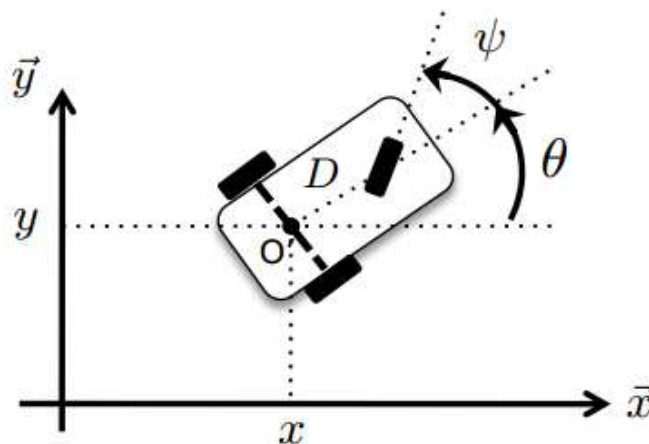


Figure. II.9: Modèle cinématique en posture du robot de type tricycle (motorisé à l'avant).

$$\begin{cases} \dot{X} = u_1 \cos \theta \cos \psi \\ \dot{Y} = u_1 \sin \theta \cos \psi \\ \dot{\theta} = u_1 \sin \psi \\ \dot{\psi} = u_2 \end{cases}$$

(u_1, u_2) : commande du robot (vitesse longitudinale et vitesse angulaire imposée à la roue orientable).

D : distance entre le centre de la roue orientable et le centre de l'axe à l'arrière. Le robot de type tricycle n'est que rarement utilisé, car il n'est pas très stable.

Le plus répandu : robot mobile de type voiture.

II.10.3. Robot mobile de type voiture

- Deux roues avant: système de braquage différentiel.
- Les trajectoires des roues du train avant n'ont pas le même rayon de courbure et les vitesses des roues sont aussi différentes (et liées, évidemment).
- Faible manœuvrabilité.

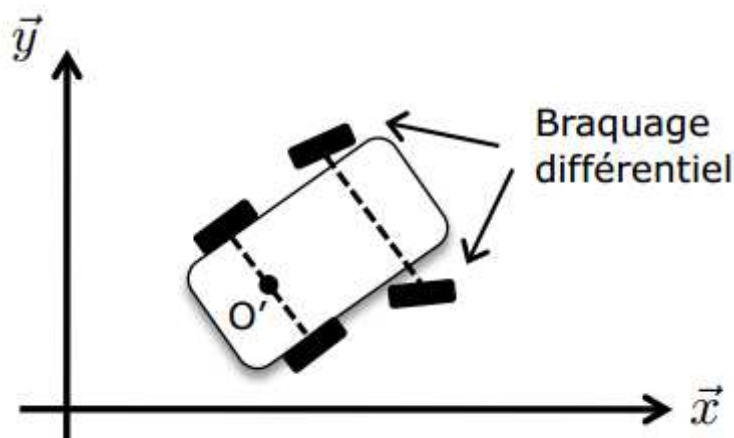


Figure II.10: Robot mobile de type voiture.

II.11. Conclusion

L'étude des robots mobiles à roues est un domaine de recherche en pleine expansion, et qui présente des enjeux industriels considérables.

Les robots mobiles sont développés essentiellement dans le but d'effectuer des tâches différentes, la navigation est considérée comme tâche de base car la réussite de n'importe quelle mission exige le bon déroulement de la navigation.

Les robots mobiles à roues sont les robots mobiles les plus répandus, à cause de leurs structures mécaniques simples et leurs commandes relativement plus faciles que les autres

robots qui diffèrent par leur moyen de locomotion. La commande d'un robot mobile se divise généralement en trois étapes principales: perception, décision et action.

Après cet aperçu dans le chapitre suivant, nous présenterons une conception d'un robot mobile.

Chapitre III :

Conception du robot mobile

III.1. Introduction

La conception est une étape cruciale dans notre travail qui consiste à la création de notre propre robot mobile qui se déplace sur un terrain plat. Ainsi, nous avons réfléchi aux fonctionnalités à mettre en place de façon raisonnable. La fonction première envisagée est d'offrir à ce robot une autonomie dans ses déplacements, en évitant les obstacles qui peuvent être rencontrés sur son chemin, et ce, grâce à un système embarqué sur batteries. La deuxième fonction ciblée est la commande à distance et sans fil du robot, cependant nous avons étendu cette fonction au joystick, ce qui permet d'avoir différentes approches pour la direction. Etant autonome et télé-opéré.

Dans ce chapitre nous allons faire la conception en commençant par la présentation de composants, matériels et logiciels, les plus courants en robotique mobile. Par la suite, nous allons choisir les composants finaux qu'on doit utiliser pour réaliser notre robot selon la disponibilité des moyens et la tâche à réaliser. Nous expliquerons ensuite tous nos choix de développements ainsi que le cheminement du projet. Nous aborderons notamment les problèmes que nous aurons rencontrés et les solutions que nous avons tentées d'apporter pour arriver à réaliser un prototype fini et fonctionnel.

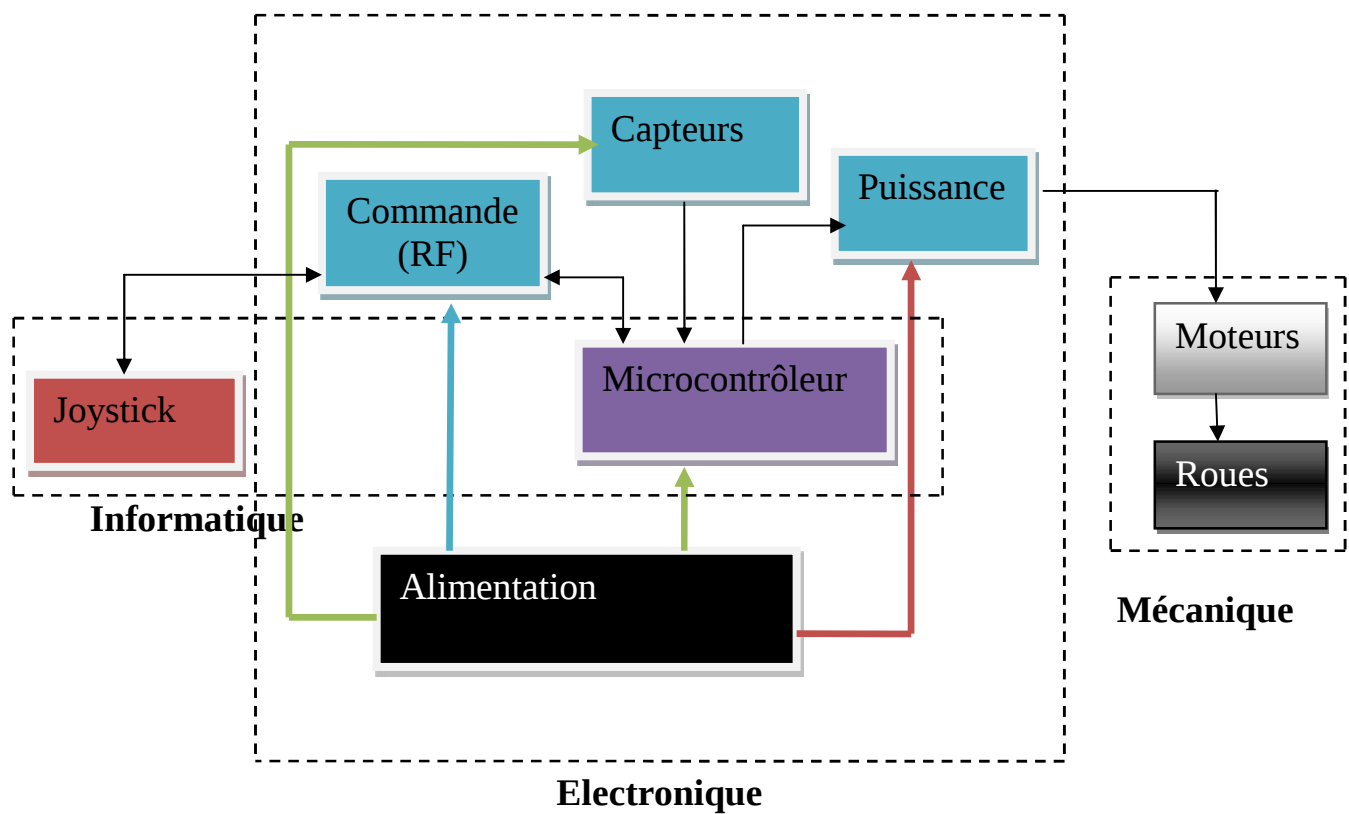


Figure III.1: La structure générale d'un robot mobile.

12V →

5V →

3.3V →

III.2. Composants du robot mobile

On peut distinguer les différentes parties fonctionnelles de robot :

- Mécanique ;
- Electronique ;
- Informatique.

III.2.1. Partie mécanique

III.2.1.1 Châssis

Un châssis est une plaque sur laquelle sont posés tous les composants du robot et permettant de le faire tenir en équilibre.

Parmi les différents matériaux que l'on peut utiliser pour réaliser le châssis d'un robot, l'aluminium est le plus apprécié. Cette matière présente de nombreux avantages, elle existe en plaque, en tube, carré ou rond, ou sous d'autres formes. L'aluminium est léger, facile à travailler, à découper et à percer. De plus, il permet de réaliser un châssis très solide, c'est pour ces raisons on va l'utiliser pour réaliser le châssis de notre robot [28].

III.2.1.2. Moyens de locomotion

Pour une base mobile, la locomotion est très importante, dans le cadre de sa stabilité. Les principes constructifs pour déplacer un robot mobile sont nombreux et variés. On peut distinguer comme grandes catégories les roues et les chenilles [19],[20].

III.2.1.2.1. Chenilles

Les robots avec des chenilles sont pratiques pour de nombreuses fonctions. En effet, les chenilles offrent aux robots la capacité de se déplacer dans des milieux de toutes sortes d'obstacles, comme des rochers, des fossés. Compte tenu de la matière des chenilles, la traction est excellente, même sur des surfaces glissantes. L'utilisation des chenilles présente l'avantage d'une bonne adhérence au sol et d'une faculté de franchissement d'obstacles. L'utilisation est orientée vers l'emploi sur un sol accidenté ou de mauvaise qualité.

La conception de base des robots entraînés est simple : deux chenilles, une de chaque côté du robot, agissent comme des roues géantes.

III.2.1.2.2. Roues

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. 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 d'orientation est perpendiculaire au sol, il passe par le centre de la roue ;

- Les roues décentrées orientables, souvent appelées roues folles, pour lesquelles l'axe d'orientation est perpendiculaire au sol, il ne passe pas par le centre de la roue.

Nous avons opté pour les roues fixes, les principales raisons de ce choix technologique sont les suivantes: les roues sont plus faciles à contrôler, elles dissipent moins d'énergie et elles permettent au véhicule de se déplacer plus rapidement. Pour donner plus d'équilibre au robot on va utiliser quatre roues motrices présentées par la figure III.2.



Figure.III.2: Les Roues.

Pour mettre les roues en mouvement on a besoin d'un système de rotation qui est le moteur, Chaque roue sera entraînée par un moteur.

III.2.1.3. Moteurs

Ce sont des composants de conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Ces moteurs servent à être commandés par la partie commande en interaction avec les informations transmises par les capteurs. Les moteurs rencontrés dans le domaine de la robotique sont essentiellement de trois types:

III.2.1.3.1. Servomoteurs

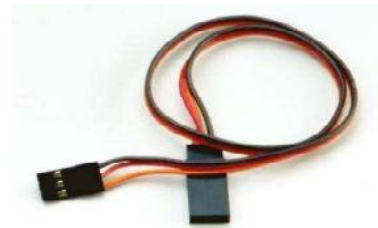
Un servomoteur est un type de moteur électrique capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir ou à l'inverse de tourner de façon continue dans un sens donné à une vitesse comprise entre 60 et 120 TPM (tours par minute).



Figure.III.3: Servomoteur.

Les servomoteurs sont commandés par un signal PWM. Ils possèdent une connectique composée de 3 câbles :

- Rouge: +5V.
- Noir: Masse.
- Orange ou Jaune: Signal PWM.



Dans le domaine de la robotique, Le servomoteur a pour but de permettre la rotation des capteurs et de connaître leurs angles de rotation.

III.2.1.3.2. Moteur pas à pas

Ces moteurs fonctionnent sur un principe différent : ici on peut faire avancer le moteur d'un certain nombre de « pas ». En gros il y a un nombre prédéfinis de positions possibles, et le moteur ira d'une position à l'autre. Ils permettent donc un positionnement plus précis, mais nécessitent une carte de contrôle, et ils sont bien plus complexes à utiliser. Chaque pas du moteur correspond à un angle de rotation (par exemple 1.8° pour les moteurs à 200 pas). Il sera donc possible de contrôler précisément la vitesse de rotation et donc le mouvement du rotor. Le moteur pas à pas permet de transformer une impulsion électrique en un mouvement angulaire.



Figure.III.4: Moteurs pas à pas.

On trouve trois types de moteurs pas à pas :

- le moteur à réluctance variable.
- le moteur à aimants permanents.
- le moteur hybride, qui est une combinaison des deux technologies précédentes.

III.2.1.3.3. Moteurs à courant continu

Le moteur à courant continu est composé de deux parties principales : le rotor (partie qui tourne) et le stator (partie fixe). En électrotechnique le stator s'appelle aussi inducteur et le rotor s'appelle l'induit. Sur l'image au-dessous, nous pouvons observer au milieu – entouré par les aimants bleu et rouge qui constituent le stator – le rotor composé de fils de cuivre enroulés sur un support lui-même monté sur un axe. Cet axe, c'est l'arbre de sortie du moteur. C'est lui qui va transmettre le mouvement à l'ensemble mécanique (pignons, chaîne, actionneur...) qui lui est associé en aval [29].

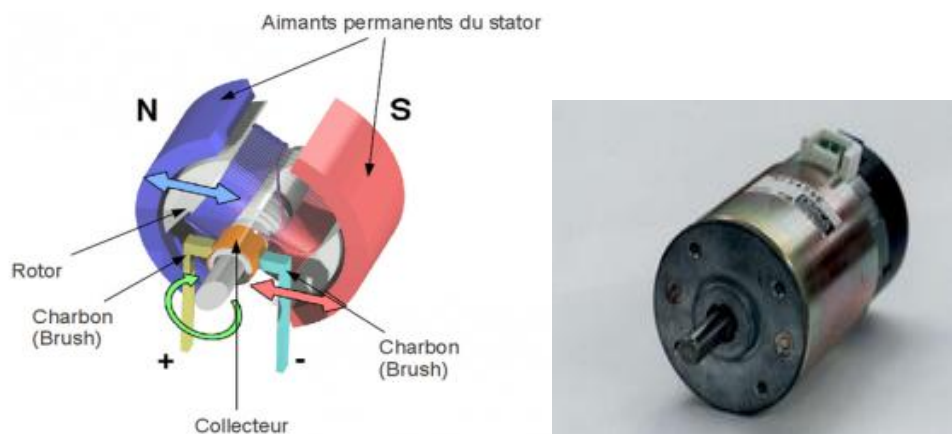


Figure.III.5: Moteur à courant continu.

Dans le cas d'un robot sur roues par exemple, on va mettre la roue sur cet axe, bien souvent par l'intermédiaire d'un réducteur qui diminue la vitesse de rotation tout en augmentant le couple. Le couplage, moteur et réducteur, donne un quatrième type de moteur qui est nommé Motoréducteur.

III.2.1.3.4. Motoréducteur

Le motoréducteur est un ensemble constitué d'un réducteur déjà équipé d'un moteur électrique et prêt à être monté sur les installations. En fonction du besoin, il existe plusieurs types de motoréducteurs, soit à axe moteur déporté, soit à axe perpendiculaire par rapport à

l'axe de sortie (sortie mâle ou sortie femelle), celle-ci pouvant être à axe simple ou à axe double.



Figure.III.6:Motoréducteur.



Figure.III.7:Engrenages intégrés.

III.2.1.3.5. Utilisation

Un réducteur est un ensemble composé d'engrenages, qui permet de réduire la vitesse de rotation de l'axe du moteur qui est généralement de 1 500 tr/min (pour une fréquence d'excitation de 50 Hz) tout en augmentant le couple de sortie. Ces moteurs peuvent être à courant continu pour les micro-réducteurs ou à courant alternatif pour les gros motoréducteurs industriels. On peut schématiser le fonctionnement d'un réducteur de la manière suivante:

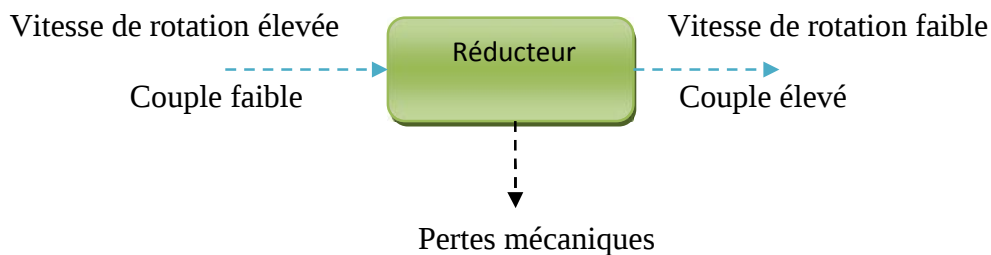


Figure.III.8: Le fonctionnement d'un réducteur

Notre choix se porte sur un motoréducteur: ce choix s'est fait par élimination. En premier lieu nous avons éliminé les servomoteurs, car ils ont un système angulaire à une vitesse constante invariable. Ensuite nous avons éliminé les moteurs pas à pas, car ils sont trop complexes à utiliser. Plus difficile à faire fonctionner qu'un moteur à courant continu, vitesse et couple relativement faible, Couple décroissant rapidement lorsque la vitesse augmente.

Enfin il reste deux types de moteurs: les moteurs à courant continu et les motoréducteurs.

Tout d'abord nous avons envisagé l'usage de moteurs à courant continu. Mais ces derniers ont comme inconvénients d'avoir des caractéristiques inutilisables : leur vitesse est très élevée, ce qui fait, le robot avancerait trop rapidement. Ensuite, pour faire varier la vitesse du moteur, il est nécessaire de varier la tension qui l'alimente. Pour cela, il faudrait fournir un courant très faible, ce qui est difficile à accomplir car il y a des pertes de courant électrique. Nous avons donc choisi la seule solution qu'il nous restait et également la plus avantageuse ; Les motoréducteurs sont des moteurs à courant continu mais couplés avec un réducteur. Celui-ci va réduire la vitesse de rotation du moteur grâce à un système d'engrenages. Ainsi nous pouvons contrôler la vitesse de robot pour pouvoir optimiser ses capacités. Nous n'avons donc plus besoin de faire varier la tension ce qui simplifie encore le robot pour les mêmes capacités.

III.2.2. Partie électronique

Nous avons des moteurs, des roues, maintenant il reste à commander tout cela, il nous faut un circuit capable de faire tourner les moteurs dans un sens ou dans l'autre afin de donner la mobilité au robot. La carte arduino est plus adaptée pour cet objectif.

III.2.2.2. Arduino:

III.2.2.2.1. Présentation d'Arduino

Carte électronique basée autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel.

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs, composée de six individus, c'est un outil qui va permettre aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes. Elle constitue en elle-même deux choses : Le logiciel et Le matériel. (Nous étudierons dans cette partie que le côté matériel) [30].

III.2.2.2.2. Carte arduino Mega 2560

Il existe plusieurs versions de la carte arduino, les plus utilisables sont : La carte Uno et La carte Mega.

Nous utiliserons La carte ArduinoMega2560, c'est une carte qui offre toutes les fonctionnalités des précédentes, mais avec des options en plus. On retrouve notamment un nombre d'entrées et de sorties plus importantes ainsi que plusieurs liaisons séries.

Voilà à quoi ressemble la carte que nous allons utiliser avec quelques détails utiles sur les interfaces d'une carte Mega 2560.

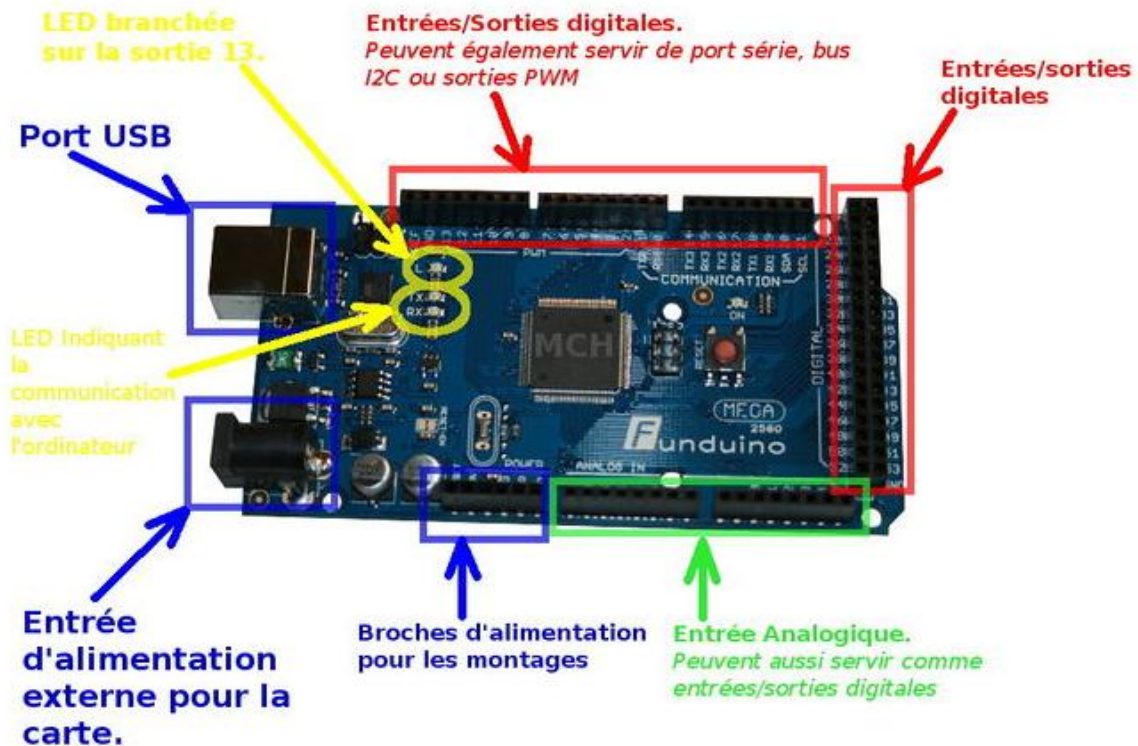


Figure III.9: La carte arduino mega 2560.

III.2.2.2.3. Constitution de la carte

1-Microcontrôleur: ATmega 2560.

2-Alimentation

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

3-LEDs RX/TX

Elles permettent de savoir que votre PC communique bien avec votre Arduino. Ces LEDs clignotent aussi pendant la programmation de la carte. Elles sont connectées à une broche du microcontrôleur et vont servir pour tester le matériel.

4- LED Pin 13

L'Arduino est pré-chargé avec un programme qui s'appelle "bootloader" qui fait clignoter cette LED toutes les secondes.

III.2.2.2.4. Caractéristiques de la carte arduino Mega

- Tensions d'alimentation (limites): 6-20V.
- Broches E/S numériques: 54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM).
- Broches d'entrées analogiques: 16 (utilisables en broches E/S numériques).
- Intensité maximale disponible par broches E/S (5V): 40 mA (200mA cumulées pour l'ensemble des broches E/S).
- Intensité maximale disponible pour la sortie 3.3V: 50 mA.
- Intensité maximale disponible pour la sortie 5V: Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul.
- Vitesse d'horloge: 16 MHz.

III.2.2.2.5. Les bonnes raisons de choisir Arduino

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose. Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Microchip. Nous allons voir pourquoi choisir l'Arduino.

- En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement à faible coût, ce qui est un bon rapport qualité/ prix.
- Elle constitue en elle-même deux choses :
 - Le logiciel
 - Le matériel

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

Finalement, nous avons opté le choix de cette carte par rapport à toutes ses qualités.

La carte arduino pilote les moteurs par l'intermédiaire d'un circuit de puissance spécialement conçu, car le courant qui est demandé par les moteurs est bien trop grand par rapport à ce que délivre une sortie numérique d'une carte arduino (environ 40mA). De plus, les moteurs à courant continu sont des véritables sources de parasites qui pourraient endommager la carte Arduino, quand ils tournent, génèrent des surtensions très grandes par rapport à leur tension d'alimentation. Ce sont deux bonnes raisons de ne pas brancher les moteurs directement à la carte arduino. Donc, Il nous faut une interface de puissance qui fait tourner les moteurs à la bonne vitesse et dans les deux sens (horaire et anti horaire) sans endommager la carte. Pour cela il existe un composant très fréquent dans le monde de la robotique, C'est le **pont H**.

III.2.2.3. Principe du pont en H [29]

Un pont en H est un circuit de puissance destiné au pilotage de sens de rotation d'un moteur, qui met en œuvre quatre transistors montés de telle façon que le courant puisse passer soit dans un sens, soit dans l'autre. En inversant le sens du courant dans le moteur, ce dernier changera de sens de rotation. Il a deux rôles principaux :

- Fournir le courant nécessaire au fonctionnement du moteur.
- Donner la possibilité d'inverser le sens du courant (donc le sens de rotation du moteur). On peut même contrôler la vitesse du moteur (c'est ce qu'on appelle une modulation en PWM).

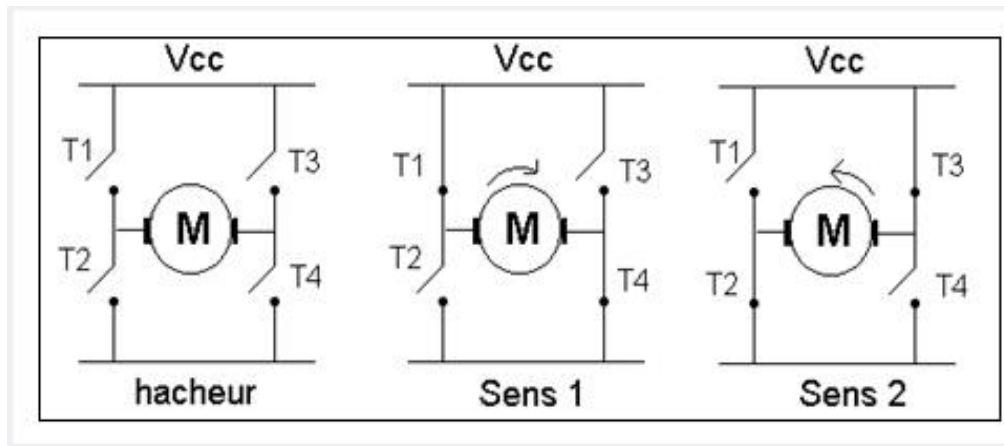


Figure.III.10: Pont H.

On a quatre transistors, symbolisés dans la figure III.10 par des interrupteurs T1, T2, T3 et T4, sont montés en pont et permettent de commander le sens de rotation du moteur : Lorsque T1 et T4 sont fermés (saturés), le moteur tourne dans un sens (sens 1). Lorsque T2 et T3 sont fermés, le moteur va tourner dans l'autre sens (sens 2).

Pour éviter les branchements des transistors et leur logique de contrôle, des composants ont été développés et produits à base de pont H. Nous allons maintenant voir deux d'entre eux : le L293(D) et le L298.

III.2.2.3.1. L293(D)

Le L293 est un pont de puissance composé de plusieurs transistors, c'est un double pont-H, ce qui signifie qu'il est possible de l'utiliser pour commander 4 moteurs distincts grâce à ses 4 canaux.

Il est également possible de constituer deux ponts-H afin de piloter deux moteurs distincts, dans les deux sens et indépendamment l'un de l'autre. Ce composant est fait pour fonctionner avec des transistors de 4,5V à 36V et il est capable de délivrer 600mA par canaux (ce qui fait 1,2A par moteur) [29].

Enfin, ce composant existe en deux versions, le L293 et le L293D. La seule différence entre les deux est que le L293D intègre déjà les diodes en parallèle des transistors (comme le montre la figure III.11) pour protéger ces derniers. Cela implique donc des concessions sur les caractéristiques, le courant max passe à 1A par canaux pour L293D et 2A pour la version sans les diodes. Ce composant a 16 broches et fonctionne selon un système de symétrie assez simple.

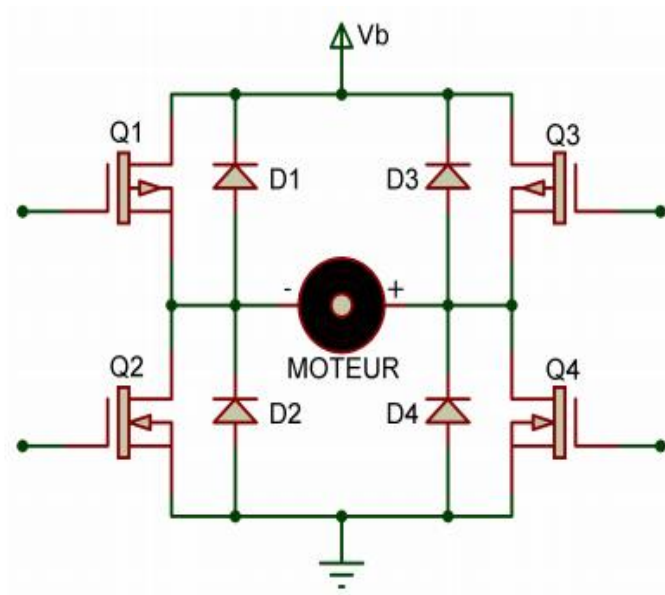


Figure.III.11: Pont H avec des diodes et des transistors.

III.2.2.3.2. L298

En effet, son fonctionnement est très similaire à celui du L293, mais il est capable de débiter des courants jusqu'à 2A nominal par pont et jusqu'à 3A pendant un bref instant. Il propose aussi une fonction pouvant être intéressante qui est la mesure du courant passant au travers du pont. On retrouve deux broches d'alimentation, une pour la logique et l'autre pour la puissance. Celle pour la logique peut aller de 4.5 à 7V (là on pourra utiliser celle de l'Arduino). L'entrée puissance, en revanche, admet une tension comprise entre 5 et 46V [29].

Ce que nous a apparu utile c'est le L293D, c'est la plus populaire, elle a la particularité de déjà contenir les diodes (pour ne pas mettre les diodes de protection sur le schéma) et sa puissance moyenne (600mA), pouvant être utilisé à partir d'un Arduino comme le montre la figure III.12.

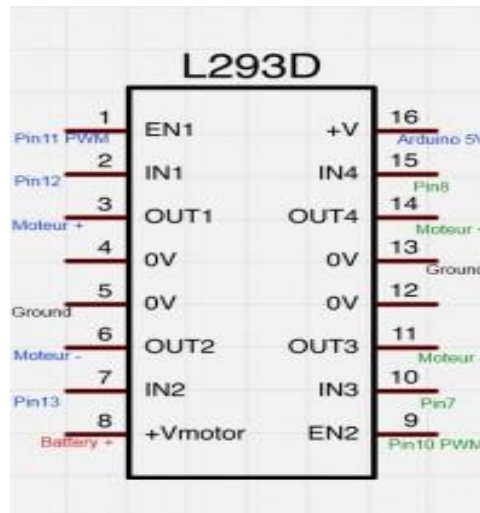


Figure.III.12:Broches du L293D avec deux moteurs sous Arduino.

III.2.2.3.3. Caractéristiques techniques du composant L293D

- Nombre de pont-H: 2
- Courant Max Régime continu: 600mA (x2)
- Courant de pointe Max < 2ms: 1200mA
- VS Max Alimentation moteur: 36v
- VSS Max Alimentation logique: 7v
- Nombre de Broches: 16 DIP
- Perte de tension: 1.3v

III.2.2.3.4. Fonctionnement du L293D

De chaque côté les broches du milieu (4, 5, 12 et 13) servent à relier la masse mais aussi à dissiper la chaleur. On trouve les entrées d'activation des ponts (enable) sur les broches 1 et 9. Un état HAUT(1) sur ces broches et les ponts seront activés, les transistors pourront s'ouvrir ou se fermer, alors qu'un état BAS(0) désactive les ponts, les transistors restent ouverts. Ensuite, on trouve les broches pour piloter les transistors. Le tableau suivant montre les cas possible et leurs actions [29]:

Entrée 1 (broche 2 et 10)	Entrée 2 (broche 7 et 15)	Fonction
0	1	Tourne dans le sens horaire
1	0	Tourne dans le sens antihoraire
0	0	Le moteur s'arrête
1	1	Le moteur s'arrête

Tableau.III.1: Commandes de L293D.

Ainsi, en utilisant une PWM sur la broche d'activation des ponts on sera en mesure de faire varier la vitesse, après avoir branché les moteurs sur les sorties respectives (3 et 6, 11 et 14) pour le voir tourner.

Le composant possède deux sources d'alimentation. Une pour la partie "logique" (contrôle correct des transistors), la broche 16 ; et l'autre pour la partie puissance (utile pour alimenter les moteurs à la bonne tension), la broche 8. Bien que ces deux entrées respectent les mêmes tensions (4.5V à 36V), nous ne sommes pas obligés de mettre des tensions identiques. Par exemple, la tension pour la logique pourrait venir du +5V de la carte Arduino tandis que la partie puissance pourrait être fournie par une pile ou une batterie de 9V par exemple.

Pour assurer à notre robot mobile la perception de l'environnement extérieur on doit le doter de capteurs.

III.2.2.4. Capteurs

Les capteurs ont une place prépondérante dans le système de traitement d'un robot. Ils peuvent à la fois informer le robot sur le milieu extérieur et l'informer sur ses propres actions en vérifiant l'état de ses actionneurs [31]. Ils sont donc des éléments indispensables à un robot autonome pour savoir ce qu'il fait, ce qui se passe et prendre les bonnes décisions en conséquence. Tout robot doit être muni de capteurs permettant la localisation du robot et la détection des obstacles. On distingue deux types de capteurs:

- Les capteurs externes (extéroceptifs) qui permettent de fournir certaines connaissances de l'environnement (distances robot-environnement, température, contact, etc.).

- Les capteurs internes (proprioceptifs) qui renseignent sur l'état du robot, des informations élémentaires sur les paramètres cinématiques (position ou vitesse des roues, charge de la batterie, etc.) [31]. Et qui permettent de connaître la trajectoire suivie par le robot [32].

Dans un robot mobile, les capteurs sont utilisés pour éviter les obstacles et pour assumer la tâche prévue. Les capteurs les plus couramment utilisés pour la perception de l'environnement sont les suivants:

III.2.2.4.1. Télémètre laser:

Les télémètres laser sont à ce jour le moyen le plus répandu en robotique mobile pour obtenir des mesures précises de distance. Leur principe de fonctionnement est le suivant :

A un instant donné, une impulsion lumineuse très courte est envoyée par l'intermédiaire d'une diode laser de faible puissance. La réflexion de cette onde donne un écho qui est détecté au bout d'un temps proportionnel à la distance capteur obstacle. La direction des impulsions est modifiée par rotation d'un miroir. Par l'angle de balayage couvrant généralement entre 100 et 180 degrés sur des produits commerciaux.

III.2.2.4.2. Capteurs de position

Un robot doit connaître précisément sa position. Elle peut se mesurer de façon absolue, par rapport à un référentiel fixe qui est en général le sol. Le déplacement par rapport au point de départ, comme somme de déplacements ou intégration de la vitesse ou de l'accélération, donne également cette position avec une erreur et dérive qu'il faut apprécier [33].

III.2.2.4.3. Odométrie

Les robots mesurent leur déplacement (odométrie) en tenant compte de la distance parcourue par les roues. La précision de mesure dépend du glissement, plus important dans les virages. La mesure du déplacement angulaire de la roue, selon le nombre de tours du moteur ou d'un axe d'entraînement, est proportionnelle à la distance [33].

III.2.2.4.4. Capteurs infrarouges

Les capteurs infrarouges sont constitués d'un ensemble émetteur/récepteur fonctionnant avec des radiations non visibles, dont la longueur d'onde est juste inférieure à

celle du rouge visible, il délivre alors une tension en fonction de la distance de l'obstacle détecté. La simplicité de mise en œuvre, de compréhension ainsi que de câblage font de ces capteurs un composant incontournable à coût raisonnable. Néanmoins ces capteurs sont après test, très sensibles aux bruits, c'est pourquoi il faut filtrer (Passe-bas) leurs données renvoyées afin de ne pas détecter un obstacle inexistant ce qui pourrait induire le robot en grave erreur de trajectoire. On les rencontrera le plus souvent comme détecteurs de proximité.

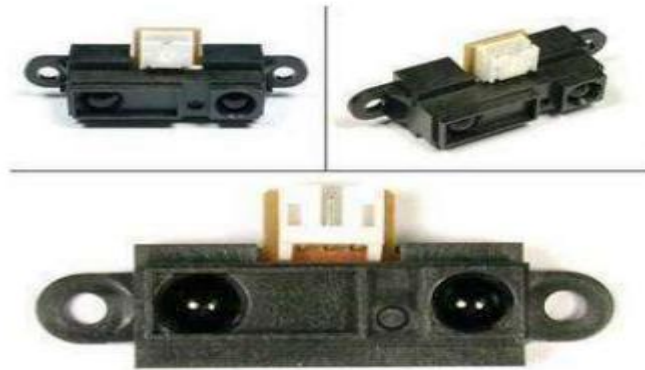


Figure.III.13: Capteur infrarouge

III.2.2.4.5. GPS

Le GPS (Global Positioning System) fonctionne grâce au calcul de la distance qui sépare un récepteur GPS de plusieurs satellites. Les informations nécessaires au calcul de la position des satellites étant transmises régulièrement au récepteur, celui-ci peut, grâce à la connaissance de la distance qui le sépare des satellites, connaître ses coordonnées [34].



Figure.III.14: Capteur GPS

III.2.2.4.6. Accéléromètre

Un accéléromètre est un capteur qui se fixe sur un mobile ou tout autre objet, permet de mesurer l'accélération linéaire de ce dernier. On parle encore d'accéléromètre même s'il

s'agit en fait de trois accéléromètres qui calculent les trois accélérations linéaires selon trois axes orthogonaux [35].



Figure.III.15: Accéléromètre.

III.2.2.4.7. Gyromètre

Le gyromètre est un capteur de mouvement. Il fournit une information de vitesse angulaire. Il est utilisé principalement dans les avions, les bateaux, les sous-marins pour déterminer leurs vitesses et leurs positions et dans les applications de robotique mobile.

II.2.2.4.8. Gyroscope

Un gyroscope est un appareil permettant d'effectuer une mesure de la rotation absolue de son boîtier. Les phénomènes physiques utilisés pour réaliser ces capteurs sont essentiellement : les propriétés inertielles de la matière pour les gyroscopes mécaniques et les propriétés de la lumière cohérente pour les gyroscopes à laser.

Remarque: un même appareil peut fonctionner en gyroscope ou gyromètre.

III.2.2.4.9. Capteurs tactiles

Les robots peuvent être équipés de capteurs tactiles, qui sont le plus souvent utilisés pour des arrêts d'urgence lorsqu'ils rencontrent un obstacle qui n'avait pas été détecté par le reste du système de perception [8]. Ces capteurs peuvent être de simples contacteurs répartis sur le pourtour du robot. Il ne détecte alors le contact qu'au dernier moment.

III.2.2.4.10. Télémètres à ultrason

Les télémètres à ultrason sont historiquement les premiers à avoir été utilisés. Ils utilisent la mesure du temps de retour d'une onde sonore réfléchiée par les obstacles pour estimer la distance [36].

Le capteur de distance par rapport à un obstacle est constitué par un émetteur et un récepteur à ultrasons [36]. L'émetteur envoie une onde ultrason qui est renvoyée par un obstacle rencontré sur son chemin. Le récepteur à ultrasons recevra cette onde.

Le module de pilotage gère l'émetteur et le récepteur du module à ultrasons en envoyant un ordre d'émission d'un train d'ondes ultrasons et vérifie si son écho est reçu par le récepteur. Il calcule le temps que met l'écho pour revenir et détermine ainsi la distance par rapport à un obstacle situé dans le rayon d'action du module à ultrasons.

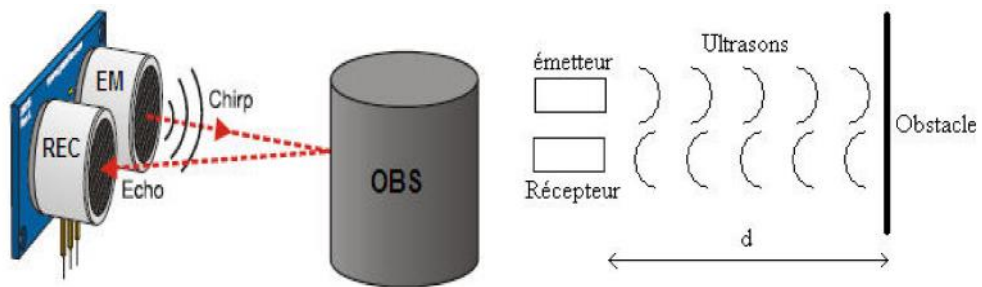


Figure.III.16: Principe du télémètre à ultrasons.

Il existe plusieurs types de télémètres à ultrason, parmi les on a le capteur HC-SR04.

III.2.2.4.10.1. Fonctionnement du module HC-SR04

Il faut envoyer une impulsion niveau haut (à + 5v) pendant au moins 10 μ s sur la broche '**Trig Input**'; cela déclenche la mesure. En retour la sortie '**Output**' ou '**Echo**', va fournir une impulsion + 5v dont la durée est proportionnelle à la distance si le module détecte un objet. Le signal reçu par le récepteur est l'écho du signal émis. Le temps de vol mesuré est celui de l'aller-retour du train d'onde.

Connaissant la célérité ($c \approx 340m/s$) de ce signal dans l'air (Il faut 29,4 microsecondes pour parcourir 1 cm). En 1 ms, l'onde ultrasonore se déplace de 340 mm = 34cm.

On peut alors calculer la distance parcourue par ce signal et donc la distance D à l'obstacle par la relation:

$$D = \frac{1}{2} c' T$$

Où T représente le temps de vol du train d'ondes.

Où bien : Distance = (durée de l'impulsion (en μ s) / 58



Figure III.17: Capteur HC-SR04

- **Choix de capteur**

Nous avons choisi d'utiliser Le capteur ultrason de type HC-SR04, car c'est très facile de l'interfacer à un microcontrôleur, il permet d'apporter des informations très utiles sur la présence des obstacles pour le robot dans son environnement, il traite simplement des données et aussi pour son coût qu'est abordable. Notre robot aura un ou plusieurs capteurs de ce type.

III.2.2.4.10.2. Caractéristiques techniques du module HC-SR04

- Consommation en utilisation:15Ma
- Alimentation : 5v.
- Gamme de distance : 2 cm à 5 m.
- Résolution : 0.3 cm.
- Angle de mesure : < 15°.

III.2.2.5. Alimentation

Les différents circuits et actionneurs nécessitent des tensions et des courants différents, pour cela nous avons choisi de prendre une batterie de 12V avec une résistance et un potentiomètre pour alimenter les différentes parties de robot.

III.2.3. Partie informatique

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

Pour gérer l'ensemble des circuits de commande, nous allons besoin d'utiliser une unité de traitement puissante, un microcontrôleur, qui est programmé pour atteindre le but de la réalisation (le téléguidage par joystick et l'évitement d'obstacles).

III.2.3.1. Microcontrôleurs en robotique

Le microcontrôleur correspond au cerveau du robot. C'est lui qui va traiter les informations provenant des capteurs et qui va donner la réponse voulue aux moteurs afin de donner l'autonomie au robot. Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, l'électroménager, les jouets, les téléphones mobiles, etc. Il est composé :

- de la mémoire ROM, qui contient le programme,
- des mémoires RAM qui contiennent des données temporaires utilisées par le programme,
- un microprocesseur, qui va prendre en charge la partie traitement des informations et envoyer des ordres. C'est donc lui qui va exécuter le programme embarqué dans le microcontrôleur.
- des entrées pour connecter des capteurs (micro rupteurs, phototransistors, . . .),
- des sorties pour connecter en générale à travers d'interfaces appropriées des effecteurs (moteurs, émetteur ultrason . . .).

Par rapport à des systèmes électroniques à base de microprocesseurs et autres composants séparés, on préfère d'utiliser le microcontrôleur car il permet de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût des produits.

III.2.3.1.1. Microcontrôleurs courants en robotique

- Les microcontrôleurs Atmel AVR (ATmega, ATtiny, etc.),
- Les microcontrôleurs PIC de technologie micro-puce (PIC16, PIC24, etc.),
- Les microcontrôleurs basés sur la technologie ARM.

Notre choix s'est porté sur le microcontrôleur Atmel AVR. Car La carte Arduino est une plate-forme de prototypage basée sur un microcontrôleur ATMEL équipé de divers éléments qui facilitent sa mise en œuvre. Les microcontrôleurs Arduino sont très populaires en raison de leur faible prix, leur polyvalence et leur facilité d'utilisation.

Il y a trois types de mémoires du microcontrôleur (ATmega 1268/328/2560) utilisées sur les cartes Arduino :

- La mémoire FLASH (mémoire programme) est la mémoire dans laquelle le programme transféré dans la carte Arduino est stocké.
- La mémoire SRAM (mémoire statique à accès aléatoire ou mémoire vive) est la mémoire où le programme crée et manipule les variables quand il s'exécute.
- EEPROM est la mémoire que le programmeur peut utiliser pour stocker des données de long-terme (non-volatiles).

La mémoire FLASH (c'est la même qui est utilisée pour les appareils photos numérique) et l'EEPROM sont des mémoires dites non-volatiles, c'est à dire que l'information n'est pas effacée lorsque la carte est mise hors tension. La mémoire SRAM est volatile et sera effacée lorsque la carte est mise hors tension.

- La carte arduino ATmega 2560 est disposée de 256K octets pour mémoire FLASH dont 8 KB sont utilisés par le bootloader, de 8K octets de SRAM et de 4K octets EEPROM.

III.2.3.1.2. Logiciel arduino

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

C'est un logiciel de programmation par code, qui contient une cinquantaine de commandes différentes. A l'ouverture, l'interface visuelle du logiciel ressemble à ceci [37]:



Figure.III.18: Fenêtre de logiciel arduino.

III.2.3.1.3. Mise en œuvre de logiciel Arduino [37]

- On conçoit d'abord un programme avec le logiciel Arduino ;
- On vérifie ce programme avec le l'icône (compilation) ;
- Des messages d'erreur apparaissent éventuellement...on corrige puis on vérifie à nouveau...
- On enlève le précédent programme sur la carte Arduino (Bouton réinitialisation) ;
- On envoie ce programme sur la carte Arduino dans les 5 secondes qui suivent l'initialisation ;

- L'exécution du programme sur la carte est automatique quelques secondes plus tard ou à ses prochains branchements sur une alimentation électrique (9/12V ou port USB).

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

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

III.2.3.1.4. Structure d'un programme arduino [37]

Il y a trois phases consécutives

1-La définition des constantes et des variables,

2-La configuration des entrées et sorties par:

Void setup ()

```
{  
  
}
```

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

3-La programmation des interactions et comportements par:

Voidloop()

```
{  
  
}
```

- **fonction loop:** elle s'appelle « **fonction principale** » où on peut écrire le contenu du programme. Une fois que la fonction est exécutée, on peut la réexécuter infiniment.

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

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

III.2.3.2. Télécommander un 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.

III.2.3.2.1. Télécommander à distance

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.

III.2.3.2.1.1. Bluetooth

Le Bluetooth est un standard de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance et utilisant des ondes radio UHF (Ultra hautes fréquences). Son objectif est de simplifier les connexions entre les appareils électroniques en supprimant des liaisons filaires. Elle peut remplacer par exemple les câbles entre ordinateurs, tablettes, téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes, scanners, claviers, souris, manettes de jeu vidéo, téléphones portables,...etc [38], [39].

.

Le Bluetooth utilise un protocole "maitre-esclave". Deux modes sont possibles : Le mode "actif" (7 périphériques au maximum): chaque périphérique a une adresse unique sur le réseau, Le mode "packed" : il n'y a pas d'adresse pour un périphérique, lorsqu'une trame est envoyée sur le réseau, tous les périphériques la reçoivent. La communication est directe entre le « maître » et un « esclave ». Les « esclaves » ne peuvent pas communiquer entre eux.

Un pico réseau est un mini-réseau qui se crée de manière instantanée et automatique quand plusieurs périphériques Bluetooth sont dans un même rayon. Un pico réseau est organisé selon une topologie en étoile : il y a un « maître » et plusieurs « esclaves ».

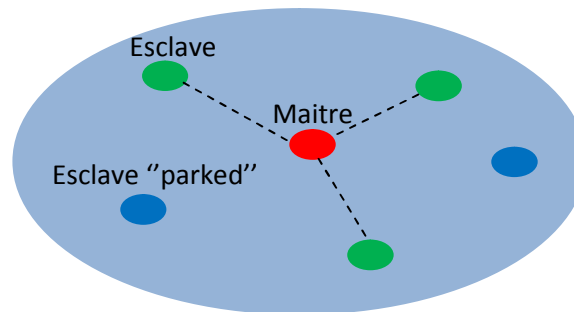


Figure.III.19: Picoréseau.

Un périphérique « maître » peut administrer jusqu'à :

- 7 esclaves « actifs » ;
- 255 esclaves en mode « parked ».

Tous les « esclaves » du pico réseau sont synchronisés sur l'horloge du « maître ». C'est le « maître » qui détermine la fréquence de saut pour tout le pico réseau.

➤ Mise en œuvre

Afin d'échanger des données, les appareils doivent être appairés. L'appairage se fait en lançant la découverte à partir d'un appareil et en échangeant un code. Dans certains cas, le code est libre, et il suffit aux deux appareils de saisir le même code. Dans d'autres cas, le code est fixé par l'un des deux appareils (appareil dépourvu de clavier, par exemple), et l'autre doit le connaître pour s'y raccorder. Par la suite, les codes sont mémorisés, et il suffit qu'un appareil demande le raccordement et que l'autre l'accepte pour que les données puissent être échangées.

Dans les versions actuelles (en 2015) 4.0 et 4.1, Le Bluetooth est largement répandu, essentiellement dans les appareils mobiles comme les téléphones portables, la liaison Bluetooth exploite les caractéristiques suivantes :

- 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 est désormais possible d'utiliser la technologie Bluetooth pour contrôler le robot à distance (avec un téléphone portable par exemple).

III.2.3.2.1.2. Wifi

La transmission de données à distance, que ce soit pour la collecte d'informations ou la commande de systèmes quelconques, peut se réaliser à l'aide d'une télécommande bidirectionnelle capable d'envoyer et de recevoir des données. Il faut donc réaliser deux «transceivers » identiques, l'un pour le système « commandé » et l'autre pour le système «maître ».

Contrairement au Bluetooth, le wifi est une connexion point à point.

Avantages du Wifi:

- Meilleure portée.
- Facilité de mise en place

III.2.3.2.1.3. Zigbee

Zigbee est un protocole de haut niveau permettant la communication de petites radios, à consommation réduite, basée sur la norme IEEE 802.15.4. Il a été conçu pour réaliser ce qu'on appelle l'Internet des objets.

Le Zigbee semble donc être la technologie idéale pour les réseaux de capteurs en domotique. Dans un réseau mailles Zigbee il y a 3 types de nœuds : coordinateur, routeur, et “end device”. Pour résumer, le coordinateur est nécessaire et gère l'ensemble du réseau. Les routeurs routent les paquets qui ne peuvent pas être atteints directement. Les “End Device” sont les capteurs [40], [41].

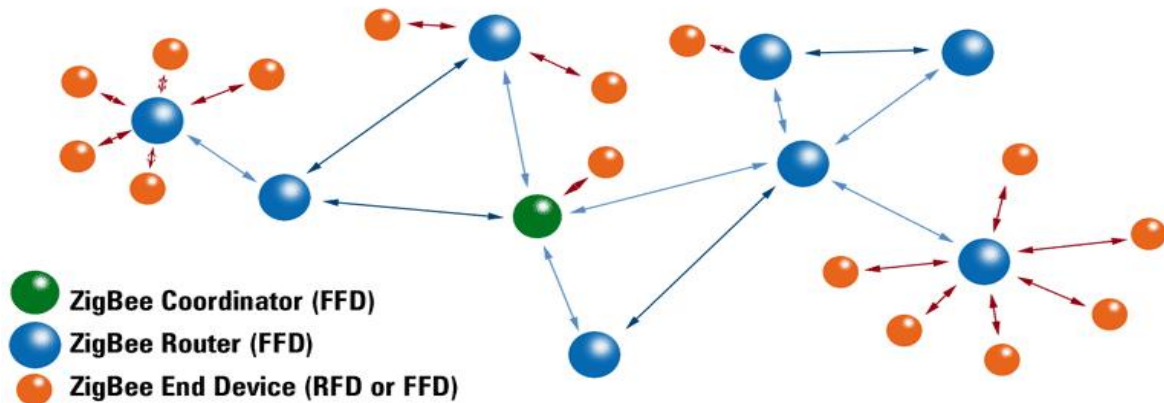


Figure.III.20: Les trois types de nœuds dans un réseau Zigbee.

Le réseau minimum doit donc être composé d'un coordinateur et au moins un "end device".

Caractéristique	Zigbee	Bluetooth	Wi-Fi
IEEE	802.15.4	802.15.1	802.11a/b/g/n/ac
Besoins mémoire	4-32 ko	250 ko +	1 Mo +
Autonomie avec pile	Années	Mois	Jours
Nombre de nœuds	65 000+	255	256+
Vitesse de transfert	20-250 kb/s	1 Mb/s	11-54-108-320-1000 Mb/s
Portée (environ)	100 m	10 m	300 m

Tableau.III.2: Comparaison des protocoles Zigbee, Wifi et Bluetooth.

D'après le tableau, on préfère d'utiliser la Zigbee pour sa faible puissance, avec une consommation réduite permettant de conserver un équipement autonome pendant une année, contrairement aux équipements Bluetooth par exemple. Donc on va utiliser Le module xbee qui est le produit de la norme Zigbee.

III.2.3.2.1.3.1. Modules XBee

Les modules XBee sont des circuits de communication sans-fil utilisant les **protocoles 802.15.4 et Zigbee**, Proposés depuis quelques années par la société Digi International, les modules Xbee sont des modems radio très élaborés, fonctionnant dans ce que l'on appelle aujourd'hui la bande ISM (Industrie Science et Médical), c'est-à-dire sur une fréquence de 2,4 GHz.

Les modules Xbee permettent de constituer des véritables réseaux, point-à-point ou point-à-multipoint ou point, de ce fait ils supportent la notion d'adressage.

Il y a deux catégories de XBee : la série 1 et la série 2. Les modules de la série 1 ont souvent un "802.15.4" qui s'ajoutent à leurs noms. Les modules de la série 2 sont disponibles en plusieurs versions : XBee ZNet 2.5 (obsolète), le ZB (l'actuel) et le 2B (le plus récent). On a aussi des XBee Pro, qui font la même chose, mais avec de plus grandes capacités, notamment la portée qui semble pouvoir aller jusqu'à 1000 mètres. Comme il existe XBee shield, qui est un adaptateur USB/Xbee.

Remarque: les modules de la série 1 et la série 2 ne sont pas compatibles entre eux.

III.2.3.2.1.3.2. Principales caractéristiques du Xbee [42]

- fréquence porteuse : 2.4Ghz
- portées variées : assez faible pour les XBee 1 et 2 (10 - 100m), grande pour le XBee Pro (1000m)
- faible débit : 250kbps
- faible consommation : 3.3V
- entrées/sorties : 6 10-bit ADC input pins, 8 digital IO pins
- simplicité d'utilisation : communication via le port série
- ensemble de commandes AT et API
- flexibilité du réseau : sa capacité à faire face à un nœud hors service ou à intégrer de nouveaux nœuds rapidement
- grand nombre de nœuds dans le réseau : 65000
- topologies de réseaux variées : maillé, point à point, point à multipoint.

III.2.3.2.1.3.3. Modes de xbee [42]

Le XBee possède trois modes : TRANSPARENT, COMMAND et API. Le mode TRANSPARENT ou AT est le mode par défaut à la mise en marche du module, celui qui reçoit et envoie les données. Le mode COMMAND permet de configurer le module, ses entrées, ses sorties, son adresse, l'adresse de destination de ses messages, etc. Le mode API est un peu plus compliqué. Une API (Application programming interface) est un terme bien connu en informatique. Il désigne une interface fournie par un programme informatique,

c'est-à-dire un ensemble de fonctions qui facilitent la programmation d'un côté et qui de l'autre communique en langage binaire pour le XBee, sous forme de paquets. Ce mode devient utile quand il s'agit de construire des messages au format XBee à partir d'un ordinateur ou d'un microcontrôleur comme Arduino. Le mode API n'est possible qu'avec une connexion locale en série et filaire avec l'ordinateur ou l'arduino, pas entre modules XBee.

III.2.3.2.1.3.4. Versions du XBee

Il dispose de deux versions, la famille XBee, en version normale une portée de centaine de mètres (30/100m) en terrain de découvert.

Elle se décline également en une version XBee-PRO d'une puissance supérieure et destinée à couvrir des distances dépassant le kilomètre (100/1600m).

Les deux versions sont totalement compatibles.

❖ Version normale



Figure.III.21: Xbee version normal (Option antenne céramique)

- Portée intérieur / urbain: jusqu'à 30 m.
- Portée extérieur champs libre: jusqu'à 100m.
- Puissance d'émission RF: 1 mW (0 dBm).
- Courant de repos: < 10 μ A.
- Fréquence de fonctionnement: 2.4 GHz.
- Vitesse de transmission RF: 250Kbps.

❖ **Version pro**

Figure.III.22: Xbee version pro (Option antenne fouet).

- Portée intérieur / urbain: jusqu'à 100 m.
- Portée extérieur champs libre: jusqu'à 1,6 km.
- Puissance d'émission RF: 100 mW (20 dBm) EIRP.
- Courant de repos: < 10 μ A.
- Fréquence de fonctionnement: 2.4 GHz.
- Vitesse de transmission RF: 250K bps.

Il existe aussi des xbee shields parmi aux on a le shield xbee USB (platine d'interface USB xbee) et le shield xbee pour Arduino.

❖ **Platine d'interface USB pour "XBEE"**

Cette petite platine est idéalement conçue pour raccorder rapidement et simplement un module XBee ou Xbee PRO sur le port USB d'un compatible PC. Cette dernière dispose d'un régulateur 3,3 V intégré, de quatre Leds de visualisation et de deux connecteurs femelles sur lesquels les modules XBee pourront être insérés [43].



Figure.III.23: XBee shield.

La platine délivre également une tension de sortie de 3,3 Vcc pouvant être utilisée pour alimenter d'autres dispositifs externes (avec une intensité max. de 140 à 300 mA max,

suivant le type de module XBee qui aura été inséré sur la platine). Un driver permet de créer un port RS-232 virtuel sur le PC afin de pouvoir piloter le module XBee™ au moyen d'une communication série standard.

❖ Shield XBee Arduino [44]

Carte d'extension qui se branche directement sur la carte Arduino.



Figure.III.24:XBee shield pour Arduino.

La connexion vers Arduino est simple [42]:

- pin1 = 3.3 Volt (pas de 5 Volt)
- pin2 = Digital OUT → vers RX arduino (récepteur)
- pin3 = Digital IN → vers TX arduino (émetteur)
- pin10 = GND.

La fonction principale des modules Xbee est de pouvoir communiquer avec la carte arduino à distance (sans fil). Pour se faire, nous avons besoin de deux xbee de la série 2, d'une carte arduino, de deux shields xbee l'un compatible arduino pour insérer le xbee avec la carte arduino et l'autre pour la télécommande, et d'un joystick. La télécommande sera donc composée de xbee et d'un joystick.

III.2.3.2.4. Module joystick

C'est le genre de périphérique extrêmement simple à utiliser et qui peut rendre de grands services. Avec ce genre de matériel, vous pourrez commander un robot, une voiture, un avion,...etc.

La fonction d'un joystick est de convertir une action manuelle en une tension électrique. C'est l'interface idéale pour du prototypage ou pour intégrer dans une commande à distance. Il intègre deux potentiomètres un pour l'axe avant/arrière, un pour l'axe gauche/droite.

III.2.3.2.4.1. Caractéristiques techniques

- 2 axes par potentiomètre 10 KOhm.
- Ressorts de rappel au centre.
- Bouton de commande de forme champignon, qui se déclenche lors d'une pression au milieu du joystick.

On trouve aussi plusieurs indications:

- GND: ira à la masse;
- VCC : +5V;
- S-X : ira sur une entrée analogique. Ceci est l'axe avant/arrière;
- S-Y : ira sur une entrée analogique. Ceci est l'axe gauche/droite.



Figure III.25: Joystick

III.2.3.2.4.1. Principe de fonctionnement de joystick

Le principe de fonctionnement de joystick est présenté sur la figure.III.26 :

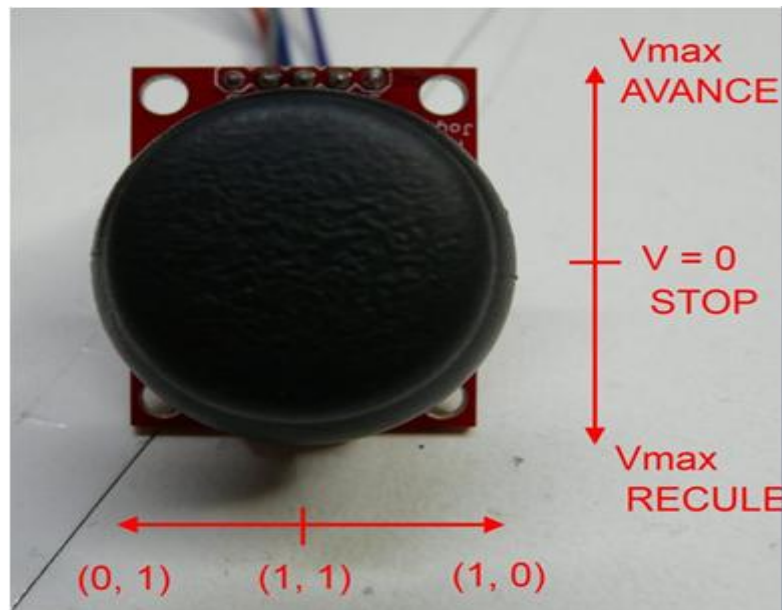


Figure.III.26: Principe de fonctionnement d'un joystick.

Quand le joystick est au centre, les moteurs sont arrêtés donc le robot est en repos, vers « le haut » ou vers « le bas » la vitesse est au maximum et le robot avance en avant ou en arrière respectivement, vers « la gauche » ou vers « la droite », la vitesse est au maximum et le robot marche à gauche ou à droite respectivement.

V (présenté dans la figure.III.26): Vitesse.

III.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les composants les plus connus et les plus utilisés actuellement en robotique mobile, ce que nous a permis de choisir tout ce qui est nécessaire pour réaliser notre robot mobile qui se compose de trois parties : mécanique, électronique et informatique.

Après avoir eu la liste de matériels et logiciels dont on a besoin pour le projet et comprendre leurs fonctionnements, il nous reste qu'assembler ces composants de façon raisonnable pour réaliser un robot qui fonctionne selon nos besoins, c'est ce qu'on va voir dans le chapitre suivant.

La conception est une étape indispensable dans le but de réaliser un projet et lui assurer un bon fonctionnement.

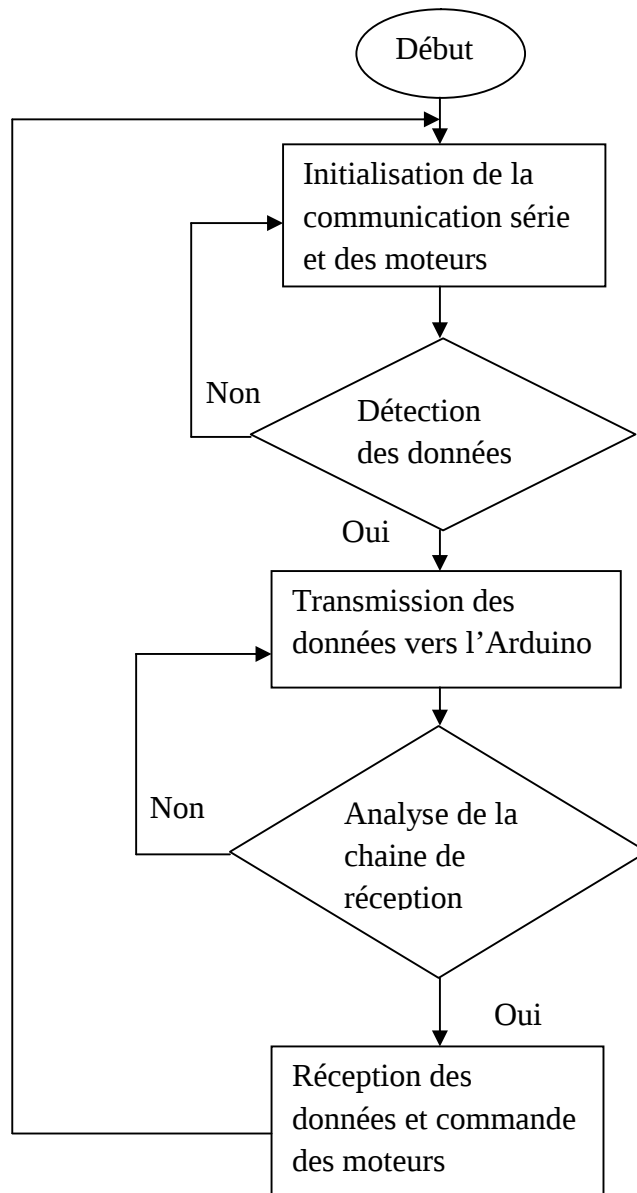
Chapitre IV :

Réalisation du robot mobile

I. Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons fais une conception ou on a choisit tout les composants matériels et logiciels, cet aperçu nous permettra de réaliser notre robot mobile et sa télécommande pour la communication et la transmission de données.

➤ Organigramme



Dans ce chapitre, nous allons voir les étapes de la réalisation

II. Outils utilisés

Nous avons utilisé des logiciels pour la simulation et la programmation et des appareils pour la réalisation.

II.1. Logiciels utilisés

A. Logiciel de programmation Arduino

Ce logiciel nous a permis de faire un programme sur la commande de nos moteurs et leur fonctionnement à l'aide des capteurs.

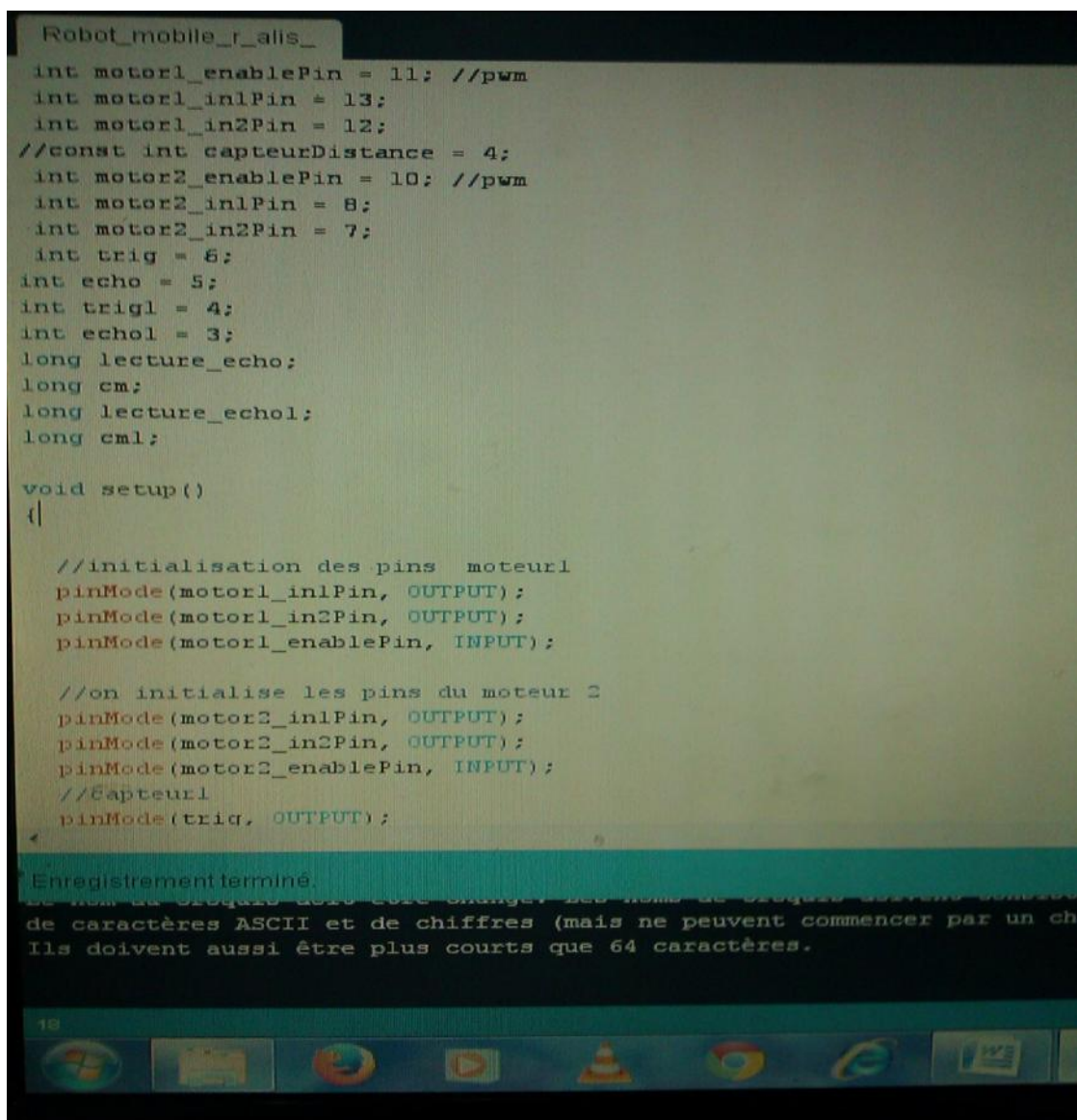


Figure IV.1: Programmation sur Arduino

B. Logiciel de conception électronique

Pour concevoir notre schéma électronique, nous avons utilisé Proteus, ce logiciel nous a permis de faire des tests sur la commande des moteurs avant de lancer la fabrication.

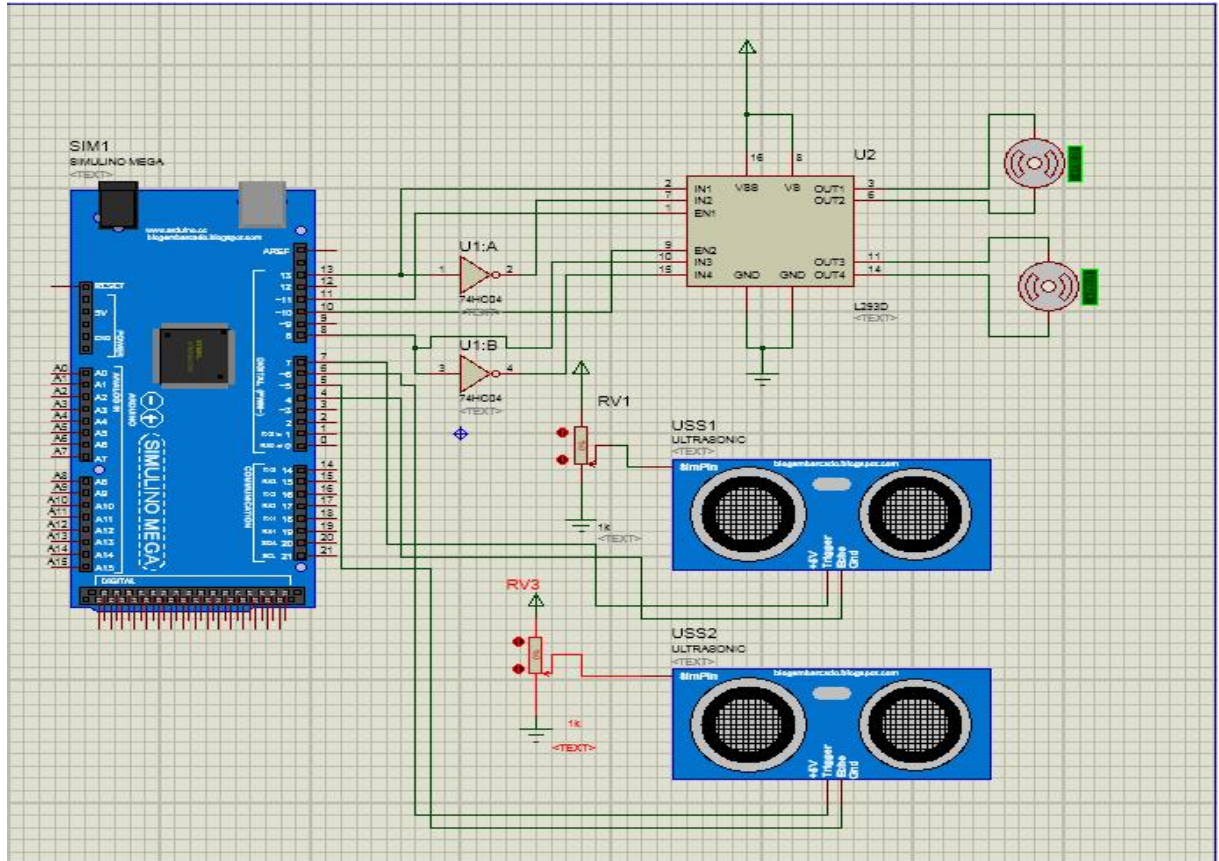


Figure IV.2 : Image de simulation sur logiciel proteus

II.2. Appareillage utilisés

Pour régler notre système, nous avons utilisé au niveau du labo des appareils.

A. Oscilloscope

Nous avons utilisé un oscilloscope UNI-T UTD2052CI, il a deux entrées de 50 MHZ



Figure IV.3 : UNI-T UTD2052CI

B. Multimètre digital

Un multimètre digital UNI-T model UT60D a été utilisé pour mesurer et vérifier la tension et le courant qui passent a travers nos circuits.



Figure IV.4 : Multimètre digital UT60D

C. Lab d'essai

Le lab d'essais nous a permet de faire plusieurs essais de nos circuits électroniques

Nous avons branché quatre moteurs au lieu de deux via un seul L293D, on a considéré chaque deux moteurs comme étant un seul (deux masses communes et deux vcc communes).

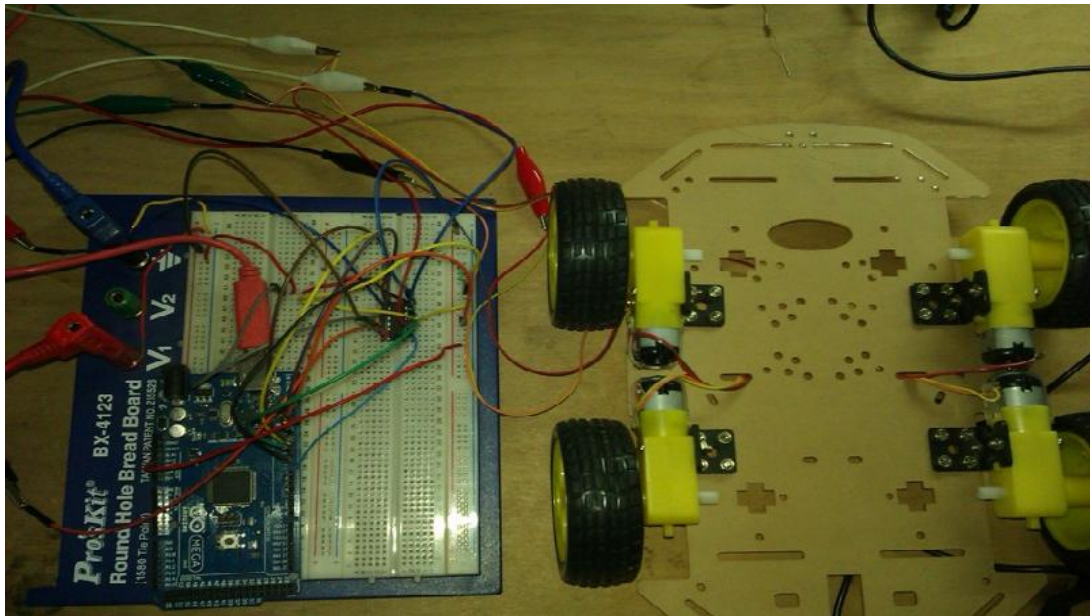


Figure.IV.5 : Schémas de câblage du L293D avec deux moteurs sous Arduino.

Pour la détection des obstacles, on a placé deux capteurs ultrasoniques comme les montre la figure suivante :

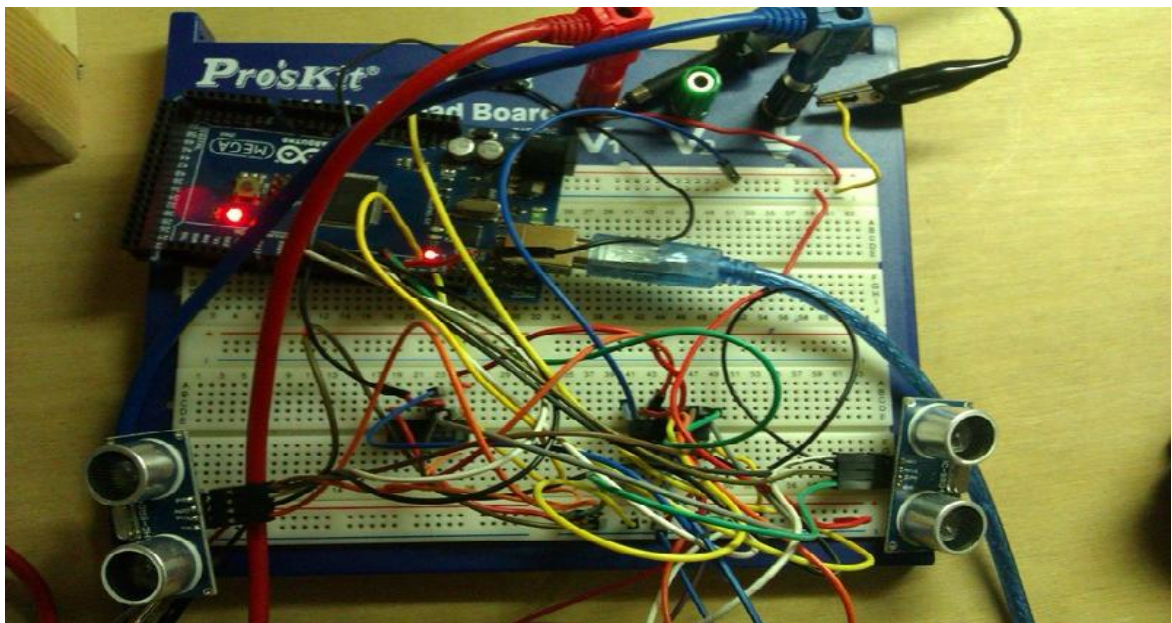


Figure IV.6 : Lab d'essai

D. Alimentation stabilisée

Pendant nos tests sur le lab d'essai, nous avons utilisé un régulateur pour délivrer une tension voulue et stabilisée.



Figure IV.7 : Alimentation stabilisée et régulée.

II.2.Robot mobile réalisé

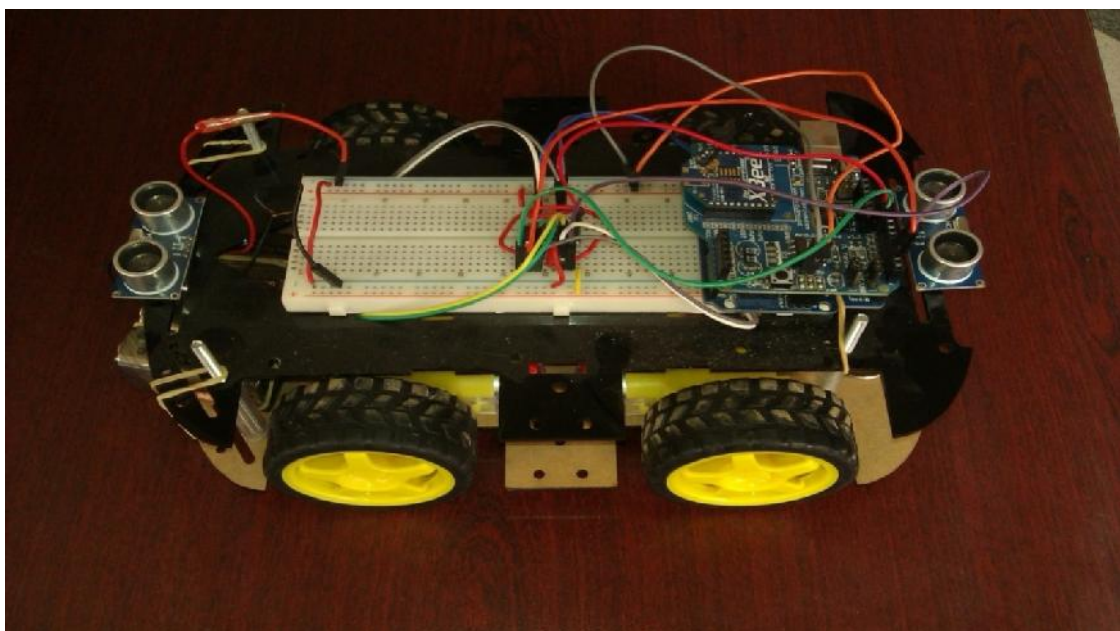


Figure IV.8 : Robot mobile à roues.

III. Commande de notre robot

Nous avons réalisé une télécommande qui est un joystick relié à un module Xbee, nous avons ajouté un potentiomètre et une résistance pour délivrer une tension de 3.3V pour alimenter le Xbee comme le montre la figure suivante :

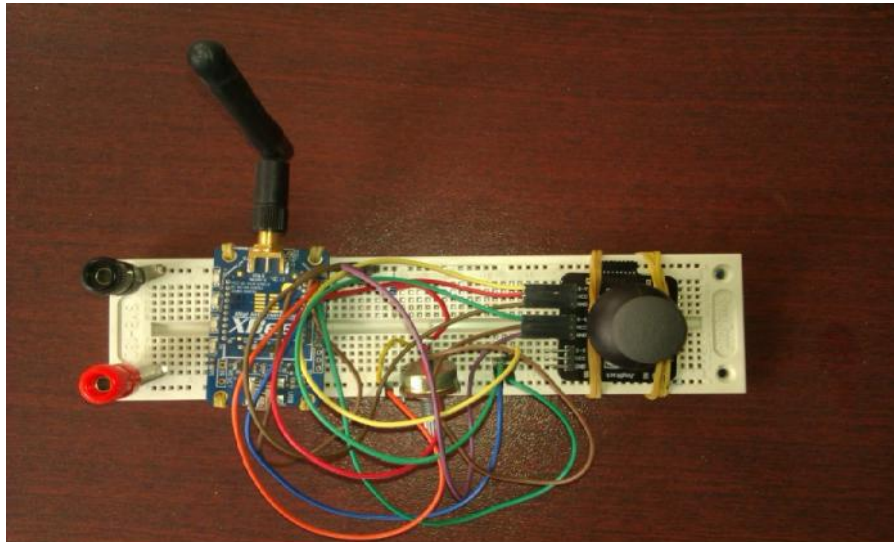


Figure IV.9 : Télécommande du robot mobile (joystick).

III.1. Alimentation de la télécommande

IV. Robot Mobile Télécommandé

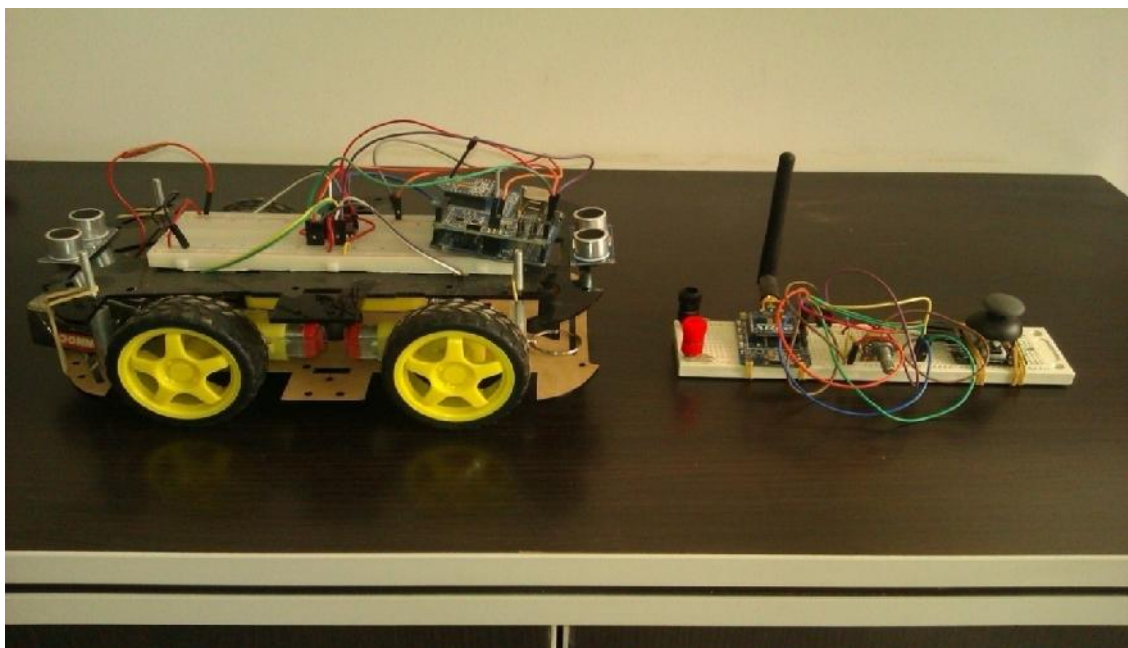


Figure IV.10 : Robot Mobile Télécommandé.

V. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons illustré les étapes suivies pendant la réalisation de notre prototype mobile par des figures et des schémas de câblages électroniques.

Enfin, nous avons pu réaliser notre robot mobile avec sa télécommande pour pouvoir communiquer avec lui à distance.

Conclusion générale

Conclusion générale

Un robot mobile est une machine qui a besoin, pour sa mise en œuvre, des spécialistes dans de nombreux domaines dont la mécanique, l'automatique, l'électronique et l'informatique.

Ce projet a été à la fois très intéressant et très formateur. Nous avons pu concevoir et développer un robot mobile, mettant en application nos connaissances acquises durant nos études tout le long de notre formation. Ainsi, il nous a permis d'améliorer nos connaissances en robotique et de maîtriser la nouvelle technologie comme la télécommande sans fil par xbee et de l'intégrer dans notre application.

En revanche, l'utilisation de la carte Arduino programmable en langage C nous a permis de gagner en temps et en simplicité du programme.

Nous avons choisi notre matériel en fonction de nos besoins puis essayé différentes solutions afin d'arriver aux fonctionnalités souhaitées. La réalisation de ce robot nous a également donné l'opportunité de travailler sur plusieurs domaines à la fois, notamment la programmation et l'électronique. Nous avons donc au final pu mener un vrai travail de conception de système, ce qui s'apparente le plus à un travail d'ingénieur. De manière générale, ce projet nous a fait découvrir le monde de la robotique et toutes ses perspectives professionnelles.

Ce mémoire nous a permis d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques pendant nos recherches et formation, notamment atteindre notre objectif qui consiste à réaliser un robot mobile, qui est un prototype qui pourra être bien évidemment amélioré en diversifiant ses tâches en lui incluant de nouveaux composants afin d'augmenter ses performances.

Bibliographie

- [1]Captain Nick Ham, Oregon Wing,Director of Aerospace Education,*INTRODUCTION TO ROBOTIC*,2011.
- [2]SALHI Farid, REZKI Dahmane,« Commande à distance d'un chariot mobile avec évitement d'obstacles ». Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2010.
- [3]Christopher Parlitz – Schunk GmbH & Co.KG. Service robotics is a key market of the future,2011.
- [4]Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE). Enjeux et défis de l'industrie de la robotique en Île-de-France,2010.
- [5]Brandt, Mark Van Den,US Technological Innovation Systems for Service Robotics,2010.
- [6]Nicole Merle-Lamoot, Gilles Pannetier,Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France,2012.
- [7]Robotics, l'International Federation of World robotics, Editions 2006 à 2011.
- [8]FILLIAT David, « Robotique Mobile », Ecole Nationale supérieure de Techniques avancées, Paris Tech, 2013.
- [9]Boimond Jean-Louis,Cours-Robotique.
- [10]Tropato Jean-Charles,« La robotique industrielle et de service : La place de l'Italie dans le Monde », Rapport d'étude. Ambassade de France en Italie, 2011.
- [11]Veruggio, Gianmarco,EURON Roboethics Roadmap,2007.
- [12] B. Bayle, « Robotique Mobile »,Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg,Université Louis Pasteur, 2007.
- [13] Foret. J, Bruneau. O, Fontaine. J,"Unified approach for m-stability analysis and control of legged robots", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2003.
- [14] Ghommam. J. P, « Motion coordination control of multiple marine crafts »,10th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, 2008.
- [15]Creuze V. P, «Design, Simulation and Experimental Results of Taipan 300, a New Autonomous Underwater Vehicle Prototype»,OCEANS'09 IEEE, Bremen, Germany, 2009.
- [16] J.P.Laumond, « la Robotique Mobile », Editions Hermé, 2001.
- [17] Abdelmalek. B, Planification de trajectoire, Département d'électronique, BATNA, 2012.
- [18] Latombe J. C.«Robot Motion Planning»,Kluwer Academic Publishers,Norwell, 1991.

- [19] J. Borenstein, «Where am I, Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning», University of Michigan, 1996.
- [20] F. Cuesta, «Intelligent Mobile Robot Navigation», Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [21] Reignier P, « Pilotage Réactif d'un Robot Mobile, Etude de Lien de la Perception », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 1994.
- [22] J.O.B, Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. Springer Verlag Berlin, C. P.S. (1 2011). Service robotics is a key market of the future, 1985.
- [23] Y. Cang, N. H, «Aoller with Supervised Learning Assisted Reinforcement Learning Algorithm for Obstacle Avoidance», IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics, vol. 33, 2003.
- [24] Lefebvre O, « Navigation Autonome sans Collision pour Robots Mobiles non holonomes », Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 2006.
- [25] L. Cherroun, R. M, «Path Following Behavior for an Autonomous Mobile Robot using Fuzzy Logic and Neural Networks», Revue Courrie du Savoir Scientifique et Technique, Université de Biskra, vol. 12, pp.63-70, 2011.
- [26] G. Campion, «Structural Properties and Classification of Kinematic and Dynamic Models of Wheeled Mobile Robots», IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 12, no. 1, pages 47–62, 1996.
- [27] Fabio M, « Perception et Robotique », UFR des Sciences , Département EEA M2 EEAI Parcours ViRob Laboratoire MIS, 2014-2015.
- [28] Frédéric Giamarchi, «Petits robots mobiles», paris, 2006.
- [29] [Arduino 601] Le moteur à courant continu Posté par Eskimon le 12 décembre 2013, 12:08 <http://eskimon.fr/285-arduino-601-le-moteur-courant-continu>.
- [30] Astalaseven, Eskimon et olyte, Arduino pour bien commencer en électronique et en programmation, 2012.
- [31] Bernard BAYLE, «Robotique mobile». Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg Université Louis Pasteur, Année 2008–2009.
- [32] Cyril Drocourt, «Localisation et modélisation de l'environnement d'un robot mobile par coopération de deux capteurs omnidirectionnels», Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de technologie de Compiègne, Discipline : Robotique. Soutenu le : 22/02/2002.

[33] BORENSTEIN (J.), EVERETT (B.) Et FENG. –Navigating Mobile Robots.<http://www-personal.engin.umich.edu/~johannb/mypapers.thm>.

[34]Philippe Béguyot, Bruno Chevalier et HanaRothova, *Le GPS en agriculture : Principes, applications et essais comparatifs*, Educagri, 2004.

[35]Principe de l'accéléromètre piézo-électrique [archive], sur le site brouchier.com, consulté le 18 septembre 2013.

[36] Régis Grasse, «Aide à la navigation pour les personnes handicapées : reconnaissance de trajets». Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Metz. Discipline : Automatique, Soutenue le: 05/10/2007.

[37] Livret Arduino en français par Jean-Noël Montagné, Centre de Ressources Art Sensitif, novembre 2006.

[38]<http://fr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, Année 2013.

[39]Principes fondamentaux - Informations techniques [archive] sur french.bluetooth.com

[40]<http://faitmain.org/volume-2/xbee-arduino.html>.

[41]<https://csquad.org/2009/09/06/communication-a-laide-du-protocole-zigbee-entre-un-pc-et-une-carte-arduino>.

[42]<http://jeromeabel.net/ressources/xbee-arduino.3>][43]<http://www.lextronic.fr/P2901-platine-dinterface-usb-pour-xbee.html>.

[44]<http://www.pobot.org/Un-reseau-sans-fil-avec-des-XBee.html>.

Annexes

I .Présentation de circuit intégré L293D

1) Présentation de L293D

Ce circuit intégré est destiné à la commande des moteurs de faible puissance .il permet, à partir d'un circuit numérique, la commande soit d'un moteur pas à pas bipolaire, soit deux moteurs à courant continu dans les deux sens.

2) Structure interne

Comme illustré dans la figure suivante, le L293D est constitué de deux étage identique correspondant chacun à un pont en H. chaque étage comporte deux broches numériques d'entrée, une broche numérique d'activation (ENABLE) ainsi que deux broches de sortie « analogiques »pour la commande des moteurs.

Les broches OUT1 et OUT2 (ou 3 et 4) sont les sorties analogiques de l'étage : elles fournissent la tension V_s selon la polarité voulue (en fonction de l'état des broches d'entrée (INPUT) de commande)

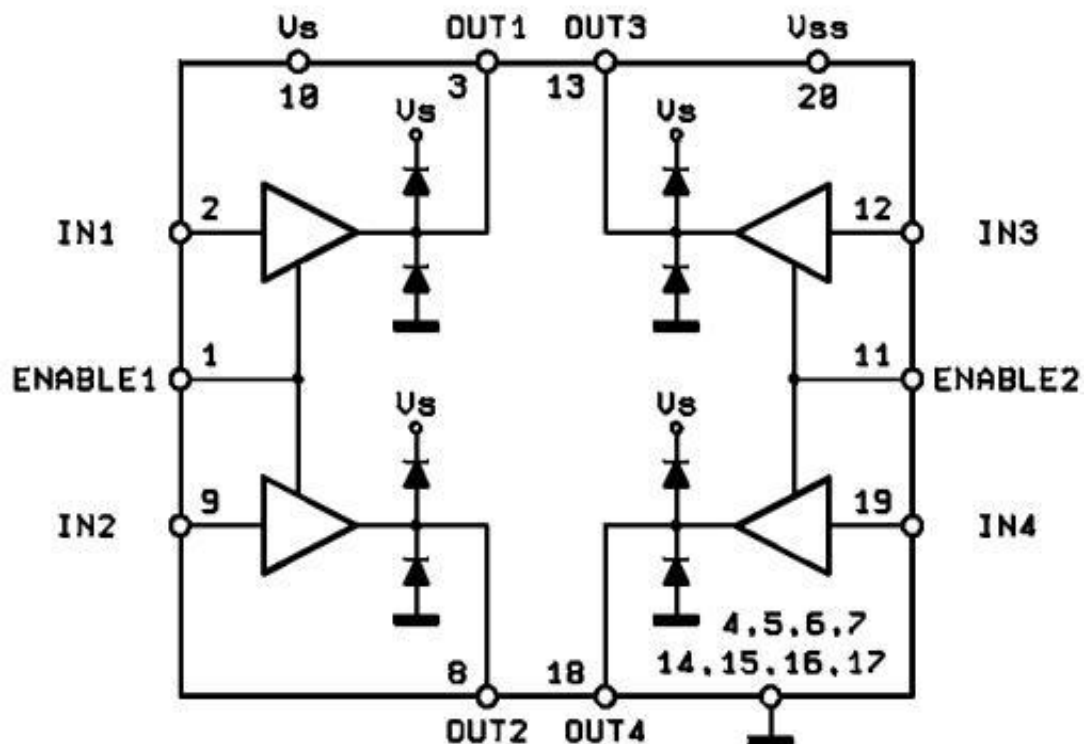


Figure1: Structure interne du L293D>

3) Fonctionnement

Le L293D est constitué de deux « pont en H ». Un pont en H est un circuit électronique qui permet, à l'aide d'entrée numérique, d'inverser la polarité aux bornes d'un moteur ou d'une bobine.

Pour le cas de commande d'un moteur à courant continu, les sorties sont couplées deux par deux (les sorties 1 et 2 fonctionnent ensemble de même pour les sorties 3 et 4).

Si on applique respectivement, les niveaux 0 et 1 sur input1 et input2, la sortie sera 0V sur output1 et +Vs sur output2. Inversement, si on applique respectivement, les niveaux 1 et 0 sur input1 et input2, la sortie sera +Vs sur output1 et 0V sur output2 (la même chose pour le deuxième étage avec les inputs et outputs 3 et 4).

4) Brochage

Ce composant se présente sous forme de boîtier DIL16 classique. On peut classer les broches en différents groupes comme suit :



Figure 2 :L293

➤ Broches d'alimentation :

- Vss : broche d'alimentation logique.
- Vs : broche d'alimentation analogique de puissance pouvant atteindre 36 V.
- GND : sont les broches de masses communes à l'alimentation logique et analogique.

➤ **Broches communes à chaque étage :**

- Broche d'entrée numérique « ENABLE » : elle active l'étage sur le niveau haut (+5V).
- Broches input 1 et 2 (ou 3 et 4) : sont les entrées numériques de l'étage. Elles servent à commander la polarité des broches de sorties de l'étage.

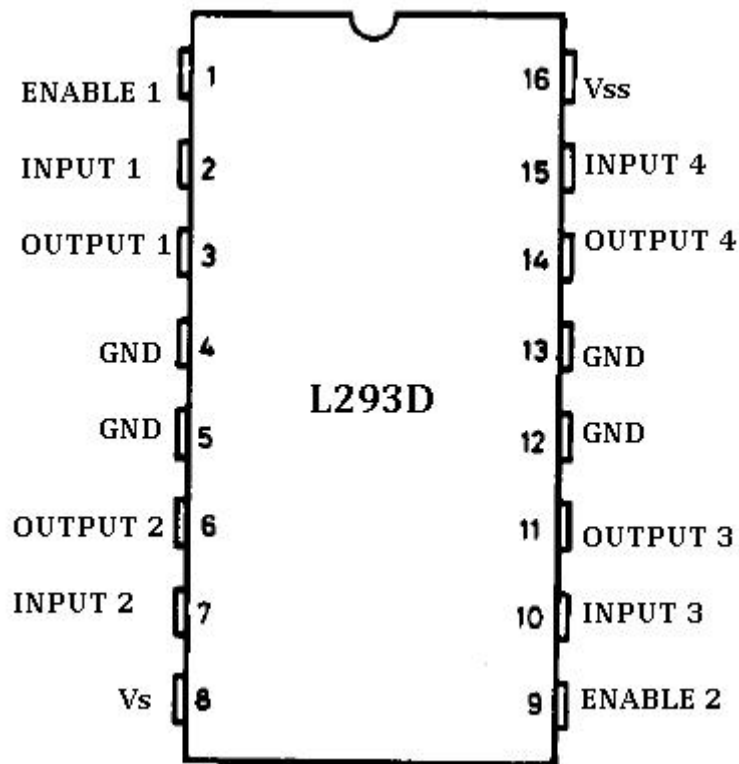


Figure 3 : Brochage du L293D

5) **Principe de montage du L293D avec deux moteurs à courant continu**

Comme le montre la figure suivante, le principe du montage d'un L293D avec deux moteurs à courant continu :

- On connecte Vss au +5V.
- On connecte Vs à l'alimentation des moteurs.
- On connecte les broches ENABLE au +5v pour valider toujours les étages.
- On connecte les broches INPUT sur les broches I/O (ou E/S) de μC .
- On connecte les broches OUTPUT sur les broches d'alimentation des deux moteurs.

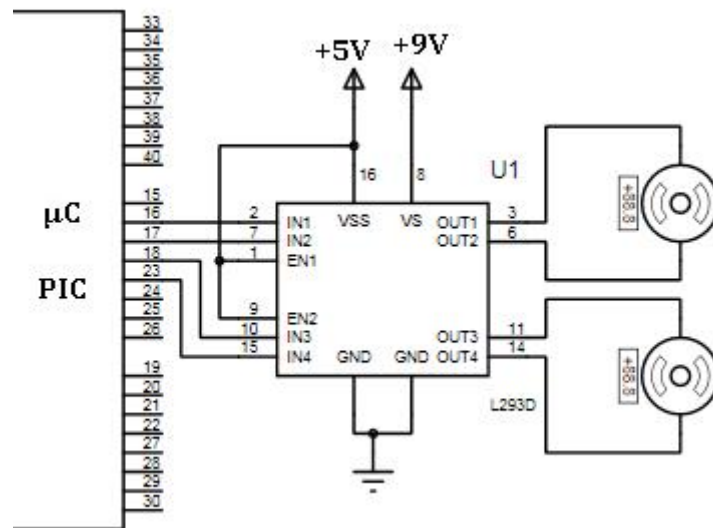


Figure 4: Principe de montage du L293D avec deux moteurs à CC

6) Caractéristiques électriques

- Tension d'alimentation du circuit moteur peut atteindre les 36 V.
- Intensité supportée par chaque étage : 600mA, en continu jusqu'à 1.2A.
- Entrée numérique compatibles TTL et CMOS.
- Les diodes de protection (des moteurs) sont intégrées dans le boîtier ce qui simplifie énormément le montage.

II .Moteur réducteur

MotionKing
The Power Motion Your Future

Search Products

Home > Showroom > DC Gear Motors

Home >>>

About us

Showroom

Hybrid Stepper Motors
2/4 Phase
 > 8H2A > 11H2A
 > 14H2A > 14H2M
 > 14H2Q > 14H2R
 > 16H2M > 16H2A
 > 17H2M(N) > 17H2A
 > 17H2E > 23H2A
 > 23H2M > 23H2S
 > 24H2A > 24H2A
 > 24H2S > 24H2Y
 > 24H2M > 43H2A
 > Precision Linear Motor
3 Phase
 > 17H3A > 23H3A
 > 24H3A > 24H3A
5 Phase
 > 24H5A > 24H5S

AC Servo Motors
 > AS60 > AS80
 > AS90 > AS110
 > AS130 > AS150
 > AS180 >

DC Brushless Motors
 > 42BLDC > 57BLDC
 > 60BLDC > 70BLDC
 > 80BLDC > 110BLDC
 > Brushless Servo Motor

PM Stepper Motors
 > 15PM > 20PM
 > 25PM > 35PM
 > 42PM > 57PM
 > PM Stepper Gear Motor
 > 25PM42Z Linear Motor
 > 57PMZ Linear Motor

DC Gear Motors
 > 37ZY-36ZY
 > 37ZY-528
 > 1-125-100
 > 56BX-57ZYW Planetary
 > 56BX-57BLDC Planetary

Drivers & Accessories
 > Encoders
 > Micro-Stepping Drivers

+ Solution

+ Support

+ Feedback

+ Contact us

37ZY-36ZY DC Gear Motor



Action

 << BACK

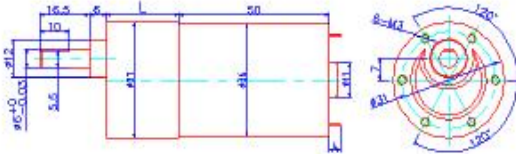
Products Name: 37ZY-36ZY DC Gear Motor
Model: 37ZY-36ZY

Details

Model	Ratio	1/6	1/10	1/17.5	1/30	1/50	1/80	1/160	1/270	1/470	1/810	Voltage (V DC)	Non-load Current (mA)	Loaded Current (mA)
37ZY-36ZY1.23000	0.8	1	1.5	2.5	4	7	12	20	20	20	20	12	≤200	≤700
37ZY-36ZY1.24500	750	450	250	150	90	50	28	16	9	5.5	12	12	≤250	≤1000
37ZY-36ZY1.26000	1000	600	340	200	120	66	36	22	12	7.4	12	12	≤350	≤1300
37ZY-36ZY2.43000	500	300	170	100	60	33	18	11	6	3.7	24	24	≤120	≤350
37ZY-36ZY2.44500	750	450	250	150	90	50	28	16	9	5.5	24	24	≤150	≤500
37ZY-36ZY2.46000	1000	600	340	200	120	66	36	22	12	7.4	24	24	≤180	≤700

Reduction Ratio

Reduction Ratio	L (mm)
1/6~1/30	19.5
1/30~1/100	22.5
1/120~1/300	26
1/360~1/900	29



200K V-REED
STEP PER 142YER
CONTROL LINE CONNECTION

200K V-REED
STEP PER 142YER
CONTROL LINE CONNECTION

CE **RoHS**

III. Capteurs ultrasonique

Specifications:

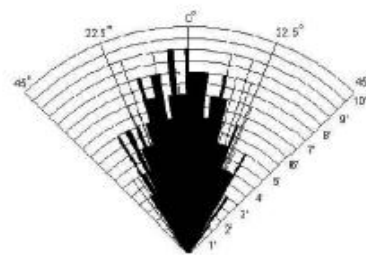
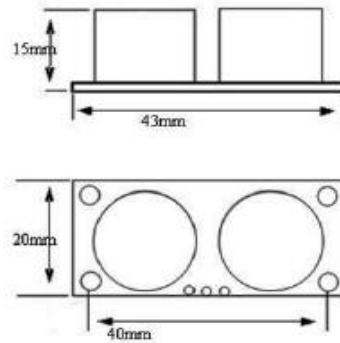
power supply :5V DC

quiescent current : <2mA

effectual angle: <15°

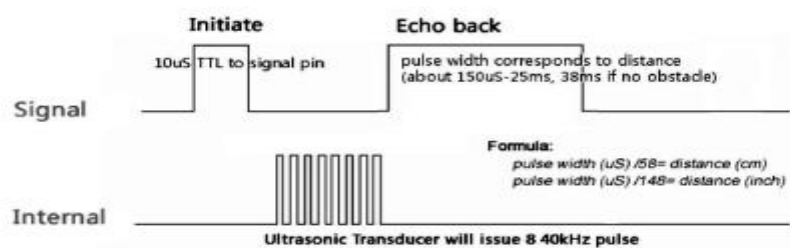
ranging distance : 2cm – 500 cm

resolution : 0.3 cm



Practical test of performance,
Best in 30 degree angle

Sequence chart



A short ultrasonic pulse is transmitted at the time 0, reflected by an object. The sensor receives this signal and converts it to an electric signal. The next pulse can be transmitted when the echo is faded away. This time period is called cycle period. The recommend cycle period should be no less than 50ms. If a 10µs width trigger pulse is sent to the signal pin, the Ultrasonic module will output eight 40kHz ultrasonic signal and detect the echo back. The measured distance is proportional to the echo pulse width and can be calculated by the formula above. If no obstacle is detected, the output pin will give a 38ms high level signal.