

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie Electrique

Spécialité : Informatique industrielle

THÈME

**ETUDE ET REALISATION D'UN ROBOT MOBILE A BASE
D'UN MICROCONTROLEUR**

Préparé par : Melle Trichi saida

Devant le Jury :

Mr, R, Otmani	MAA	Président
Mr, Y, Belhadji	MCB	Examinateur
Mr, A, Boumedienne	MAA	Examinateur
Mr, F, Moulehcene	MCB	Encadreur

PROMOTION 2016 /2017



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

(Que Dieu Bénisse leur âme)

Mes très chers frères. Mes très chères sœurs.

*Ainsi toute la famille **TRICHI et MESKINE.***

Tous mes amis (es) et Toute ma promotion



Remerciements

Je remercie ALLAH qui m'a donné la patience et le courage durant ces années d'étude.

Je remercie Mr Moulehcene Fateh encadreur, pour son aide et a sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

J'adresse mes plus sincères remerciements à tous le staf pédagogique de l'université Ibn Khaldoun et aux membres de la promo 2017, qui m'ont soutenu et encourager au cours de ce mémoire.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à mes parents, aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Merci à tous

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Microcontrôleur ATmega328	
I.1 Introduction.....	4
I.2. Caractéristique principale d'un microcontrôleur.....	4
I.3. Différentes Familles de microcontrôleur.....	4
I.4. Microcontrôleur Arduino.....	5
I.4.1. Différentes gammes Arduin.....	5
I.4.2. Présentation de la Carte Arduino UNO.....	6
I.4.3. Avantage de la carte Arduino UNO.....	7
I.5. Constitution de la carte Arduino UNO.....	8
I.5.1 Partie matérielle.....	8
I.5.1.1. Microcontrôleur ATmega32.....	9
I.5.1.2 Architecture Interne du Microcontrôleur ATmega328.....	9
I.5.1.3. Sources de l'alimentation de la carte.....	12
I.5.1.4. Entrées/Sorties.....	12
I.5.1.5. Ports de communication.....	14
I.5.2. Partie logiciel.....	14
I.5.2.1. Logiciel de programme ARDUINO.....	14
I.5.2.2. Environnement de la programmation.....	15
I.5.2.2.1 Structure générale du programme (IDE Arduino).....	15
I.5.2.2.2. Injection du programme.....	16
I.6. Conclusion.....	17

Sommaire

Chapitre II Généralités sur la robotique

II.1 Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
II.2 Historique de l'évolution de la robotique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3 Définition.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4 Types de robots.....	Erreur ! Signet non défini.
II.5 Caractéristiques d'un robot	Erreur ! Signet non défini.
II.6 Robots Mobiles.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.1 Définition.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2 Architecture des robots mobiles	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2.1 Structure mécanique et la motricité :	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2.2 Système localisation :	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2.3 Organes de sécurité :	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2.4 Traitement des informations et gestion des taches.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7 Classification des Robots Mobiles.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.1 Classification selon le degré d'autonomie :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.2 Classification selon le type de locomotion	Erreur ! Signet non défini.
II.7.2.1 Les robots mobiles à roues:	Erreur ! Signet non défini.
II.7.2.2 Les robots à chenilles:.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.2.3 Les robots marcheurs:.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.2.4 Les robots rampants.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.3 Classification selon le domaine d'application.....	Erreur ! Signet non défini.
II.7.4 Classification selon la motricité et l'énergie.....	Erreur ! Signet non défini.
II.8 Systèmes de perception en robotique mobile :	Erreur ! Signet non défini.
II.9 Capteurs.....	Erreur ! Signet non défini.
II.9.1 Capteur proprioceptifs	Erreur ! Signet non défini.
II.9.2 Télémètres.....	Erreur ! Signet non défini.
II.9.2.1 Télémètre à ultrasons.....	Erreur ! Signet non défini.
II.9.2.2. Télémètre à infrarouges	Erreur ! Signet non défini.
II.9.2.3 Télémètre a laser.....	Erreur ! Signet non défini.
II.9.4 Caméras	Erreur ! Signet non défini.
II.10 Moteurs électriques.....	Erreur ! Signet non défini.
II.10.1 Moteurs à courant continu :	Erreur ! Signet non défini.
II.10.2 Constitution :	Erreur ! Signet non défini.

II.10.3 Principe de fonctionnement	Erreur ! Signet non défini.
II.10.4 Force contre électromotrice	Erreur ! Signet non défini.
II.10.5 Puissance électromagnétique	Erreur ! Signet non défini.
II.10.6 Bilan énergétique d'un moteur cc :	Erreur ! Signet non défini.
II.10.8 Types d'excitation d'un moteur à courant continu	Erreur ! Signet non défini.
II.10.9 Avantage des moteurs à courant continu	Erreur ! Signet non défini.
II.11 Circuit L293D	Erreur ! Signet non défini.
II.12. Variation de vitesse :	Erreur ! Signet non défini.
II.13. Signal PWM	Erreur ! Signet non défini.
II.14 Encodeurs pour la robotique :	Erreur ! Signet non défini.
II.15 Asservissement	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Sommaire

Chapitre III Simulation et réalisation

III.1 Introduction.....	56
III.2. Structure de base du robot.....	56
III.2.1. Actionneurs.....	56
III.2.1.1.Caractéristiques du moteur à courant continu (CC).....	56
III.2.1.2.Connections du moteur cc avec la carte Arduino uno.....	57
III.2.1. 3.Circuit L293D.....	59
III.2.2Carte de commande.....	59
III.2.2.1.Caractéristiques de la carte Arduino UNO.....	59
III.2.2.2 Logique de commande.....	60
III.2.2.3.Analyse des résultats obtenus.....	62
III.2.3. Circuit de puissance L293D.....	64
III.2.4. Capteurs.....	64
III.2.4.1 Etalonnages du capteur HC-SR04.....	65
III.2.4.2.Cône de détection du capteur.....	66
III.3 Mesure du Vitesse de rotation.....	69
III.4.Composants du robot.....	70
III.4.1. Le châssis.....	70
III.4.2. Localisation des composants	71
III.5. Conclusion.....	75

Liste des figures

Chapitre I Microcontrôleur ATmega 328

Figure I.1 : la carte Arduinouno.....	04
Figure 1.2 Microcontrôleur ATmega328.....	06
Figure I.3 Architecture Interne du Microcontrôleur ATmega328.....	08
Figure 1.4 Constitution de la carte ArduinoUNO.....	11
Figure I.5 Interface IDE Arduino.....	12
Figure I.6 Etapes de téléchargement du code.....	13

Chapitre II Généralité sur la robotique

Figure II.1: Structure d'un robot mobile	23
Figure II.2 : parties principales dans un robot.....	24
Figure II.3 : Synoptique sur l'organisation de la sécurité d'un robot mobile.....	27
Figure II.4 : Robot de type uni cycle.....	31
Figure II.5 : Robot de type tricycle.....	32
Figure II.6 : Robot de type voiture.....	32
Figure II.7 : Robot de type omnidirectionnel.....	33
Figure II.8 : Exemples de robots mobiles à chenilles.....	34
Figure II.9: Exemples des robots marcheurs	34
Figure II.10 : Exemple d'un robot rampant	35
Figure II.11 : Chaîne fonctionnelle d'un système de navigation.....	37
Figure II.12 : Principe de télémètre a ultrasons et exemple de télémètre réel.....	38
Figure II.13 : Principe de télémètre infrarouge a triangulation et exemple de télémètre réel.....	40
Figure II.14 : principe de fonctionnement d'un télémètre Laser et un exemple de Télémètre Laser à balayage, fournissant 720 mesure réparties sur 360 degrés, à 5Hz (marque LBEO).....	40

Figure II.15 : Fonctionnement de moteur à courant continu.....	42
Figure II.16 : Description de moteur à courant continu.....	42
Figure II.17 : L'inducteur de la machine à courant continu.....	43
Figure II.18 : Le rotor de la machine à courant continu.....	43
Figure II.19 : Le dispositif collecteur / balais.....	44
Figure II.20 : Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu.....	45
Figure II.21 : Bilan énergétique d'un moteur cc.....	47
Figure II.22 : Moteur à excitation indépendante.....	48
Figure II.23 : Moteur a excitation série.....	48
Figure II.24 : moteurs à excitation composée	49
Figure II.25 : photo réel de L293D	50
Figure II.26: Circuit de L293D	51
Figure II.27 : signale PWM.....	52
Figure II.28 : principe de fonctionnement basique de l'encodeur.....	53
Figure II.29 : Synoptique général d'un système asservi.....	54
Figure II.30 : asservissement PID.....	55

Chapitre III Simulation et réalisation

Figure III.1 Structure générale du robot.....	56
Figure III.2: Kit de Roue avec Moteur à courant.....	57
Figure III.3 : Connecter un moteur cc avec la carte Arduinouno.....	58
Figure III.4 : Organigramme de commande du moteur CC avec Arduino.....	58
Figure III.5: variateur de vitesse d'un robot mobile.....	60
Figure III.6 : Deux signaux PWM pour $\alpha=75\%$	61
Figure III.7: Deux signaux PWM pour $\alpha=50\%$	61

Figure III.8: Deux signaux PWM pour $\alpha=25\%$	61
Figure III.9: Signal PWM2 ($\alpha=75\%$) est inverse du signal PWM ($\alpha=25\%$).....	62
Figure III.10: Organigramme du programme d'un variateur de vitesse.....	63
Figure III.11 : Shield motor L293D.....	64
Figure III.12: Test du capteur ultrason HC-SR04.....	65
Figure III.13: Schéma représente la mesure de la distance.....	67
Figure III.14: Champ visuelle du capture ultrason.....	67
Figure III.15 : Organigramme de détection d'obstacle.....	68
Figure III.16 : Organigramme d'évitement d'obstacle.....	68
Figure III.17 : Encodeur de vitesse.....	69
Figure III.18 : Module compteur de vitesse EC03.....	70
Figure III.19: dimension du chassis.....	71
Figure III.20 : Emplacement des composants est leur connexion.....	71

Introduction Générale

La robotique permet d'aider l'homme dans les tâches difficiles, répétitives ou Pénibles. Les robots sont appelés à jouer un rôle de plus en plus Important dans notre vie. Ils comportent deux grands pôles distincts : la robotique de manipulation (robotique industrielle) et la robotique mobile.[1]

La conception du robot sollicite l'implication de plusieurs domaines a s'avoir : mécanique électrique informatique pour la fabrication des différents éléments (châssis, moteur, roues, capteur, alimentation...

Ce mémoire essentiellement à une présentation du robot mobile à roue. Leur faible complexité en a fait des sujets d'étude sur les systèmes autonomes. Ils ont permis d'accroître les connaissances, se limitant sur la localisation et la navigation des systèmes autonomes. [3]

Les tâches de localisation déterminent le bon déroulement de l'opération. Elles consistent à calculer et maintenir à jour la connaissance de la position, de l'orientation dans un repère absolu lié à l'environnement du travail. C'est une machine équipée de capacités de décision et d'action qui lui permettent d'agir de manière autonome dans son environnement en fonction de la perception.

Les types d'application sont innombrables. Ils sont utilisés dans l'industrie pour le transport. Le plus souvent se sont de tâches répétitives suivant un chemin bien défini et matérialisé par un tracé. Cela peut être des tâches de nettoyage, d'entretien ou encore une assistance a la personne

Un des problèmes majeurs de la robotique mobile est la détection d'obstacles. Autour de ce problème de nombreuses études ont été réalisées dans le but de développer des méthodes générales pour les guider.

Notre but dans ce mémoire est l'étude et la réalisation d'un robot mobile sa tâche principale est de détecter et d'éviter les obstacles .En utilisant une carte de commande à base de microcontrôleur ATmega328 (ARDUINO UNO) et une carte de capteurs émetteur/récepteur (ultrasonique) et ainsi qu'un commutateur de puissance L293D pour

alimenter les moteurs a courant continu qui assurent le déplacement du robot à travers un mécanisme. [2]

Le plan du mémoire est comme suit :

Le premier chapitre est une étude approfondie sur le microcontrôleur ATmega328 utilisé pour commander notre robot.

Le deuxième chapitre présente une introduction sur la robotique : définitions, classification, historique ...et les constituants d'un robot mobile.

Le troisième chapitre présente les différentes parties (mécanique et électronique) du robot est consacré aussi aux logiciels de simulation utilisés pour la programmation. Ainsi il présente les organigrammes utilisés par le microcontrôleur pour gérer les différents circuits.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion qui présente le bilan de ce travail et les perspectives envisagées, une bibliographie et des annexes.

I.1 Introduction

Un microcontrôleur c'est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires (mémoire morte pour le programme, mémoire vive pour les données), unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une plus faible consommation électrique, une vitesse de fonctionnement plus faible et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les micro-ordinateurs personnels.

Par rapport à des systèmes électroniques à base de microprocesseurs et autres composants séparés, les microcontrôleurs permettent de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût des produits. Ils ont ainsi permis de démocratiser l'utilisation de l'information dans un grand nombre de produits et de procédés.

Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, la téléphonie mobile....etc

I.2. Caractéristique principale d'un microcontrôleur

Les microcontrôleurs sont des composants qui permettent la gestion des cartes, ils sont caractérisés par :

- ✓ De nombre périphérique d'E/S
- ✓ Une mémoire de programme
- ✓ Une mémoire vive (en générale de type SRAM)
- ✓ Eventuellement une mémoire EEPROM destinée à la sauvegarde par programme de données à la coupure de l'alimentation.
- ✓ Faible consommation électrique

I.3. Différentes Familles de microcontrôleurs

On trouve plusieurs familles des microcontrôleurs citons :

- La famille Atmel AT91.
- La famille Atmel AVR (utilisées par des cartes wiring et Arduino)
- Le C167 de Siemens .
- La famille Hitachi H8 .
- La famille des PIC de Microchip .
- La famille PSOC de Cyprée .

- La famille LPC21xx ARM7-TDMI de philips .
- La famille V800 de NEC
- La famille K0 NES. [1]

I.4. Microcontrôleur Arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre.

Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme).

Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise l'logiciel IDE Arduino.

Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le cout de la réalisation, mais aussi la charge de travail a la conception d'une carte électronique.[2]

I.4.1. Différentes gammes Arduino

Actuellement, il existe plus de 20 versions de module Arduino, nous citons quelques un afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique:

- Le NG d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega8.
- L'extrémité d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un Microcontrôleur ATmega8.
- L'Arduino Mini, une version miniature de l'Arduino en utilisant un microcontrôleur ATmega168.

- L'Arduino Nano, une petite carte programme à l'aide porte USB cette version utilisant un microcontrôleur ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version).
- Le LilyPad Arduino, une conception de minimaliste pour l'application wearable en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- Le NG d'Arduino plus, avec une interface d' USB pour programmer et usage d'un ATmega168.
- L'Arduino Bluetooth, avec une interface de Bluetooth pour programmer en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Décimal, avec une interface d'USB et utilise un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Duemilanove ("2009"), en utilisant un microcontrôleur l'ATmega168 (ATmega328 pour une plus nouvelle version) et actionné par l'intermédiaire de la puissance d'USB/DC.
- L'Arduino Mega, en utilisant un microcontrôleur ATmega1280 pour I/O additionnel et mémoire.
- L'Arduino UNO, utilisations microcontrôleur ATmega328.
- L'Arduino Mega2560, utilisations un microcontrôleur ATmega2560, et possède toute la mémoire à 256 KBS. Elle incorpore également le nouvel ATmega8U2(ATmega16U2 dans le jeu de puces d'USB de révision 3).
- L'Arduino Leonardo, avec un morceau ATmega32U4 qui élimine le besoin de raccordement d'USB et peut être employé comme clavier.
- L'Arduino Esplora : ressemblant à un contrôleur visuel de jeu, avec un manche et des sondes intégrées pour le bruit, la lumière, la température, et l'accélération.[17]

I.4.2. Présentation de la Carte Arduino UNO

Parmi ces types, nous avons choisi une carte Arduino UNO (carte Basique). L'intérêt principal de cette carte est de faciliter la mise en œuvre d'une telle commande qui sera détaillée par la suite.

La carte Arduinouno fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source comme interface de programmation. L'injection du programme déjà converti par l'environnement sous forme d'un code « HEX » dans la mémoire du microcontrôleur se fait d'une façon très simple par la liaison USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties. Cette carte est basée sur un **microcontrôleur ATmega 328**c'est un microcontrôleur 8bits de la

famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C. et des composants complémentaires.

La carte Arduino contient une mémoire morte de 1 kilo. Elle est dotée de 14 entrées/sorties digitales (dont 6 peuvent être utilisées en tant que sortie PWM), 6 entrées analogiques et un cristal à 16 MHz, une connexion USB et Possède un bouton de remise à zéro et une prise jack d'alimentation. La carte est illustrée dans la figure ci-dessous.[2]

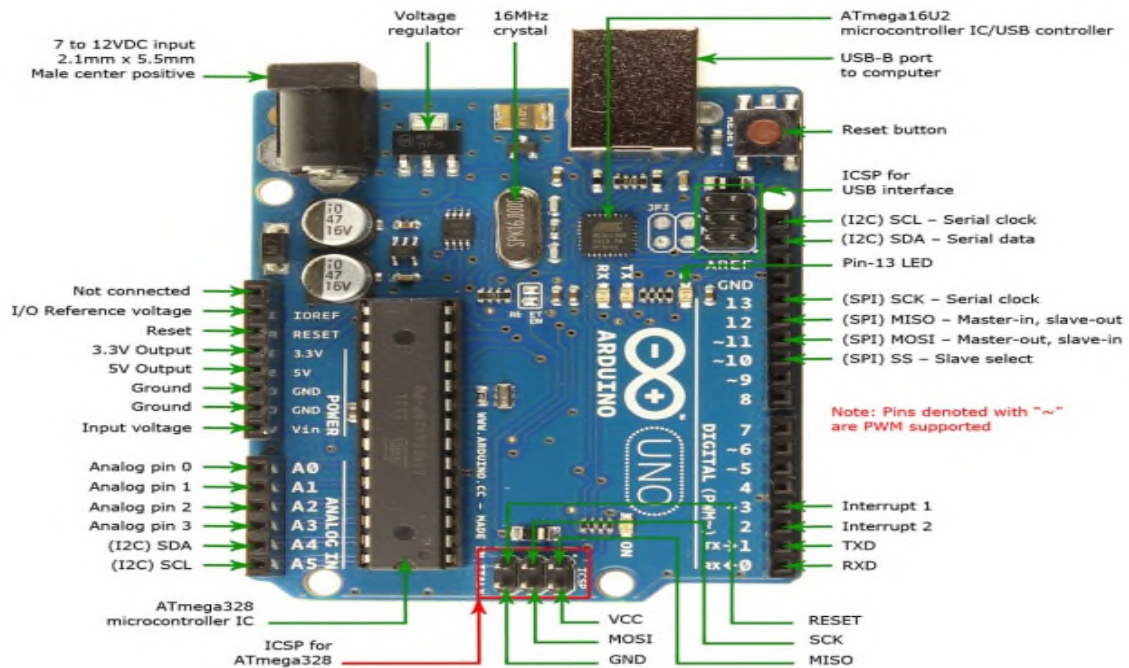


Figure 1.1. Carte Arduinouno

I.4.3. Avantage de la carte Arduino UNO

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant à personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit:

- **Le prix (réduits)** : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino peut être assemblée à la main, (les cartes Arduino pré-assemblées coûtent en moins de 2500 Dinars).

- **Multi plateforme** : le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- **Un environnement de programmation clair et simple** : l'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- **Logiciel Open Source et extensible** : le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).
- **Matériel Open source et extensible** : les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA 328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût.[3]

I.5. Constitution de la carte Arduino UNO

Un module Arduino est un ensemble d'outils matériel et logiciel, est généralement construit autour d'un microcontrôleur ATMEGA, et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Le microcontrôleur est préprogrammé avec un boot loader de façon à ce qu'un programmeur dédié ne soit pas nécessaire.[4]

I.5.1 Partie matérielle

Généralement tout module électronique qui possède une interface de programmation est basé toujours dans sa construction sur un circuit programmable ou plus.

I.5.1.1. Microcontrôleur ATmega328

La puce la plus courante qui équipe la carte Arduino c'est le microcontrôleur ATmega328. C'est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit au temps des pionniers de l'électronique. Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants ; tels que les transistors; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C. la figure 1.2 montre un microcontrôleur ATmega 328, qu'on trouve sur la carte Arduino

Le microcontrôleur ATmega328 associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes. Il est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. [5]

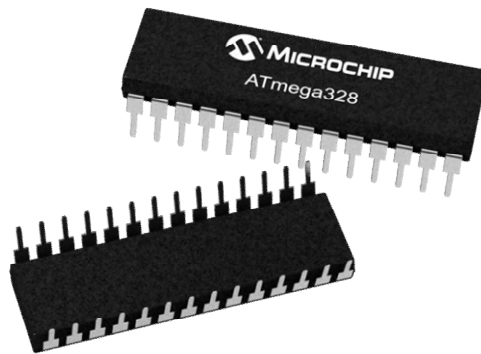


Figure 1.2 Microcontrôleur ATmega328

I.5.1.2. Architecture Interne du Microcontrôleur ATmega328

C'est un Microcontrôleur ATMEL de la famille AVR8bits.

Les principales caractéristiques sont :

🚩 La mémoire

Il en possède 5 types :

- **Mémoire Flash:** C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont boot loader de 0.5 ko).
- **RAM :** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.

- **EEPROM** : C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme.
- **Registres** : c'est un type de mémoire utilisée par le processeur.
- **Mémoire cache** : c'est une mémoire qui fait la liaison entre les registres et la RAM.

✚ **Processeur**

C'est le composant principal du microcontrôleur. C'est lui qui va exécuter le programme qu'on lui donne à traiter. On le nomme souvent le CPU. Pour que le microcontrôleur fonctionne, il lui faut une alimentation ! Cette alimentation se fait en générale par du +5V. D'autres ont besoin d'une tension plus faible, du +3,3V. En plus d'une alimentation, il a besoin d'un signal d'horloge. C'est en fait une succession de 0 et de 1 ou plutôt une succession de tension 0V et 5V. Elle permet en outre de cadencer le fonctionnement du microcontrôleur un rythme régulier.

- **I/O Numérique (entrées-sorties Tout Ou Rien)** = 3 ports PortB, PortC, PortD (soit 23 broches en tout I/O)
- **Compteur (Timer)**: Timer0 et Timer2 (comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16 bits)
Chaque timer peut être utilisé pour générer deux signaux PWM. (6 broches OCxA/OCxB)
- **Plusieurs broches multifonctions** : certaines broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par programmation
- **PWM** = 6 broches OC0A (PD6), OC0B (PD5), OC1A (PB1), OC1B (PB3), OC2A (PB3), OC2B (PD3)
- **Convertisseur analogique-numérique** (résolution 10 bits) = 6 entrées multiplexées ADC0 (PC0) à ADC5 (PC5)
- **Gestion bus I2C** (TWI Two Wire Interface) = Le bus est exploité via les broches SDA (PC5)/SCL (PC4).
- **Port série (USART)** = émission/réception série via les broches TXD (PD1)/RXD (PD0)
- **Comparateur Analogique** = broches AIN0 (PD6) et AIN1 (PD7) peut déclencher interruption
- **Gestion d'interruptions (24 sources possibles)**: en résumé
 - Interruptions liées aux entrées INT0 (PD2) et INT1 (PD3)

- Interruptions sur changement d'état des broches PCINT0 a PCINT23
- Interruptions liées aux Timers 0, 1 et 2 (plusieurs causes configurables)
- Interruption liée au comparateur analogique
- Interruption de fin de conversion ADC
- Interruptions du port série USART
- Interruption du bus TWI (I2C)[6]

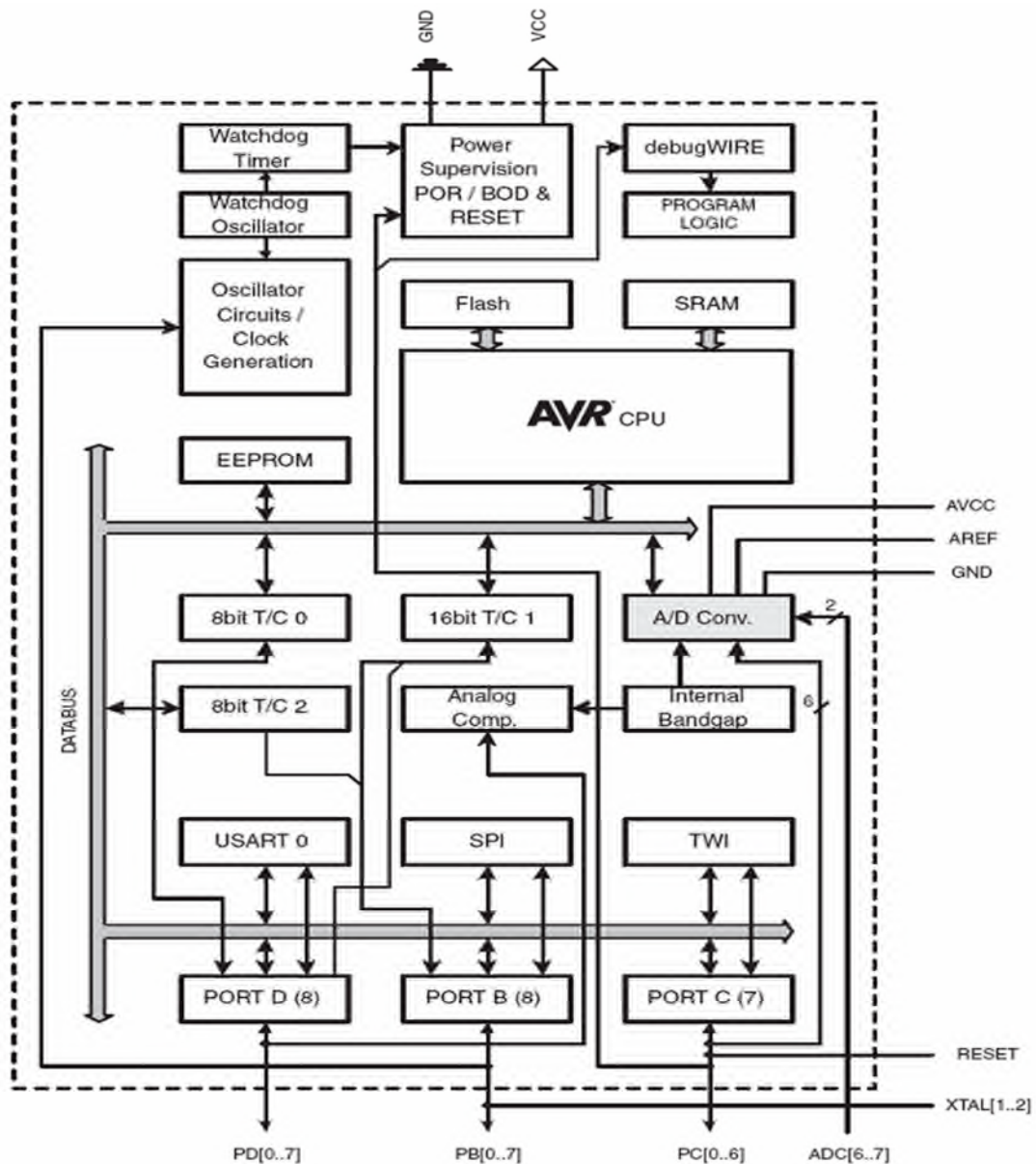


Figure I .3 Architecture Interne du Microcontrôleur ATmega328

I.5.1.3. Sources de l'alimentation de la carte [3]

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée Sortie) et cela comme suit :

VIN: La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.

5V. La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.

3V3. Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.

I.5.1.4. Entrées/Sorties

C'est par ces connexions que le microcontrôleur est relié au monde extérieur. Cette carte possède 14 broches numériques (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions "**pinMode()**, **digitalWrite()** et **digitalRead()** du langage Arduino".

Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite(broche, HIGH)`. En plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

➤ **Interruptions Externes:** Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur.

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

La carte UNO dispose 6 entrées analogiques (numérotées de A0 à A5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead()` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference()` du langage Arduino.

La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des micro-ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé. de la très utile fonction `analogRead()` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference()` du langage Arduino.

La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé.

I.5.1.5. Ports de communication

La carte Arduino UNO a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur. L'Atmega328 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX). On utilise (RX) pour recevoir et (TX) transmettre (les données séries de niveau TTL). Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328[5]

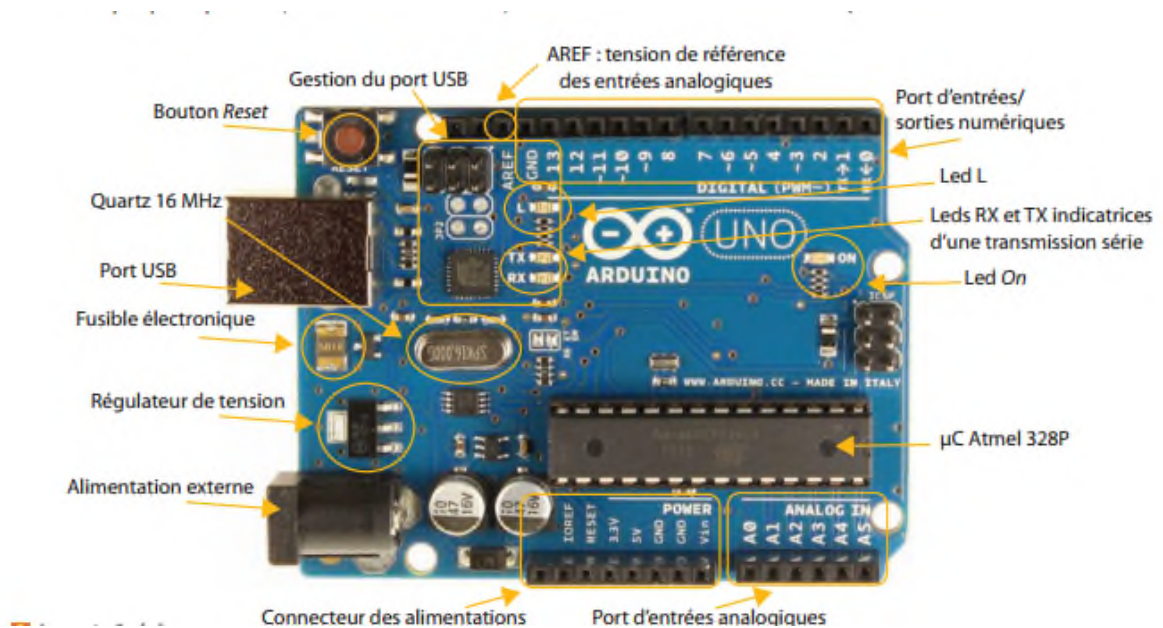


Figure I.3 Constitution de la carte ArduinoUNO

I.5.2. Partie logiciel. [2]

Une telle carte d'acquisition qui se base sur sa construction sur un microcontrôleur doit être dotée d'une interface de programmation comme est le cas de notre carte. L'environnement de programmation open-source pour Arduino peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux).

I.5.2.1. Logiciel de programme ARDUINO

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java multiplateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code (une cinquantaine de commandes différentes) et de compilateur, et qui peut transférer le firmware (et le programme) au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

Le développement sur Arduino est très simple :

- on code l'application : Le langage Arduino est basé sur les langages C/C++ avec des fonctions et des bibliothèques spécifiques à Arduino (gestions des e/s).

- on relie la carte Arduino au PC et on transfère le programme sur la carte,
- on peut utiliser le circuit.

Un programme utilisateur 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, dans l'ordre défini par les lignes de code

I.5.2.2. Environnement de la programmation

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers de la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information ce programme appelé IDE Arduino.

I.5.2.2.1 Structure générale du programme (IDE Arduino)

Comme n'importe quel langage de programmation, une interface souple et simple est Exécutable

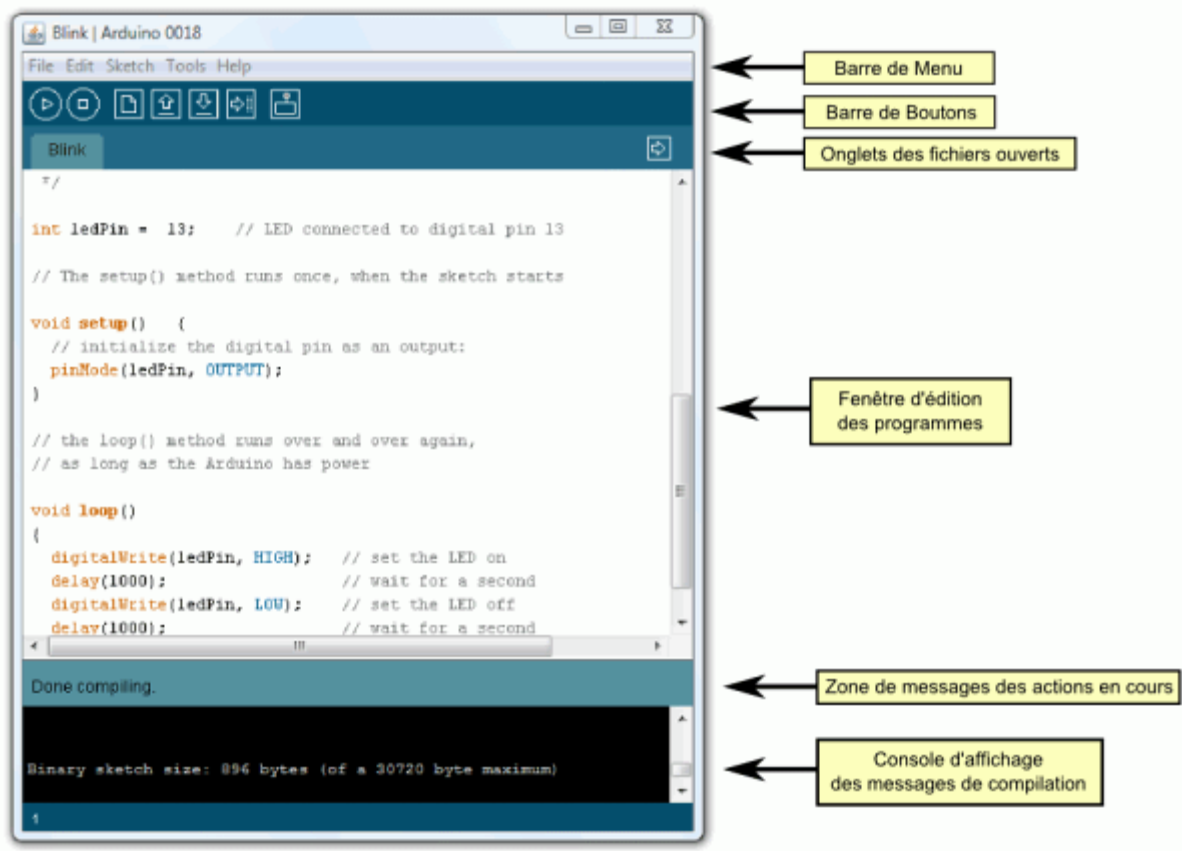


Figure I.4. Interface IDE Arduino

I.5.2.2.2. Injection du programme [7]

Avant d'envoyer un programme dans la carte, il est nécessaire de sélectionner le type de la carte (Arduino UNO) et le numéro de port USB (COM 3) comme à titre d'exemple cette figure suivante.

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d'injecter un code vers la carte Arduino via le port USB.

1. On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel IDE Arduino.
2. On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
3. Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
4. On charge le programme sur la carte.
5. On câble le montage électronique.
6. L'exécution du programme est automatique après quelques secondes.
7. On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome (pile 9 volts par exemple).
8. On vérifie que notre montage fonctionne.

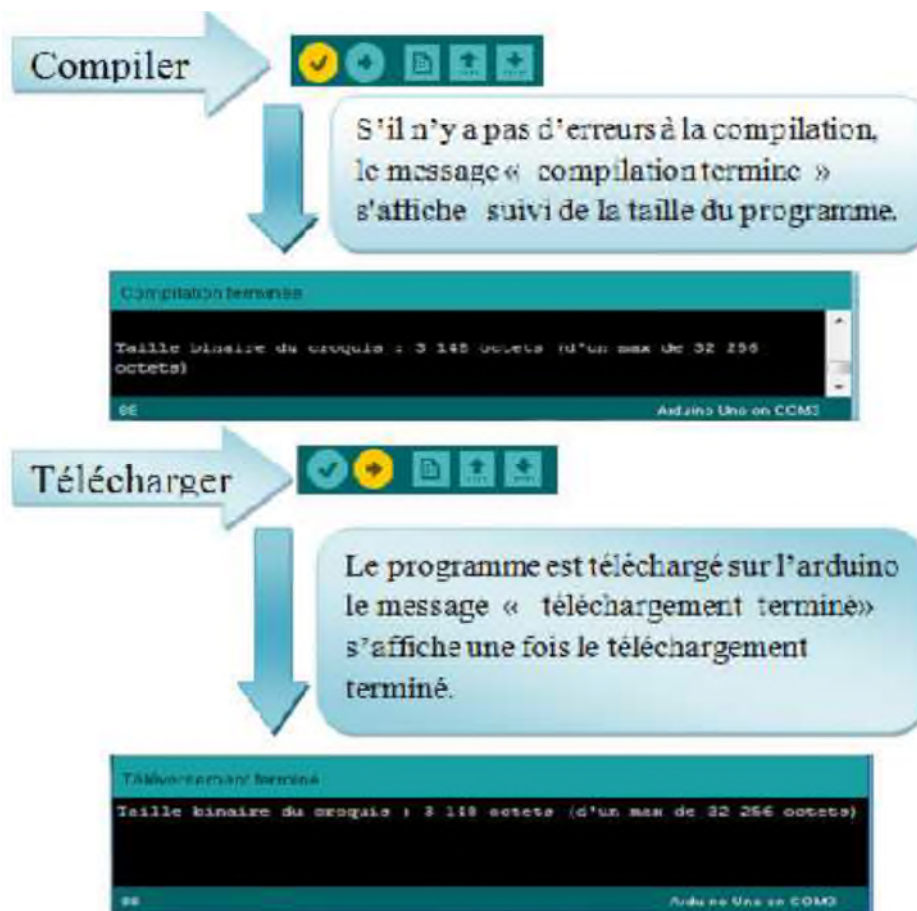


Figure I.6 Etapes de téléchargement du code

I.6. Conclusion

À travers ce chapitre on peut dire que lors de la conception d'un circuit électronique, si celui-ci nécessite une unité de calcul, l'implantation de celle-ci est soit un assemblage de portes logiques (programmation matérielle), soit un microcontrôleur comme le cas de notre travail (programmation logicielle). Les premiers ont un très faible coût de fabrication s'ils sont produits en très grande quantité.

L'avantage des seconds est qu'ils sont de toute manière fabriqués en masse afin de les rendre le plus accessible possible en réduisant au maximum leur prix, et il suffit d'y embarquer un logiciel pour qu'ils puissent accomplir une tâche spécifique, l'un de ses logiciels est l'arduino, qui représente un logiciel de programmation par code basé sur des cartes électroniques à microcontrôleur open source et qui peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer et superviser en utilisant des logiciels de programmation (flash, labview, etc).

II.1 Introduction

Les robots aujourd'hui ont un impact considérable sur de nombreux aspects de la vie moderne, de la fabrication industrielle aux soins de santé, le transport et l'exploration de l'espace et le profond de la mer. Demain, des robots seront aussi omniprésents et personnelle comme les ordinateurs personnels.

Le rêve de créer des machines qui sont qualifiés et intelligentes a fait partie de l'humanité depuis le début du temps. Ce rêve est en train de devenir une partie de la réalité de notre monde.

Quand les chercheurs ont commencé à réfléchir sur la conception de robots, on appelait « robotique » la science des robots et/ou l'art de concevoir et fabriquer des robots. Les succès des robots industriels, qui travaillaient initialement en poste isolé et qui ont été intégrés à des chaînes de production comme des machines parmi d'autres, ont conduit le public à élargir le sens du terme « robotique » et à le rendre désormais presque synonyme d'automatisation. Le correspondant de robotique devrait naturellement être « automatique » mais ce n'est pas le cas dans le langage courant. Pour compenser ce hiatus se sont créés le mot « robotisation » et le verbe « robotiser » pour désigner la plupart des automatisations et leur mise en œuvre, même en l'absence de véritables robots. Dans certains champs d'applications, des mots calqués sur robotique sont apparus. Il en est ainsi de « domotique » qui désigne tout ce qui concerne l'automatisation dans l'habitat ou « productique » pour tout ce qui a trait aux moyens de production.

Aujourd'hui, la robotique est donc l'art d'automatiser des systèmes plus ou moins complexes mais en s'appuyant sur le savoir-faire acquis par les études sur la conception de robots, savoir-faire issu des développements d'une branche de l'automatique générale.

En effet, on constate a posteriori que la structure d'une machine ou d'un système n'a pas besoin d'adopter la forme physique de ce qu'on appelle généralement robot pour que son contrôle adopte les mêmes composants que ces machines, à savoir : des capteurs internes pour la régulation, des capteurs externes pour connaître l'environnement, des moyens d'action motorisés, ainsi qu'une informatique de commande pouvant faire appel à la programmation et aux techniques de l'intelligence artificielle. Tous ces composants et leurs actions peuvent être distribués dans l'espace au lieu d'être rassemblés ou de provenir d'une seule structure. Par

ailleurs, une collaboration de divers ensembles est possible aboutissant donc à un système robotisé.[3]

II.2 Historique de l'évolution de la robotique

La notion de robot, ou d'automate, remonte à l'époque médiévale. Même s'il n'existait pas de terme pour décrire ce que nous appelons aujourd'hui des robots, les gens de cette époque ont tout de même imaginé des mécanismes capables d'exécuter des tâches humaines. Les automates, ces machines aux formes humaines animées par un mécanisme intérieur, ont été créés pour impressionner les paysans qui fréquentaient les églises et leur inculquer la notion d'« être » suprême.

Le jacquemart illustré ici crée l'illusion du mouvement automatique (non assisté). Les jacquemarts étaient des personnages mécaniques capables de marquer le temps en frappant sur une cloche avec leur hache. Cette technologie étant à peu près inconnue au XIII^e siècle, on imagine facilement l'émerveillement des gens face à de tels automates.

Au XVIII^e siècle, les automates miniatures sont devenus des jouets populaires chez les gens très riches. Ces figurines étaient à l'image d'humains ou de petits animaux et imitaient leurs mouvements.

La jolie musicienne que voici a été fabriquée vers 1890. Elle peut tourner la tête d'un côté puis de l'autre, jouer de son instrument tout en battant la mesure avec le pied.

Une multitude de récits littéraires témoignent de la fascination qu'exerce sur nous la création d'une forme de vie artificielle.

En 1818, Mary Shelly a écrit Frankenstein, un récit qui relate la fabrication d'une créature d'apparence humaine. Le robot imaginé par cette auteure ressemblait à un homme ,mais fonctionnait comme une machine. Il était composé d'éléments aux formes humaines maintenus ensemble à l'aide de boulons et d'écrous. On remarquera qu'il y a même des pinces pour retenir ensemble les parties de sa tête. Selon Shelly, un robot devait être plus costaud que la moyenne d'entre nous et être doté d'une force surhumaine.

En 1921, Karel Capek, un dramaturge tchèque, a imaginé un personnage créé artificiellement et doté d'intelligence, auquel il a donné le nom de « robot ». Ce mot, qui signifie « travail forcé » en tchèque, est graduellement entré tel quel dans la langue française. Même s'il a été créé cent ans après la publication du roman Frankenstein de Shelly, le robot de

Capek a lui aussi des formes humaines. Le robot illustré ci-contre semble beaucoup plus rigide et mécanique que la dame lui faisant face.

Même si le concept de robot trouve son origine dans une époque très lointaine, il a fallu attendre les années 1940 et l'arrivée des ordinateurs pour que les robots des temps modernes fassent leur apparition.

Le terme « robotique » se rapporte à l'étude et à l'utilisation des robots. Il remonte à 1941. Il a tout d'abord été utilisé par le chercheur et écrivain Isaac Asimov. C'est dans un chapitre intitulé Cycle fermé qu'il a proposé les « lois de la robotique » suivantes :

- **Première loi** : Un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, laisser cet être humain exposé au danger.
- **Deuxième loi** : Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en contradiction avec la première loi.
- **Troisième loi** : Un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la première ou la deuxième loi. [17]

II.3 Définition

Origine des termes

Robot a été utilisé pour la première fois en 1921 par Karel Capek dans sa pièce R.U.R. (RossumsUniversal Robots)

Il provient du tchèque "Robota" qui signifie corvée, travail obligatoire

Le terme robotique a été employé pour la première fois par Asimov en 1941.

Définition d'un robot

Le Petit Larousse définit un robot comme étant un appareil automatique capable de manipuler des objets, ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe ou modifiable.

En fait, l'image que chacun se fait d'un robot est généralement vague, souvent un robot est défini comme un manipulateur automatique à cycles programmables. Pour « mériter » le nom de robot, un système doit posséder une certaine flexibilité, caractérisée par les propriétés suivantes :

- La versatilité : Un robot doit avoir la capacité de pouvoir exécuter une variété de tâches, ou la même tâche de différente manière

- L'auto- adaptativité : Un robot doit pouvoir s'adapter à un environnement changeant au cours de l'exécution de ses tâches.

L'Association Française de Normalisation (A.F.N.O.R.) définit un robot comme étant un système mécanique de type manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent (i.e., à usages multiples), à plusieurs degrés de liberté, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des dispositifs spécialisés, au cours de mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches. Il a souvent l'apparence d'un, ou plusieurs, bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment, un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances. Ces machines polyvalentes sont généralement étudiées pour effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées à d'autres fonctions sans modification permanente du matériel. [10]

II.4 Types de robots

On retiendra pour notre part 2 types de robot :

- Les manipulateurs:
 - Les trajectoires sont non quelconques dans l'espace
 - Les positions sont discrètes avec 2 ou 3 valeurs par axe
 - La commande est séquentielle

Les télémanipulateurs : appareils de manipulation à distance (pelle mécanique, pont roulant), apparus vers 1945 aux USA :

- Les trajectoires peuvent être quelconques dans l'espace,
- Les trajectoires sont définies de manière instantanée par l'opérateur, généralement à partir d'un pupitre de commande (joystick).

- Les robots mobiles :
 - Les trajectoires peuvent être quelconques dans l'espace
 - L'exécution est automatique
 - Les informations extéroceptives peuvent modifier le comportement du robot

Les possibilités sont plus vastes, du fait de leur mobilité. Notamment, ils peuvent être utilisés en zone dangereuse (nucléaire, incendie, sécurité civile, déminage), inaccessible (océanographie, spatial). De tels robots font appel à des capteurs et à des logiciels sophistiqués.

On peut distinguer 2 types de locomotion : Les robots marcheurs qui imitent la démarche humaine, et les robots mobiles qui ressemblent plus à des véhicules. [3]

II.5 Caractéristiques d'un robot

Un robot doit être choisi en fonction de l'application qu'on lui réserve. Voici quelques paramètres à prendre, éventuellement, en compte :

- La charge maximum transportable : (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables (en élongation maximum).
- Le volume de travail : défini comme l'ensemble des points atteignables par l'organe terminal. Tous les mouvements ne sont pas possibles en tout point du volume de travail. L'espace de travail (reachableworkspace), également appelé espace de travail maximal,
- Le positionnement absolu : correspondant à l'erreur entre un point souhaité (réel) défini par une position et une orientation dans l'espace cartésien et le point atteint et calculé via le modèle géométrique inverse du robot. Cette erreur est due au modèle utilisé, à la quantification de la mesure de position, à la flexibilité du système mécanique. En général, l'erreur de positionnement absolu, également appelée précision, est de l'ordre de 1 mm.
- La répétabilité : ce paramètre caractérise la capacité que le robot a à retourner vers un point (position, orientation) donné. La répétabilité correspond à l'erreur maximum de positionnement sur un point prédéfini dans le cas de trajectoires répétitives. En général, la répétabilité est de l'ordre de 0,1 mm.
- La vitesse de déplacement : Vitesse maximum en élongation maximum ou accélération.
- La masse du robot.
- Le coût du robot.
- La maintenance, ... [11]

II.6 Robots Mobiles

II.6.1 Définition

Contrairement au robot industriel qui est généralement fixé, le robot mobile est doté de moyens qui lui permettent de se déplacer dans son espace de travail. Suivant son degré d'autonomie ou degré d'intelligence, il peut être doté de moyens de perception et de raisonnement. Certains sont capables, sous contrôle humain réduit, de modéliser leur espace de travail et de planifier un chemin dans un environnement qu'ils ne connaissent pas forcément d'avance.

Actuellement, les robots mobiles les plus sophistiqués sont essentiellement orientés vers des applications dans des environnements variables ou incertains, souvent peuplés d'obstacles, nécessitant une adaptabilité à la tâche.[12]

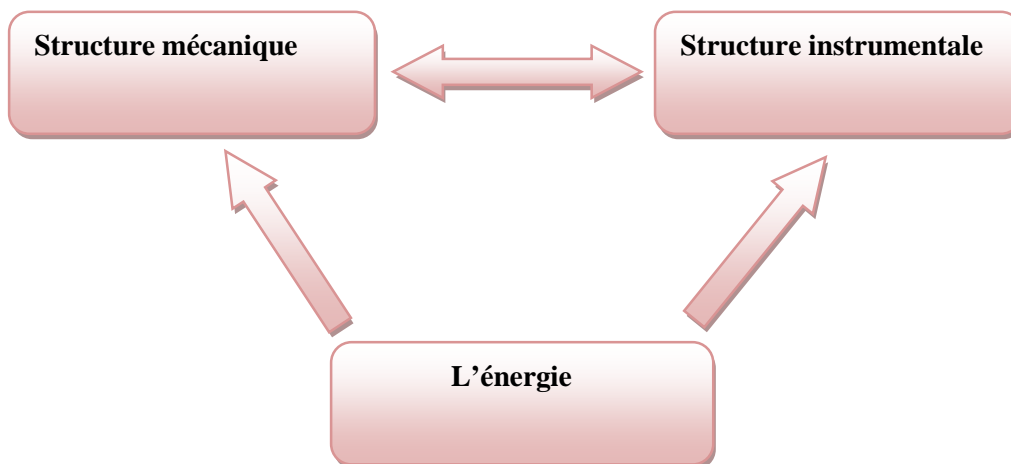


Figure II.1: Structure d'un robot mobile

II.6.2 Architecture des robots mobiles [17]

L'architecture des robots mobiles se compose de quatre parties essentielles:

- La structure mécanique et la motricité.
- Le système de localisation.

- Les organes de sécurité.
- Le système de traitement des informations et gestion de tâches.

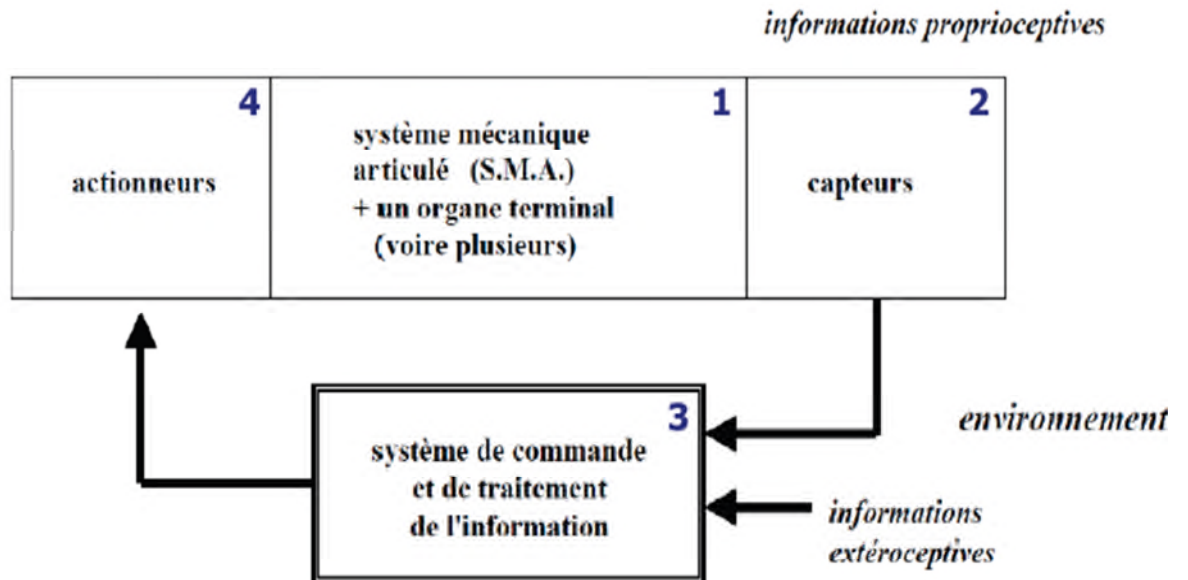


Figure II.2: Parties principales dans un robot

II.6.2.1 Structure mécanique et la motricité :

a. Structure mécanique

La conception de la structure mécanique d'un robot mobile c'est l'emplacement exact de chaque bloc (mécanique et électronique) comme l'emplacement des moteurs, des roues et d'autre système qui va définir les différents mouvements du robot selon le type de ce dernier et la précision de la tâche voulue.

Il existe quatre types de structures mécaniques assurant la motricité:

1. Les robots à roues.
2. Les robots à chenilles.
3. Les robots marcheurs.
4. Les robots rampants.

b. La motricité et l'énergie

Les déplacements des robots sont réalisés par des moteurs de types électrique, thermique ou hydraulique.

L'énergie électrique la plus fréquemment employée offre l'avantage d'une commande aisée. Par contre le transport et la génération présentent des difficultés. Plusieurs méthodes sont employées :

- Par batteries qui sont soit rechargées périodiquement de manière automatique ou manuelle, soit par un échange avec d'autres lorsqu'elles sont déchargées.
- Par groupe électrogène embarqué dont l'inconvénient constitue la masse élevée. L'énergie de base est alors thermique.
- Par cordon ombilical qui réduit l'autonomie du robot. L'énergie thermique est essentiellement employée par des véhicules de forte puissance comme énergie de base pour la traction ou pour activer un compresseur hydraulique.

II.6.2.2 Système localisation :

Le caractère principal d'un robot mobile est la faculté de se mouvoir d'un point vers un autre. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir la connaissance de sa localisation par rapport à un espace de référence dans le quel sont définis les point source du but

La localisation instantanée est un des points les plus importants et les plus délicats des robots mobiles. Elle permet de définir le positionnement :

- Du mobile dans l'environnement.
- D'élément particulier de l'environnement.

II.6.2.2.3 La localisation du mobile

La localisation du mobile consiste à définir la position en termes de coordonnées d'un point du mobile à un référentiel de base. Les techniques à employer sont de deux types :

a. Localisation relative

La localisation relative consiste à déterminer la variation des coordonnées de position lors d'un déplacement. L'estimation de la position absolue est le résultat de

l'intégration des déplacements élémentaires. L'inconvénient de cette méthode réside dans l'accumulation des erreurs de mesure et de calcul

b. Localisation absolue

Les techniques de localisation absolue assurent la mesure de la position et de l'orientation du mobile à tout instant. Il existe de nombreuses méthodes de localisation, le choix de la technique est dicté par le type de la tâche à réaliser. La méthode des balises est la plus employée. Le principe consiste à mesurer la distance du mobile aux balises par temps de vol d'une onde (lumineux, électromagnétique ou acoustiques), la position est calculée par triangulation.

II.6.2.2.4 La localisation de l'environnement[9]

La localisation de l'environnement présente un intérêt sur plusieurs plans :

- L'aide à la navigation pour la détermination de la présence d'obstacles sur une trajectoire prédéfinie.
- La détermination de la localisation du mobile par corrélation entre des caractéristiques de l'environnement et une carte mémorisée.
- Reconnaissance des lieux lors d'un apprentissage.

Pour cela plusieurs techniques sont employées, on cite :

- Les méthodes télémétriques.
- L'analyse d'image.
- Les méthodes de contact direct.

II.6.2.3 Organes de sécurité :

Un robot, selon la tâche qui lui est confiée, peut être amené à travailler au voisinage du personnel, à ce titre, il est obligatoire qu'il soit doté d'organes garantissant la sécurité.

Des capteurs sont disponibles tout autour du mobile afin de détecter un obstacle sur un domaine le plus étendu possible. Deux types de capteurs sont employés :

- les capteurs proximétriques assurant la détection avant collision (ultra-son, hyper fréquence, infrarouge...)

- les capteurs de contact détectant une collision ou un choc avec l'environnement (contact électrique sur pare-chocs, résistance variable, fibre optique...). Ce sont des dispositifs redondants par rapport aux capteurs précédents

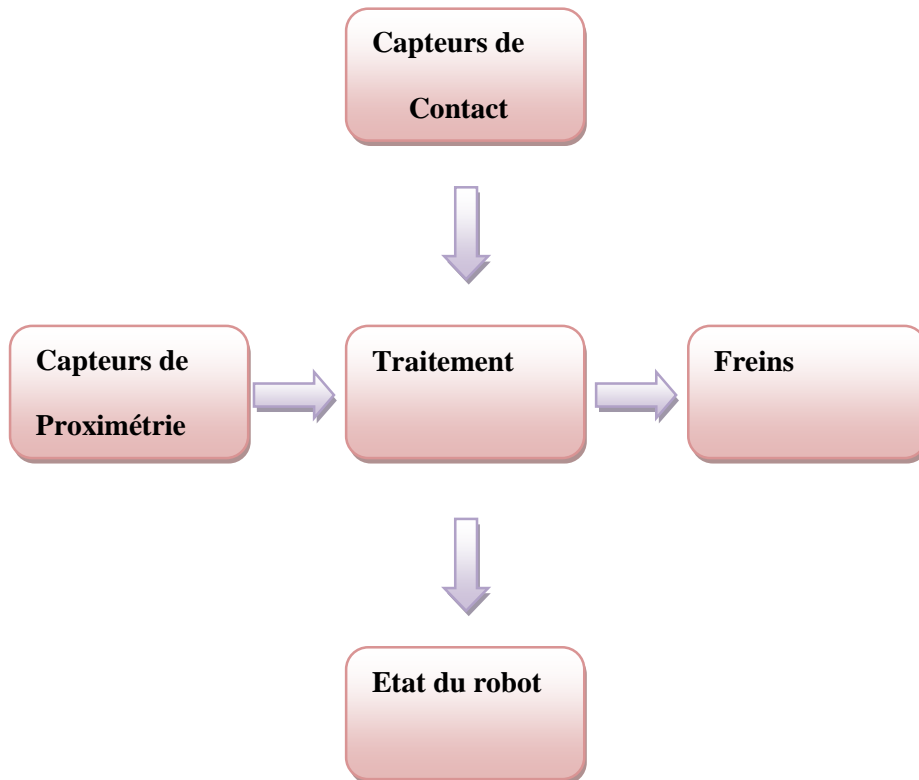


Figure II.3 : Synoptique sur l'organisation de la sécurité d'un robot mobile

Il comporte également un système de vérification permanent de l'état de fonctionnement des autres organes.

Le traitement de la détection s'effectue selon plusieurs cas. Si le capteur à contact est sollicité, le robot s'immobilise soit définitivement soit tant que le contact persiste, ou il effectue un mouvement opposé au contact. Par contre si un proximateur détecte une présence, la stratégie consiste soit à immobiliser le robot en attendant que la personne s'éloigne, soit à ralentir le mouvement si la personne n'est pas trop proche, soit à choisir un autre chemin qui l'éloigne de la personne.

II.6.2.4 Traitement des informations et gestion des tâches

L'ensemble de traitement des informations et gestion des tâches constitue le module information central qui établit les commandes permettant au mobile de réaliser un déplacement et d'activer les divers organes en accord avec l'objectif. Nous nous limiterons au problème de génération de plan qui consiste à établir la manière dont le robot se déplace par rapport à des connaissances à priori (statiques) ou obtenues en cours d'évolution (dynamiques).

La génération de plus repose sur trois concepts :

- La stratégie de navigation
- La modélisation de l'espace
- La planification.

II.6.2.4.1 Navigation [14]

La navigation est une étape très importante en robotique mobile. Bien entreprise, elle permet une large autonomie à un robot mobile. Le système de navigation comporte plusieurs modules qui peuvent être traités différemment et parmi les quels on distingue celui de la localisation et celui de l'évitement d'obstacles. La détection et l'évitement des obstacles est l'étape fondamentale de l'évolution d'un robot en territoire inconnu. On dispose à cet effet de plusieurs types de capteurs : caméras; un programme d'analyse des images étant alors nécessaire, capteurs laser, capteurs infrarouge et capteurs à ultrasons. On utilise en général un capteur à ultrasons qui permet de renseigner sur la présence d'un obstacle sur le chemin d'évolution. Une fois les obstacles repérés, le robot peut effectuer plusieurs actions, par exemple : cartographier le site sur lequel il évolue, vérifier si sa distance à l'obstacle est supérieure ou non à une distance limite, et dans le cas contraire, éviter l'obstacle

II.6.2.4.2 Modélisation de l'environnement [13]

La connaissance du milieu dans lequel évolue le robot mobile n'est établie en général qu'après avoir effectué une campagne de mesure de l'ensemble des éléments constituant l'environnement. Cette procédure fastidieuse peut être évitée si le robot construit lui-même son modèle d'environnement de manière dynamique. Par contre, la planification de trajectoire

n'est pas utilisable tant que le robot ne dispose pas d'un modèle de l'espace d'évolution ce qui handicape très fortement l'utilisation du robot. A partir de cette base d'informations et d'une loi évaluant les erreurs de représentation, le planificateur peut générer des sous-trajectoires faisables dans certaines parties et modifier les sous trajectoires dans d'autres parties à l'aide des informations locales issues de la mesure des capteurs d'environnement. Lors de l'exécution d'une trajectoire, le robot acquiert des informations qui vont permettre de reconstituer le plus fidèlement possible le modèle de l'environnement de manière récursive à l'aide d'un algorithme approprié.

II.6.2.4.3 Planification de trajectoire [10]

On voit ainsi au travers de cette première approche assez théorique apparaître un problème essentiel : la planification de la trajectoire. Différentes approches sont envisageables selon que le robot évolue en milieu connu ou inconnu :

- L'évolution en territoire cartographié simplifie évidemment la tâche des concepteurs: une fois la carte de la zone d'évolution rentrée dans la mémoire d'un ordinateur communiquant avec le robot ou bien dans une mémoire intégrée au robot lui-même, des algorithmes de routage permettent de diriger le robot.

- Il en va tout autrement dans le cas de l'évolution en territoire inconnu. Le robot doit alors analyser son environnement au moyen de différents capteurs, détecter sa position par rapport à son but, et décider de sa trajectoire. Cette localisation peut s'effectuer par différentes méthodes : triangulation de signaux émis par des balises déposées au cours du déplacement ou/et repérage d'obstacles à distance et construction d'une carte du site, mesures odométriques et estimation de la position.

On applique ensuite des algorithmes complexes pour diriger le robot. Ceux-ci peuvent amener des résultats plus ou moins heureux, le principal problème étant la non convergence de certaines boucles de déplacement. Si aucun algorithme de secours n'a été prévu, l'intervention humaine est alors nécessaire.

II.7 Classification des Robots Mobiles

On peut classer les robots mobiles selon leur degré d'autonomie, système de locomotion, leur domaine d'application, leur système de localisation, l'énergie utilisée...

Nous allons présenter ici quatre classifications qui semblent être les plus intéressantes

II.7.1 Classification selon le degré d'autonomie :[12]

Un robot mobile autonome est un système automoteur doté de capacités décisionnelles et de moyens d'acquisition et de traitements de reformation qui lui permettent d'accomplir sous contrôle humain réduit un certain nombre de tâches, dans un environnement non complètement connu. On peut citer quelques types :

- Véhicule télécommande par un opérateur

Ces robots sont commandés par un opérateur qui leurs impose chaque tache élémentaire à réaliser

- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser

Le véhicule contrôle automatiquement ses actions.

- Véhicule semi-autonome

Ce type de véhicule réalise des tâches prédéfinies sans l'aide de l'opérateur.

- Véhicule autonome

Ces derniers réalisent des tâches semi-définies.

II.7.2 Classification selon le type de locomotion [3]

Selon le système de locomotion, on peut distinguer quatre types des robots:

II.7.2.1 Les robots mobiles à roues:

La mobilité par roues est la structure mécanique la plus communément appliquée. Cette technique assure selon l'agencement et les dimensions des roues un déplacement dans toutes les directions avec une accélération et une vitesse importantes. Le franchissement d'obstacles ou l'escalade de marches d'escaliers est possible dans une certaine mesure. Toutes les configurations (nombre, agencement, fonction) des roues sont appliquées.

Nous citerons ici les quatre classes principales de robots à roues

- **Robot uni cyclé** : Est actionné par deux roues indépendantes, il possède éventuellement des roues folles pour assurer sa stabilité. Son centre de rotation est situé sur l'axe reliant les deux roues motrices. C'est un robot non-holonome, en effet il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues de locomotion. Sa commande peut être très simple, il est en effet assez facile de le déplacer d'un point à un autre par une suite de rotations simples et de lignes droites.

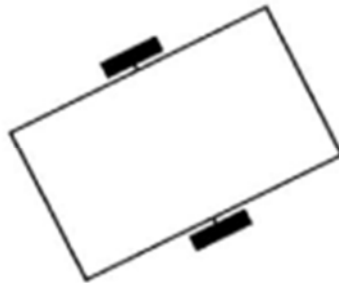


Figure II.4 : Robot de type uni cycle

- **Robot tricycle** : Est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et d'une roue centrée orientable placée sur l'axe longitudinal. Le mouvement du robot est donné par la vitesse des deux roues fixes et par l'orientation de la roue orientable. Son centre de rotation est situé à l'intersection de l'axe contenant les roues fixes et de l'axe de la roue orientable. C'est un robot non-holonome. En effet, il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues fixes. Sa commande est plus compliquée. Il est en général impossible d'effectuer des rotations simples à cause d'un rayon de braquage limité de la roue orientable

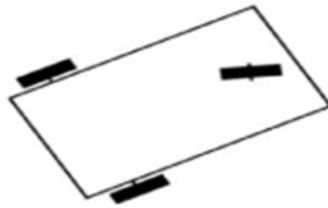


Figure II.5 : Robot de type tricycle

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



Figure II.6 : Robot de type voiture

- **Un robot omnidirectionnel:** Est un robot qui peut se déplacer librement dans toutes les directions. Il est en général constitué de trois roues décentrées orientables placées en triangle équilatéral. L'énorme avantage du robot omnidirectionnel est qu'il est holonome puisqu'il peut se déplacer dans toutes les directions. Mais ceci se fait au dépend d'une complexité mécanique bien plus grande

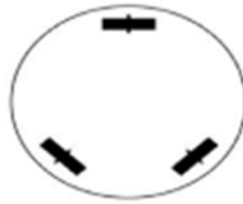


Figure II.7 : Robot de type omnidirectionnel

Nous pouvons observer dans le tableau ci-dessous un récapitulatif des avantages et des inconvénients des différents types de robots à roues

Type du robot	Avantage	Inconvénient
uni cycle	*Stable *Rotation sur soi-même *Complexité mécanique	*Non-holonyme
Tri cycle	*Complexité mécanique modérée	*Non-holonyme *peu stable
Voiture	*Stable *Complexité mécanique modérée	*Non holonyme *Pas de rotation sur soi-même
Omnidirectionnel	*Holonyme *Stable *Rotation sur soi-même	*Complexité mécanique importante

Tableau. II.1 : Tableau Les avantages et les inconvénients des différents types de robots à roues

II.7.2.2 Les robots à chenilles:

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 sol accidenté ou de mauvaise qualité au niveau de l'adhérence (présence de boue, herbe...).



Figure. II.8 : Exemples de robots mobiles à chenilles

II.7.2.3 Les robots marcheurs:[1]

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

L'adaptation au support est un problème spécifique aux marcheurs. Il consiste à choisir le meilleur emplacement de contact en alliant l'avance et la stabilité avec l'aide de capteurs de proximité, de contact ou de vision.



Figure II.9:Exemples des robots marcheurs

II.7.2.4 Les robots rampants[3]

La reptation est une solution de locomotion pour un environnement de type tunnel qui conduit à réaliser des structures filiformes.

Le système est composé d'un ensemble de modules ayant chacun plusieurs mobilités. Les techniques utilisées découlent des méthodes de locomotion des animaux.

- Le type scolopendre constitue une structure inextensible articulée selon deux axes orthogonaux.
- Le type lombric comprend trois articulations, deux rotations orthogonales et une translation dans le sens du mouvement principal.
- Le type péristaltique consiste à réaliser un déplacement relatif d'un module par rapport aux voisins.



Figure II.10 : Exemple d'un robot rampant

II.7.3 Classification selon le domaine d'application[12]

Bien que le champ d'application des robots mobiles reste illimité, nous présentons ici quelques domaines d'application :

Les robots industriels et de service

Il existe des robots mobiles destinés à des applications industrielles. Celles-ci concernent principalement le transport et la distribution (dans les usines, les mines, les hôpitaux et les ateliers), le nettoyage, l'entretien et la maintenance, la surveillance et la manutention. Quant

aux robots de service, ils sont destinés à aider des handicapés moteurs, à guider les aveugles et à piloter des voitures automatiques.

Les robots militaires

Les applications militaires de la robotique mobile sont nombreuses. Ce champ d'application présente l'intérêt de fournir des spécifications serrées telles que la vitesse des véhicules, leurs capacités de franchissement des obstacles et leur rapidité de réaction.

Les robots de laboratoires

De nombreux laboratoires travaillant dans le domaine de la robotique, disposent de plateformes expérimentales pour valider des travaux théoriques en perception ou en planification de mouvement.

II.7.4 Classification selon la motricité et l'énergie [13]

Le déplacement des robots est réalisé par des moteurs de types :

- Électrique
- Thermique
- Hydraulique

L'énergie électrique la plus fréquemment employée offre l'avantage d'une commande aisée. Par contre le transport et la génération présentent des difficultés.

Plusieurs méthodes sont employées :

- Par batteries qui soul :
 - Soit recharges périodiquement de manière automatique ou manuelle.
 - Soit par un échange avec d'autre lorsqu'elles sont déchargées
- Par groupe électrogène embarqué dont l'inconvénient constitue la masse élevée, l'énergie de base est alors thermique.
- Par cordon ombilical qui réduit l'autonomie du robot.

L'énergie thermique est essentiellement employée par des véhicules de forte puissance comme énergie de base pour la traction ou pour activer un compresseur hydraulique.

De nombreux laboratoires travaillant dans le domaine de la robotique, disposent de plateformes expérimentales pour valider des travaux théoriques en perception ou en planification de mouvement.

II.8 Systèmes de perception en robotique mobile :

La perception est un domaine crucial de la robotique. C'est autour de ce concept qu'est bâtie la structure d'un robot apte à exécuter des tâches complexes ou à évoluer dans un univers inconnu ou mal connu.

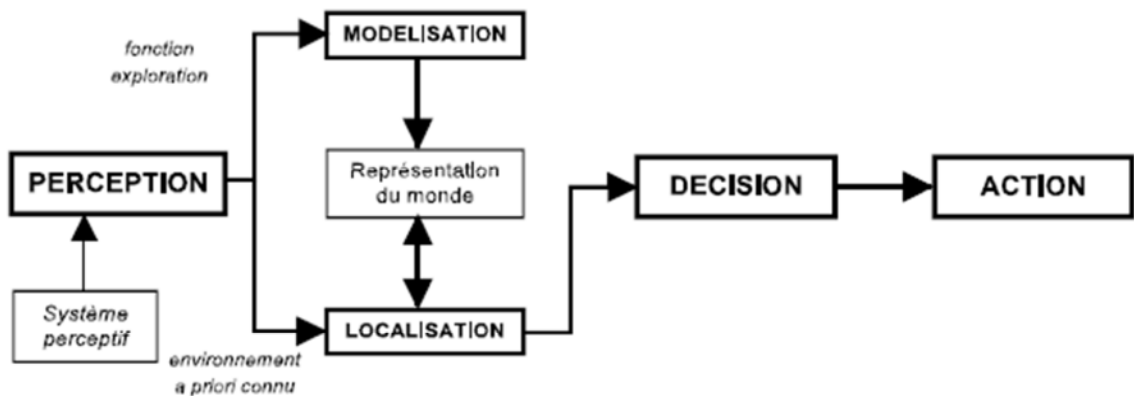


Figure II.11 : Chaîne fonctionnelle d'un système de navigation.

L'élément de base du système de perception est le capteur qui a pour objet de traduire en une information exploitable des données représentant des caractéristiques de l'environnement.

Les moyens utilisés pour la perception de l'environnement sont nombreux. Nous citons:

- Les systèmes de vision globale.
- Les télémètres laser et ultrasonores.
- Les capteurs optiques et infrarouges.
- Les capteurs tactiles.

II.9 Capteurs [14]

Un capteur est un dispositif convertissant une grandeur physique analogique (pression, température, déplacement, débit,...) en un signal analogique rendu transmissible et exploitable par un système de conditionnement (courant électrique, radiation lumineuse, radiofréquence). Le capteur est la partie d'une chaîne de mesure qui se trouve au contact direct du mesurande

Nous présentons dans cette section les capteurs les plus couramment utilisés en robotique mobile pour les besoins de la navigation

II.9.1 Capteur proprioceptifs

Les capteurs proprioceptifs permettent une mesure du déplacement du Robot sont les capteurs que l'on peut utiliser le plus directement pour la localisation, mais ils souffrent d'une dérive au cours du temps qui ne permet pas en général de les utiliser seuls.

II.9.2 Télémètres

Il existe différents types de télémètres, qui permettent de mesurer la distance aux éléments de l'environnement, utilisant divers principes physiques

II.9.2.1 Télémètre à ultrasons

Les télémètres à ultrason sont historiquement les plus premiers à avoir été utilisés, ils utilisent la mesure du temps de vol d'une onde sonore réfléchi par les obstacles pour estimer les obstacles pour estimer la distance comme illustre la figure II.2

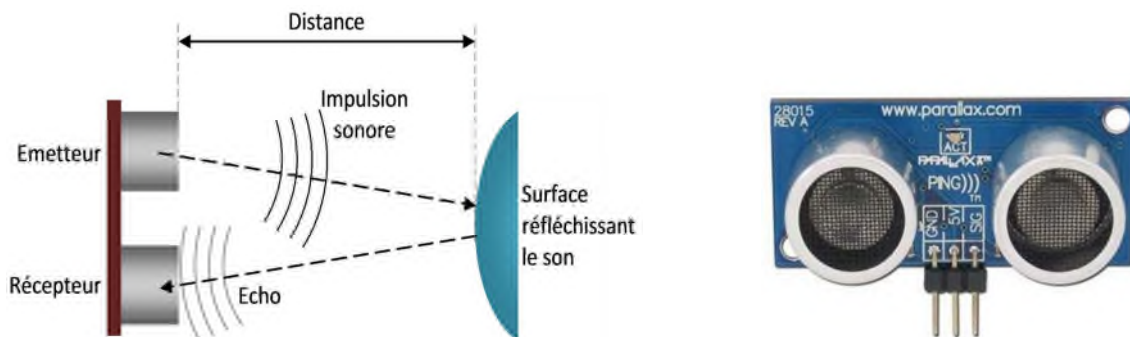


Figure II.12 : Principe de télémètre à ultrasons et exemple de télémètre réel.

Ces télémètres sont très simples et peu chers, et sont donc très répandus.

Ils possèdent une « zone aveugle », de quelques centimètres, en dessous de laquelle ils ne peuvent détecter les obstacles. Cette zone est due à la temporisation entre l'émission de l'onde sonore et le début de la détection de l'onde réfléchi qui est nécessaire pour ne pas perturber cette mesure. La distance D entre le capteur et l'obstacle est :

$$D = T * \frac{V}{2} \tag{II.1}$$

Avec :

V : la vitesse de déplacement des ultrasons dans l'air.

T : le temps entre l'émission et la réception.

Les télémètres ultrason détecteur les obstacles se situant dans un cône relativement large (Angle au sommet d'environ 30 degrés). Cette caractéristique présente un avantage, car des éléments relativement fins (les pieds de table ou de chaise par exemple) sont détectés dans un cône, alors qu'ils pourraient ne pas être détectés par des télémètres ayant un angle d'ouverture très fin. [13]

II.9.2.2.Télémètre à infrarouges

Les télémètres infrarouges possèdent l'avantage d'avoir un cône de détection beaucoup plus restreint. Ils utilisent une lumière infrarouge au lieu d'une onde sonore pour la détection et peuvent être basés sur différentes techniques qui permettent de recueillir plus ou moins d'information.

Il est possible de mesurer simplement le retour ou le non-retour d'une impulsion codée, ce qui permet de détecter la présence ou l'absence d'un obstacle.

Il est également possible de réaliser une triangulation sur le faisceau de retour de l'onde lumineuse, ce qui permet d'avoir une mesure de la distance de l'obstacle, comme illustre la figure 2.13

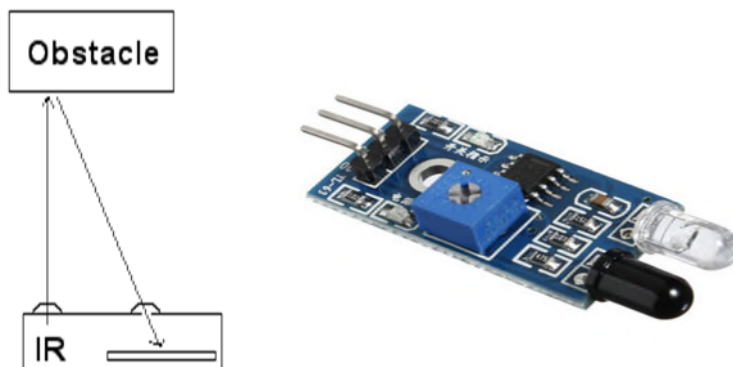


Figure II.13 : Principe de télémètre infrarouge a triangulation et exemple de télémètre réel

Les inconvénients de ces télémètre sont liés a leur portée, en général relativement restreinte, et à leur sensibilité aux sources de lumières qui contiennent un fort rayonnement infrarouge. Un projecteur du type de ceux utilisés pour la télévision pointé sur le robot, par exemple, sature en général complètement le récepteur et empêche toute détection d'obstacle. Ils sont également très sensibles à la couleur et à la nature de la surface de l'obstacle (par exemple, ils détectent difficilement es vitres et les obstacles noir mats)

II.9.2.3 Télémètre a laser

Les télémètres les plus utilisés à l'heure actuelle pour des applications de cartographie et de localisation sont les télémètres laser à balayage. Ils utilisent un faisceau laser mis en rotation afin de balayer un plan, en général horizontal, et qui permet de mesurer la distance des objets qui coupent ce plan comme montre la figure II.16

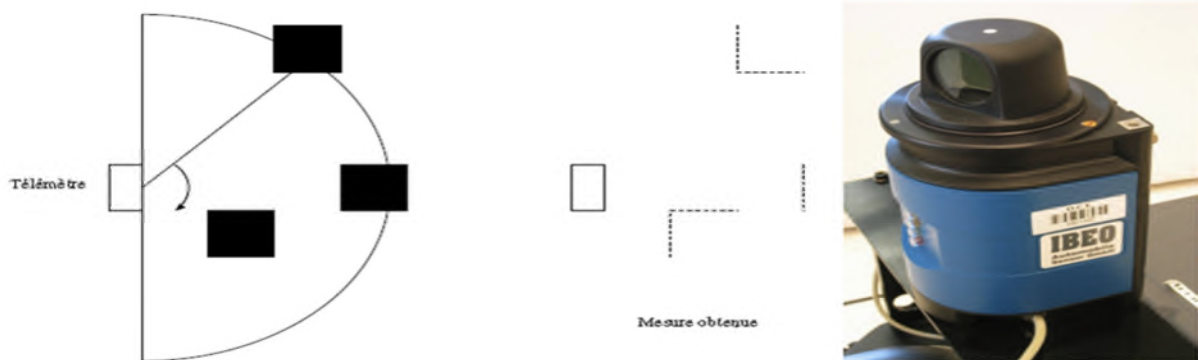


Figure II.14 : Principe de fonctionnement d'un télémètre Laser et un exemple de Télémètre Laser à balayage, fournissant 720 mesure réparties sur 360 degrés, à 5Hz (marque LBEO)

Cette mesure peut être réalisée selon différentes techniques soit en mesurant le temps de vol d'une impulsion laser, soit par triangulation.

Les télémètres courants ont une bonne résolution angulaire car ils permettent d'obtenir une mesure de distance tous les demi degrés, sur une zone de 180 ou 360 degrés selon les modèles. La mesure est de plus relativement précise (avec un bruit de l'ordre de quelque centimètre) à une distance relativement grande (plusieurs dizaines de mètres). La fréquence d'acquisition est en général de l'ordre de la dizaine de Hertz, voire proche de la centaine pour certains modèle.

II.9.4 Caméras[14]

L'utilisation d'une caméra pour percevoir l'environnement est une méthode attractive car elle semble des méthode utilisées par les humains et fournit une grande quantité d'information sur l'environnement. Le traitement des données volumineuses et complexes. Fournies par ces capteurs est cependant souvent difficile, mais c'est une voie de racherche très explorée et prometteuse pour la robotique.

II.10 Moteurs électriques [15]

Un moteur c'est un transducteur assurant une conversion d'énergie et d'information de la forme électrique à la forme mécanique ou inversement grâce au phénomène d'induction électromagnétique. La robotique emploie deux types de moteurs électriques :

- Les moteurs à courant continu.
- Les moteurs incrémentaux ou pas à pas

II.10.1 Moteurs à courant continu :

Les moteurs à courant continu sont des convertisseurs électromécaniques d'énergie : Soit ils convertissent l'énergie électrique absorbée en énergie mécanique lorsqu'ils sont capables de fournir une puissance mécanique suffisante pour démarrer puis entraîner une charge en mouvement. On dit alors qu'ils ont un fonctionnement en moteur. Soit ils convertissent l'énergie mécanique reçue en énergie électrique lorsqu'ils subissent l'action d'une charge entraînant. On dit alors qu'ils ont un fonctionnement en générateur

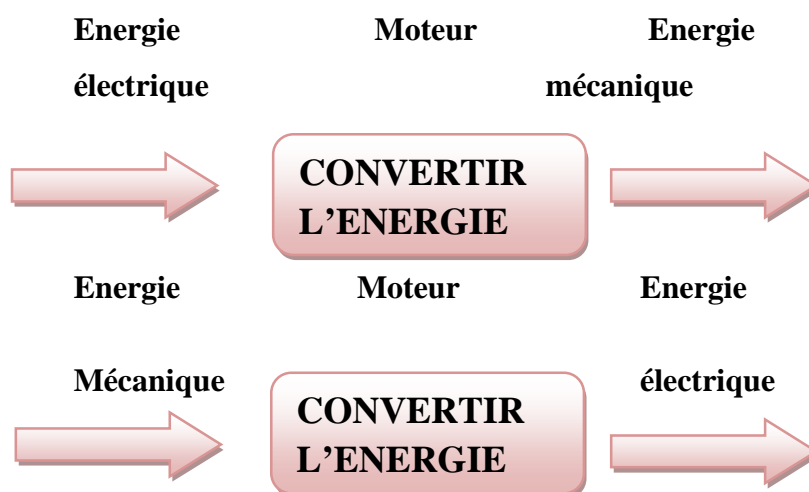


Figure II.15 : Fonctionnement de moteur à courant continu

II.10.2 Constitution :

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

- l'inducteur.
- l'induit.
- le dispositif collecteur / balais.

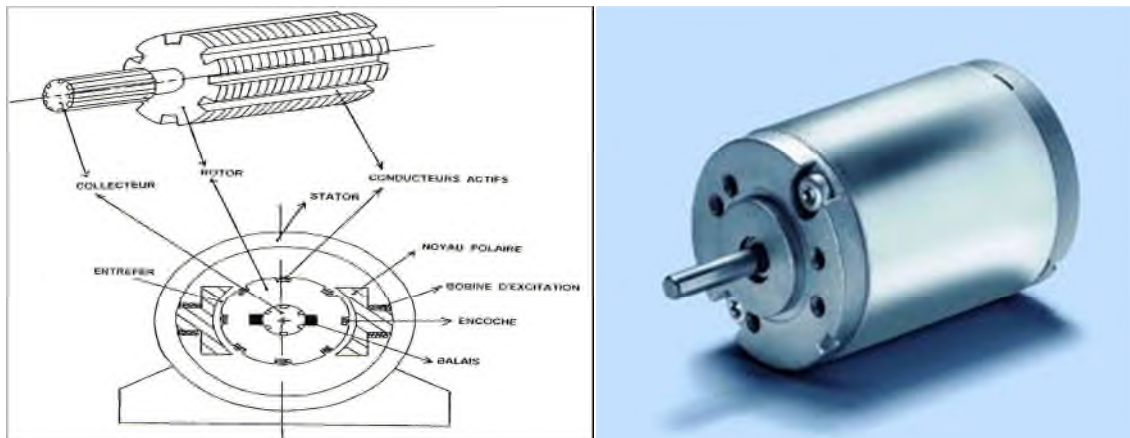


Figure II.16 : Description de moteur à courant continu

Stator (inducteur) :

L'inducteur est la partie fixe du moteur. Il est constitué d'un aimant permanent ou d'un électroaimant alimenté par le courant continu d'excitation

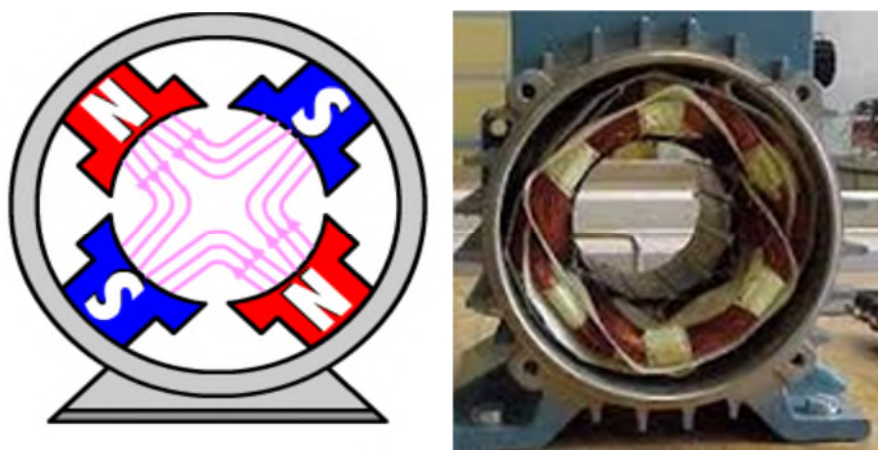


Figure II.17 : L'inducteur de la machine à courant continu

Le rotor (Induit):

Le rotor est constitué d'encoches dans lesquelles est enroulé un bobinage de (N) conducteurs alimentés en courant continu (I) via le collecteur.

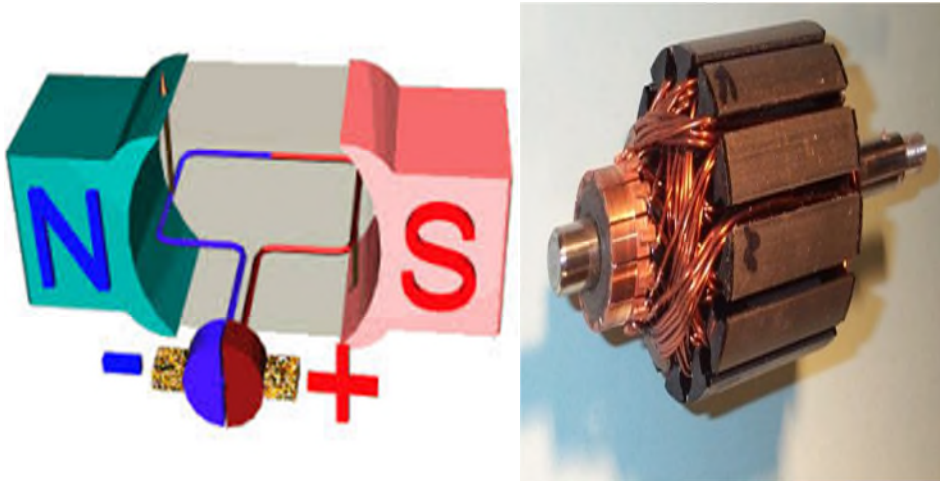


Figure II.18 : Le rotor de la machine à courant continu

Le collecteur et les balais :

Le collecteur est un ensemble de lames de cuivre où sont reliées les extrémités du bobinage de l'induit. Les balais (ou charbons) sont situés au stator et frottent sur le collecteur en rotation.

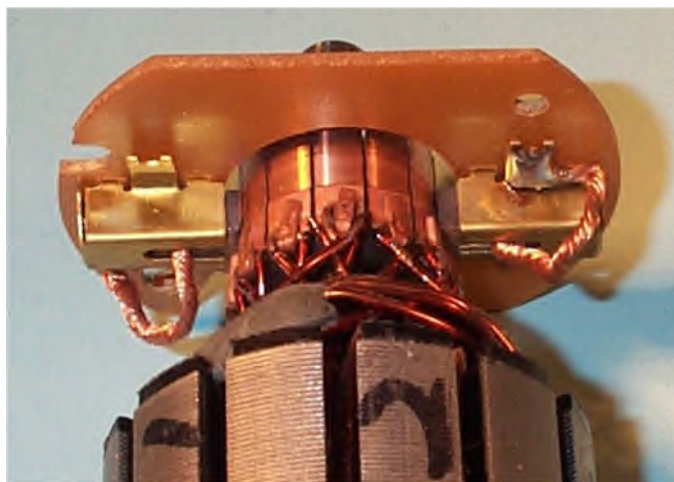


Figure II.19 : Le dispositif collecteur / balais

II.10.3 Principe de fonctionnement [15]

Le fonctionnement du moteur à courant continu est basé sur le principe des forces de Laplace :

Un conducteur de longueur (L), placé dans un champ magnétique et parcouru par un courant, est soumis à une force électromagnétique.

Le champ créé par l'inducteur agit sur les conducteurs de l'induit : Chacun des (N) conducteurs de longueurs (L) placé dans le champ (B) et parcouru par un courant (I) est le siège d'une force électromagnétique perpendiculaire au conducteur :

$$F=B.I.L.\sin\alpha \quad (\text{II.2})$$

Ces forces de Laplace exercent un couple proportionnel à l'intensité (I) et au flux (Φ) sur le rotor.

$$T_{em}=k.\phi.I \quad (\text{II.3})$$

Avec

K: constant

Le moteur se met à tourner à une vitesse proportionnelle à la tension d'alimentation (V) et, inversement proportionnelle au flux (Φ).

Au passage de tout conducteur de l'induit sur la ligne neutre, le courant qui le traverse change de sens grâce au collecteur. Le moteur conserve le même sens de rotation. Pour inverser le sens de rotation du moteur, il convient d'inverser le sens du champ produit par l'inducteur par rapport au sens du courant circulant dans l'induit :

- Soit on inverse la polarité de la tension d'alimentation de l'induit.
- Soit on inverse la polarité d'alimentation du circuit d'excitation

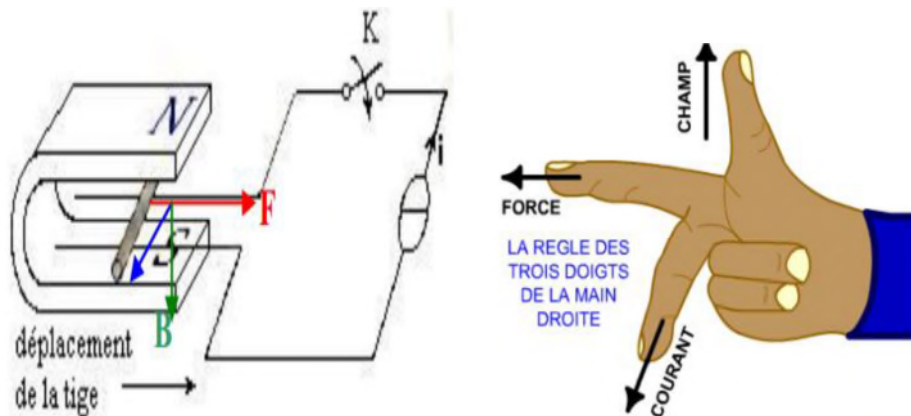


Figure II.20 : Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu

II.10.4 Force contre électromotrice [14]

Elle est donnée par la relation d'électrotechnique :

La force électromotrice (E) est la tension produite par le rotor (l'induit) lors de sa rotation dans le flux magnétique produit par la partie fixe (l'inducteur).

Elle dépend des éléments de construction de la machine.

$$E = Pa.N.n.\Phi \tag{II.4}$$

P : nombre de paire de pôles de la machine.

N : nombre de conducteurs actifs de la périphérie de l'induit.

a : nombre de paires de voies de l'enroulement entre les deux balais.

n : fréquence de rotation de l'induit (en t/s).

Φ : flux sous un pôle de la machine en Webers.

Finalement :

$$E = K.\Omega.\Phi \tag{II.5}$$

Avec :

$$K = P/2\pi a * N \tag{II.6}$$

II.10.5 Puissance électromagnétique

Si l'induit présente une F.é.m. E et s'il est parcouru par le courant I , il reçoit une puissance électromagnétique

$$P_{em} = E.I \tag{II.7}$$

D'après le principe de conservation de l'énergie cette puissance est égale à la puissance développée par le couple électromagnétique [15]

$$P_{em} = E.I = T_{em}.\Omega \tag{II.8}$$

II.10.6 Bilan énergétique d'un moteur cc :

On peut représenter le bilan des puissances mises en jeu dans un moteur à courant continu en fonctionnement nominal par une flèche qui rétrécit au fur et à mesure que la puissance diminue.

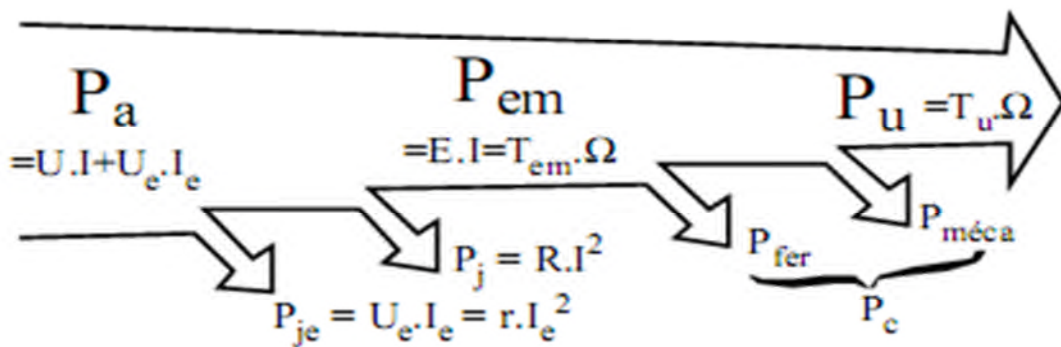


Figure II.21 : Bilan énergétique d'un moteur cc

P_a : Puissance absorbée (W)

U_e la tension de l'inducteur (V)

P_u : Puissance utile (W)

I_e le courant d'inducteur (A)

Pém : Puissance électromagnétique (W)	.E la f.é.m. (V)
PJe : Pertes par effet joule dans l'induit (W)	.I le courant d'induit (A)
Pfer : Pertes ferromagnétique (W)	.Tem le couple électromagnétique (N.M)
Pméc : Pertes mécaniques (W)	.Tu le couple utile (N.M)
	.Ω la vitesse de rotation (rad/s)
	.R la résistance d'induit (Ω)
	.r la résistance d'induit (Ω)

II.10.7 Rendement :

Les moteurs à courant continu consomment une partie de l'énergie absorbée pour leur fonctionnement. Le rapport entre l'énergie fournie et l'énergie absorbée est le rendement.

$$\eta = P_u / P_a \quad (\text{II.9})$$

II.10.8 Types d'excitation d'un moteur à courant continu [14]

Suivant l'application, les bobinages du l'inducteur et de l'induit peuvent être connectés de manière différente. On retrouve en général.

II.10.8.1 Moteurs à excitation indépendante

Les deux enroulements statorique et rotorique sont alimentés avec des sources de tension indépendantes. Il faut, donc, deux alimentation : une pour l'induit et l'autre pour l'inducteur

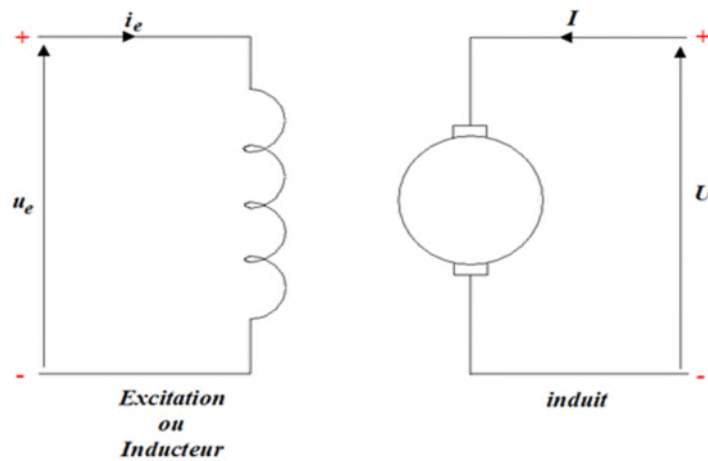


Figure II.22 : Moteur à excitation indépendante

II.10.8.2 Moteur à excitation série :

Pour ce type de moteur, les enroulements statorique et rotoriques sont alimentés en série. La tension d'alimentation est partagée en le rotor et le stator.

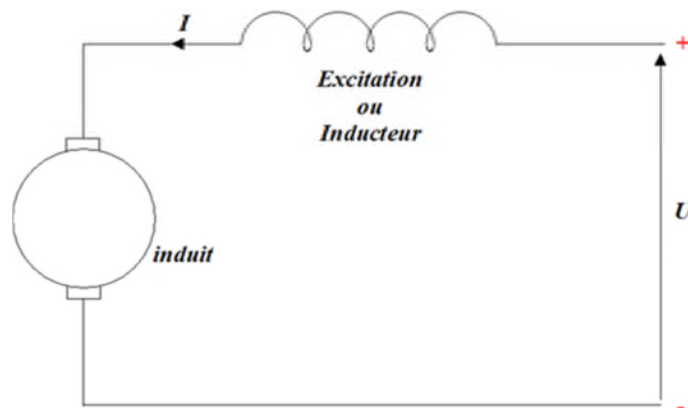
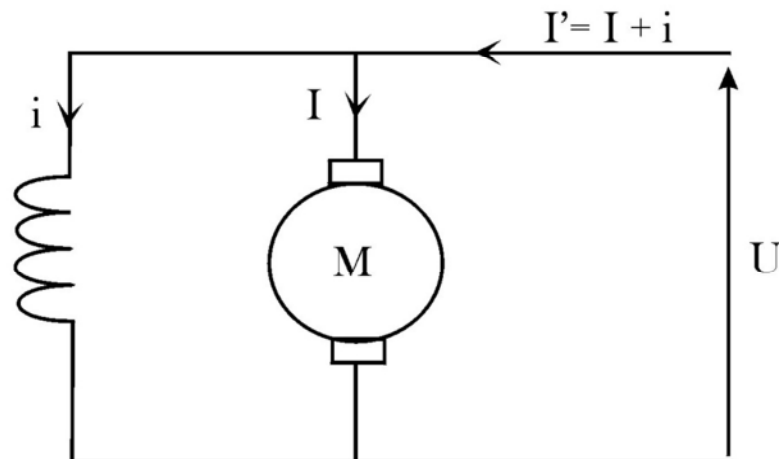


Figure II.23 : Moteur à excitation série

II.10.8.3 Moteurs à excitation composée

Dans le moteur compound une partie du stator est raccordé en série avec le rotor et un autre est de type parallèle ou shunt. Ce moteur réunit les avantages des deux types de moteur : le fort couple à basse vitesse du moteur série et l'absence d'emballement (survitesse) du moteur shunt.



Figur II.24 : Moteurs à excitation composée

II.10.9 Avantage des moteurs à courant continu

Les moteurs à courant continu asservis apportent de grands avantages sur les moteurs pas à pas :

- meilleure précision de positionnement
- plus de puissance
- mouvements plus rapides
- meilleure rendement
- moins d'échauffement[14]

II.11 Circuit L293D [17]

La méthode la plus courante pour conduire un moteur à courant continu dans les deux sens sous le contrôle d'un microcontrôleur est avec un pilote de moteur en H. Pont en H peuvent être construits à partir de zéro avec des transistors bipolaires jonction (BJT) ou avec des transistors à effet de champ (FET), ou peuvent être achetés comme une unité intégrée dans un boîtier de circuit intégré unique comme le L293D. L293D est simple et peu coûteuse pour les moteurs à courant faible, Pour les moteurs à courant élevé, il est moins coûteux de construire votre propre pont H à partir de zéro.



Figure II.25 : Photo réel de L293D

L293D est un double circuit de commande de moteur pont en H intégré. Les pilotes de moteurs agissent comme amplificateurs de courant car ils prennent un signal de faible courant de contrôle et de fournir un signal à courant élevé. Ce signal de courant plus élevée est utilisé pour entrainer les moteurs

Il contient deux circuits d'attaque de pont en H intégrés. Dans son mode de fonctionnement commun, deux moteurs à courant continu peuvent être entrainés simultanément, à la fois en avant et en sens inverse. Les opérations du moteur de deux moteurs peuvent être commandées par une logique d'entrée aux 2, 7, 10, et 15.

Logique d'entrée 00 ou 11 arrête le moteur correspondant. Logique 01 et 10 tournent dans des directions droite et à gauche, respectivement activer les broches 1 et 9 (correspondant aux deux moteurs) doivent être élevé pour les moteurs de commencer à fonctionner. Quand une entrée de validation est élevée, le pilote associé obtient activé .En conséquence, les sorties deviennent actifs et fonctionnent en phase avec leurs entrées. De même. Lorsque l'entrée de validation est faible, ce pilote est désactivé, et leurs sorties sont hors tension et dans l'état haut impédance comme illustre dans la figure II.26

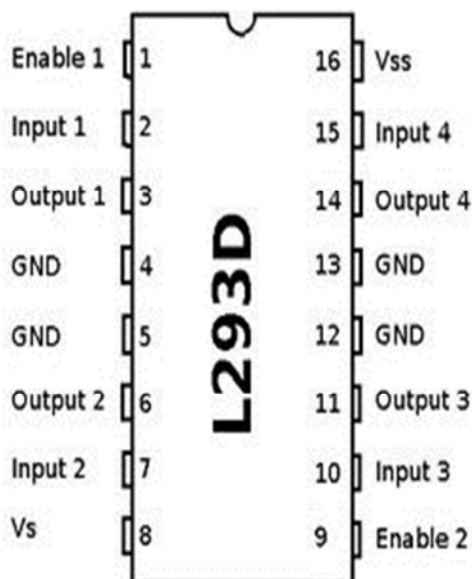


Figure II.26 : Circuit de L293D

II.12.Variation de vitesse [15]

Pour faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu, on peut agir sur la tension aux bornes de l'induit. La tension d'induit est directement proportionnelle à la vitesse de rotation. La puissance varie mais le couple reste constant. On dit alors que l'on fait de la variation de vitesse à couple constant.

Mais on constate que pour des valeurs faibles de la tension, le moteur ne tourne pas. Le moteur demande une tension minimale pour démarrer. Si cette dernière est trop basse, les forces électromagnétiques ne sont pas suffisantes pour vaincre le frottement. Il devient donc difficile d'ajuster la vitesse de façon précise.

La solution à ce problème est astucieuse. Il suffit de fournir au moteur une tension qui est toujours la même soit la tension maximale ! Par contre, cette tension ne sera appliquée que par très courtes périodes de temps. En ajustant la longueur de ces périodes de temps, on arrive à faire tourner plus ou moins vite les moteurs. Mieux, on remarque que la vitesse des moteurs devient proportionnelle à la longueur des périodes de temps. Contrôler la longueur des périodes passées à la tension maximale par rapport au temps passé sans application de tension (tension nulle) est donc le cœur de la solution. En réalité, cette solution est très connue en

contrôle des systèmes et en électronique et elle porte le nom de PWM (Pulse Width Modulation) ou Modulation par Largeur d'Impulsions (MLI).

II.13. Signal PWM [5]

Le PWM est un signal numérique carré, donc la tension peut prendre deux valeurs seulement. Le niveau bas correspond généralement à 0 Volt. La période est notée T, la durée de l'impulsion (pour laquelle la tension est celle de l'état haut) est appelée Th.

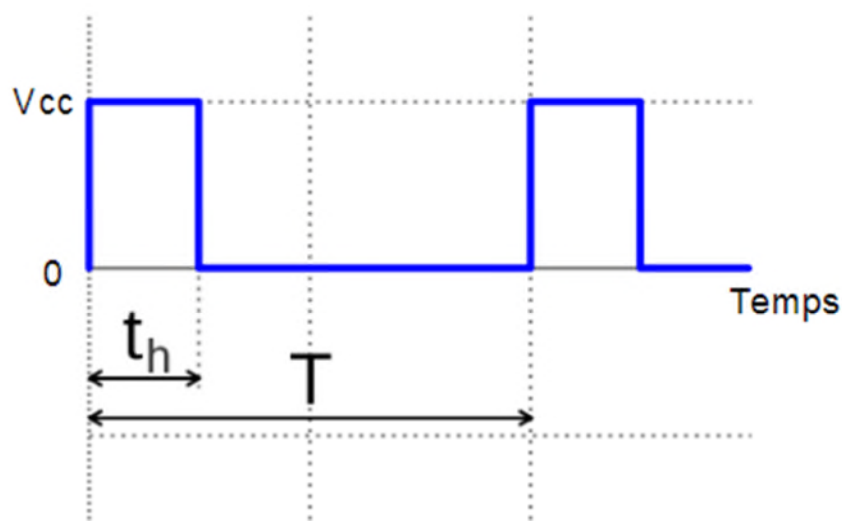


Figure II.27 : Signal PWM

L'intérêt du PWM est que la tension appliquée au moteur pendant Th est Vcc. Celle-ci est suffisante pour vaincre les frottements et faire tourner le moteur. La tension moyenne appliquée au moteur est proportionnelle au rapport cyclique, ce qui permet d'avoir des consignes de vitesse faibles

$$V_{moy} = \frac{Th \cdot V_{cc}}{T} \quad (II.10)$$

Grâce à l'environnement de programmation simplifié, un PWM s'obtient sur une carte ARDUINO UNO avec la fonction **analogWrite** utilisé sur une patte numérique Digital 3, 5, 6, 9, 10 ou 11

II.14 Encodeurs pour la robotique

Un encodeur est un dispositif électromécanique qui génère un signal électrique en fonction de la position ou du déplacement de l'élément mesuré. En robotique mobile, les encodeurs rotatifs sont utilisés pour mesurer le déplacement (sens et vitesse de rotation) de chacune des roues du robot.

On distingue deux grands types d'encodeurs incrémentaux et absolus. Un encodeur incrémental génère un signal permettant de déterminer sens et vitesse de rotation tandis qu'un encodeur absolu génère une information absolue indiquant la position du capteur

La plupart des encodeurs pour robots mobiles utilisent des capteurs optiques (mais il existe des encodeurs utilisant une information mécanique ou magnétique). L'idée est de placer un disque alternant des zones transparentes et opaques devant un capteur de lumière et de rendre le disque solidaire de l'axe de rotation de la roue. La fréquence d'apparition des zones blanches et noires (ou de tout autre principe offrant un contraste suffisant) devant le capteur de lumière va indiquer la vitesse de rotation. (Figure II.28)

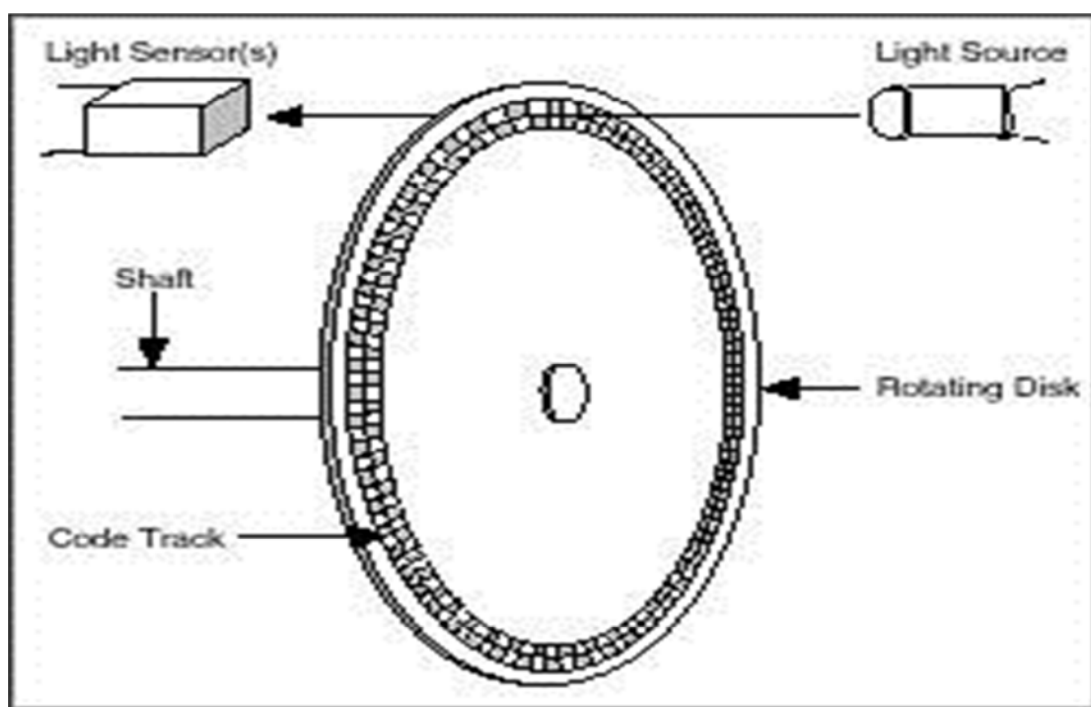


Figure II.28 : Principe de fonctionnement basique de l'encodeur

II.15 Asservissement

Un asservissement est un système dont l'objet principal est d'atteindre le plus rapidement possible sa valeur de consigne et de la maintenir, quelles que soient les perturbations externes. Le principe général est de comparer la consigne et l'état du système de manière à le corriger efficacement (figure II.29)

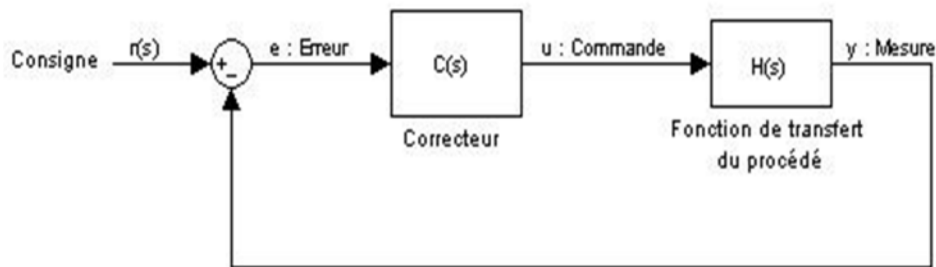


Figure II.29 : Synoptique général d'un système asservi

L'asservissement en vitesse d'un moteur à courant continu est la plupart du temps nécessaire pour les robots mobiles.

Le PID est un type d'asservissement courant en robotique, car il permet de garantir une valeur fixe (le cap) même quand le robot est en déplacement. Comme le PID fonctionne même avec une consigne variable, on peut ainsi avoir en même temps un mouvement reproductible (suivre une trajectoire précise) et une correction des petits accidents de parcours (glissements, jeu dans la mécanique, etc..).

Le correcteur PID agit de trois manières :

- action proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain G
- action intégrale : l'erreur est intégrée et divisée par un gain Ti
- action dérivée : l'erreur est dérivée et multipliée par un gain Td

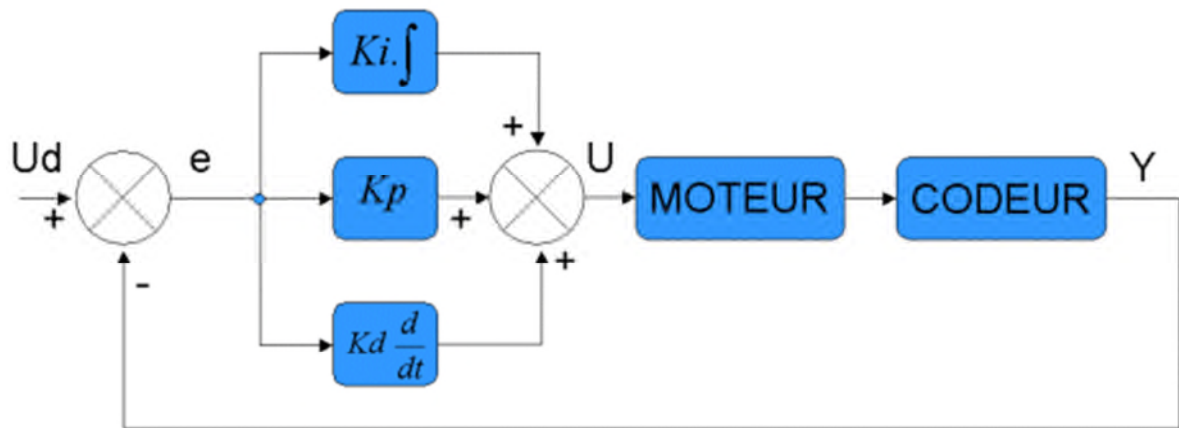


Figure II.30 : Asservissement PID

Avec :

U_d : vitesse désirée

e : erreur entre la vitesse désirée et la vitesse réelle

U : Consigne appliquée au moteur

Y : Vitesse réelle [16]

Conclusion

Ce chapitre présente des généralités importantes sur la robotique. La construction, les applications et les types des robots mobiles à roues. Il permet de rappeler les différents éléments qui constituent une machine à courant continu et le principe de fonctionnement.

Sommaire

II.2 Historique de l'évolution de la robotique	19
II.3 Définition	20
II.4 Types de robots	21
II.5 Caractéristiques d'un robot.....	22
II.6 Robots Mobiles	23
II.6.1 Définition	23
II.6.2 Architecture des robots mobiles.....	23
II.6.2.1 Structure mécanique et la motricité :	24
II.6.2.2 Système localisation :	25
II.6.2.3 Organes de sécurité :	26
II.6.2.4 Traitement des informations et gestion des taches	28
II.7 Classification des Robots Mobiles.....	30
II.7.1 Classification selon le degré d'autonomie	30
II.7.2 Classification selon le type de locomotion.....	30
II.7.2.1 Les robots mobiles à roues:	30
II.7.2.2 Les robots à chenilles:	34
II.7.2.3 Les robots marcheurs.....	34
II.7.2.4 Les robots rampants.....	35
II.7.3 Classification selon le domaine d'application	35
II.7.4 Classification selon la motricité et l'énergie	36
II.8 Systèmes de perception en robotique mobile :	37
II.9 Capteurs	37
II.9.1 Capteur proprioceptifs.....	38
II.9.2 Télémètres	38
II.9.2.1 Télémètre à ultrasons	38
II.9.2.2. Télémètre à infrarouges	39
II.9.2.3 Télémètre a laser.....	40
II.9.4 Caméras.....	41
II.10 Moteurs électriques	41
II.10.1 Moteurs à courant continu :	41

II.10.2 Constitution :.....	42
II.10.3 Principe de fonctionnement	44
II.10.4 Force contre électromotrice	45
II.10.5 Puissance électromagnétique	46
II.10.6 Bilan énergétique d'un moteur cc :	46
II.10.8 Types d'excitation d'un moteur à courant continu	47
II.10.9 Avantage des moteurs à courant continu	49
II.11 Circuit L293D	49
II.12. Variation de vitesse	51
II.13. Signal PWM	52
II.14 Encodeurs pour la robotique	53
II.15 Asservissement	54
Conclusion	55

III.1 Introduction

L'idée principale de ce travail est de réaliser un robot mobile type tricycle autonome. Il est pourvu d'un système d'évitement d'obstacle .Ce travail comprend plusieurs parties: Commande, mécanique et informatique.

La réalisation de ce robot requiert diverses notions dans plusieurs domaines : électronique, informatique, électrotechnique et mécanique. Appelé brièvement Robotique.

La commande de ce robot est assurée principalement par une carte électronique a base d'un Microcontrôleur ATMega328 « Arduinouno », L'évitement d'obstacle grâce au capteur a ultrason « **HC-SR04** »et Le déplacement par deux moteurs a courant continue.

III.2. Structure de base du robot

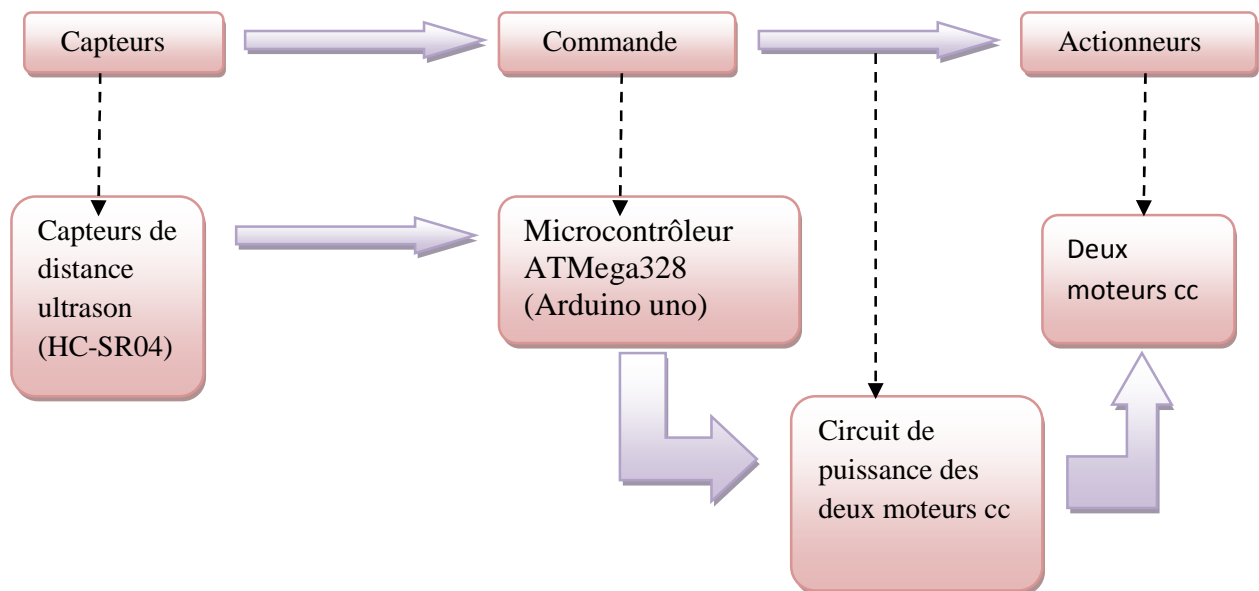


Figure III.1 Structure générale du robot

III.2.1. Actionneurs

Le robot réalise des fonctions mécaniques telles que le déplacement et le positionnement. Le moteur assure la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique.

Il utilise deux moteurs à courant continu pour actionner les roues. L'avantage de ces moteurs : le coût abordable, une vibration moindre, faible consommation d'énergie et plus rapide.

III.2.1.1. Caractéristiques du moteur à courant continu (CC)

La fig.3.2 illustre le Kit de notre robot mobile tricycle :

Fonctionne en 6 Volts DC

Courant < 240mA

Vitesse: 230 tour/minutes

Couple: 0.8 Kgf.cm / 78.45 N.mm / 0.07845 N.m



Figure III.2: Kit de Roue avec Moteur à courant

RPM (Avec pneu): 100-240

Diamètre du pneu: 65mm

Vitesse de la voiture (M / minute): 20-48

Poids du moteur (g): 29 / pièce

Taille du moteur: 70mm X 22mm X 18mm

Bruit: <65dB

Taille de la roue: 65 x 26mm [17]

III.2.1.2. Connexions du moteur cc avec la carte Arduinouno

La commande d'un moteur avec une carte Arduino uno, nécessite un dispositif capable de générer une intensité suffisante. Les broches peuvent envoyer un courant de 40mA maxi. Ce qui est généralement trop peu pour entraîner un moteur. Les moteurs à courant continu sont de véritables sources de parasites pouvant endommager la carte.

On peut utiliser un type de transistor particulier un MOSFET, qui permet de mettre en marche et de faire varier la vitesse de moteurs à courant continu. Le principe du fonctionnement de ce type de transistor est que lorsque la tension de la Gâte atteint une valeur suffisante, le courant passe entre le Drain et la Source (Fig. III.4). Illustre l'organigramme pour commander le moteur CC.

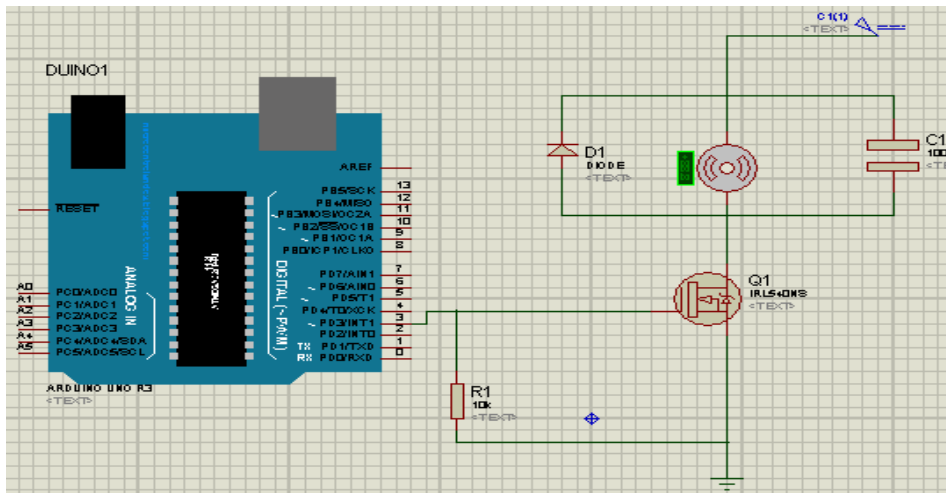


Figure III.3 : Connecter un moteur cc avec la carte Arduino uno

Organigramme de commande

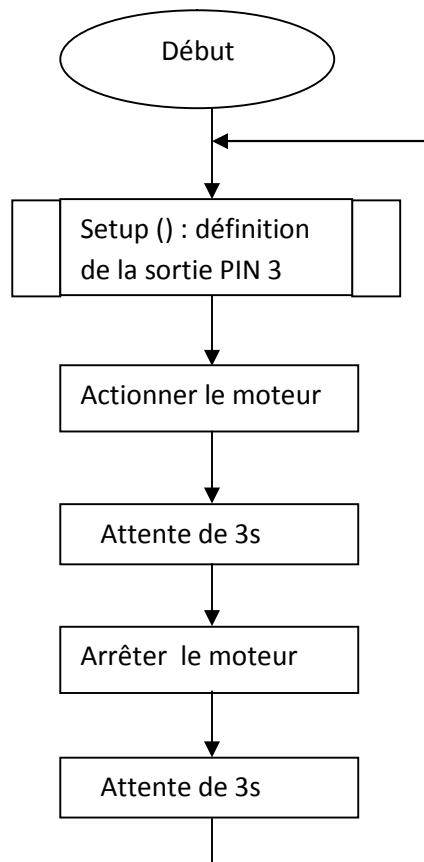


Figure III.4 : Organigramme de commande du moteur CC avec Arduino

III.2.1. 3.Circuit L293D

Pour commander le robot mobile dans les deux sens (droite et gauche ou avant et arrière), nous utilisons le Pont H et au lieu d'utiliser des transistors, il existe des circuits intégrés qui servent de pont en H et qui protègent le circuit et évitent d'avoir à rajouter d'autres composants c'est le L293D.

Les caractéristiques techniques

- Nombre de pont-H: 2
- Courant Max Régime continu: 600mA (x2)
- Courant de pointe Max < 2ms: 1200mA
- VS Max Alim moteur: 36v
- VSS Max Alim logique: 7v
- Nombre de Broches: 16 DIP
- Perte de tension: 1.3v [17]

III.2.2 Carte de commande

Notre carte de commande se résume par l'utilisation de la carte ARDUINO UNO dont le but est de contrôler les moteurs et la réception des informations des capteurs.

III.2.2.1. Caractéristiques de la carte Arduino UNO

- Microcontrôleur : ATmega328
- Tension de fonctionnement : 5V
- Tension d'alimentation (recommandée): 7-12V
- Tension d'alimentation (limites) : 6-20V
- Broches E/S numériques : 14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
- Broches d'entrées analogiques : 6 (utilisables en broches E/S numériques)
- Intensité maxi disponible par broche E/S (5V) : 40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
- Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V : 50 mA
- Intensité maxi disponible pour la sortie 5V : Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
- Mémoire Programme Flash : 32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le boot loader
- Mémoire SRAM (mémoire volatile) : 2 KB (ATmega328)

- Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) : 1 KB (ATmega328)
- Vitesse d'horloge : 16 MHz [18]

III.2.2.2 Logique de commande

Cette partie est destinée au circuit de puissance. Ces commandes permettent de fixer le sens de rotation et la vitesse des moteurs. C'est le programme qui assure ces tâches à l'aide des boutons poussoirs et des potentiomètres. L'interface de commande est équipée de deux signaux de commande (PWM) de microcontrôleur l'ATMega328 (ARDUINO UNO), avec les deux boutons on commande les deux moteurs dans les deux sens, et à l'aide du deux potentiomètres nous allons varier leurs vitesses.

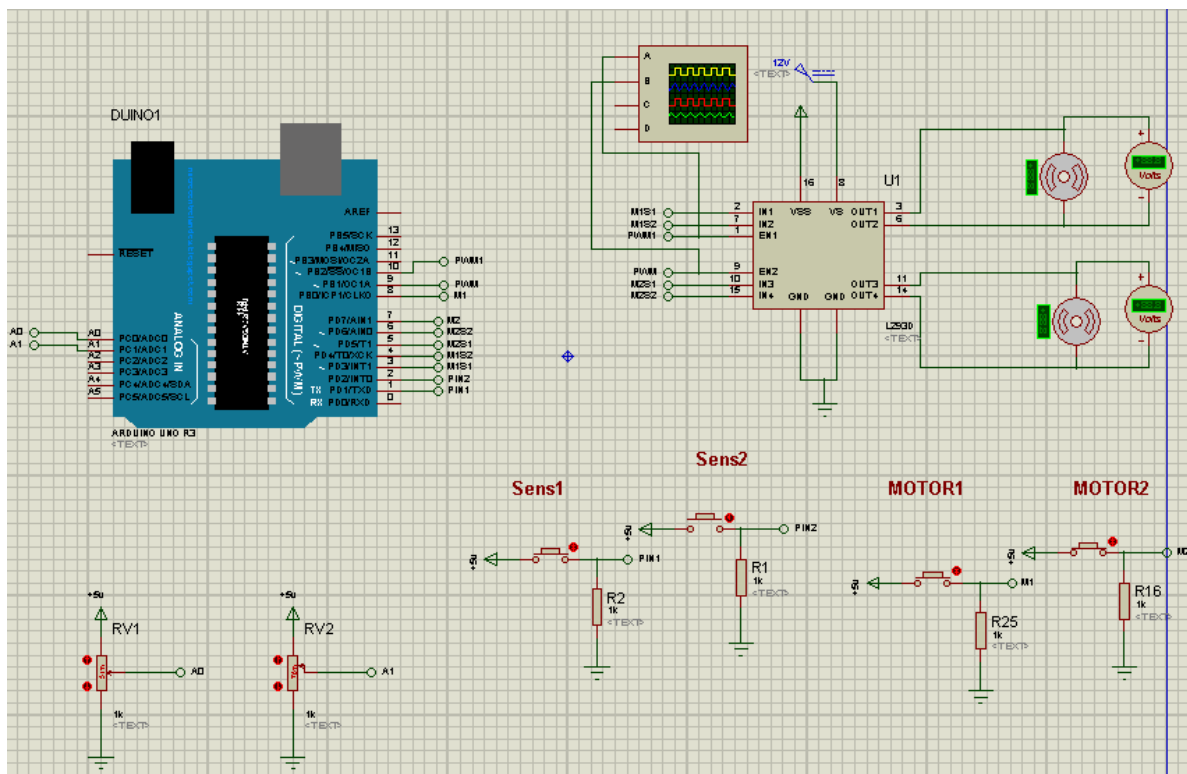


Figure III.5: Variateur de vitesse d'un robot mobile

Le rapport cyclique α représente le pourcentage de temps pendant lequel $V_s=V_e$. La valeur moyenne de V_s est notée $\langle V_s \rangle$.

On l'obtient par le calcul suivant :

$$\langle V_s \rangle = ((\alpha \cdot T) \cdot V_e + (1 - \alpha) \cdot T \cdot 0) / T \tag{III.1}$$

En simplifiant:

$$\langle V_s \rangle = \alpha \cdot V_e = E \tag{III.2}$$

Pour montrer l'importance de la variation de rapport cyclique α sur la variation de la vitesse on prend trois rapports différents.

❖ $\alpha=75\%$

La Fig. III.6 illustre la variation de la Tension de sortie (V_s) en fonction de Temps avec la tension d'entrée $V_e=12v$ donc la tension de sortie $V_s=9v$.

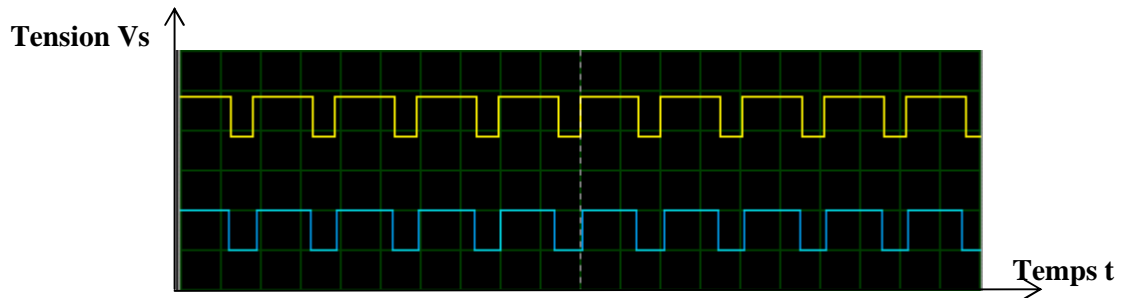


Figure III.6: Deux signaux PWM pour $\alpha=75\%$

❖ $\alpha=50\%$

La Fig. III.7 illustre la variation de la Tension de sortie (V_s) en fonction de Temps avec la tension d'entrée $V_e=12v$ donc la tension de sortie $V_s=6v$.

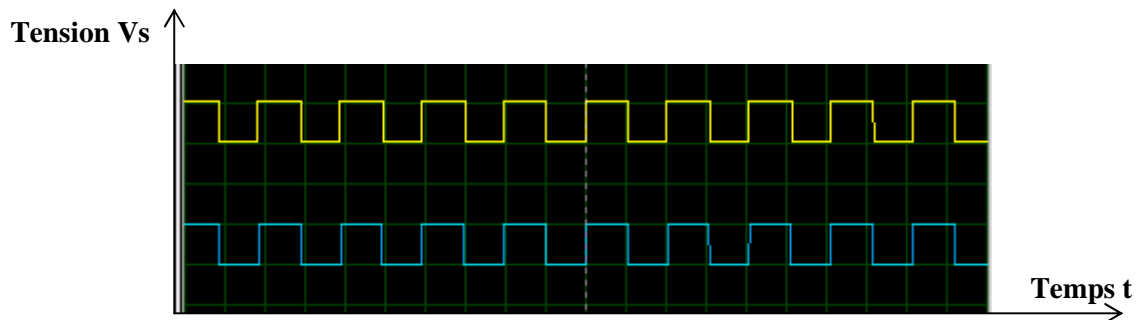


Figure III.7: Deux signaux PWM pour $\alpha=50\%$

❖ $\alpha=25\%$

La Fig. III.8 illustre la variation de la Tension de sortie (V_s) en fonction de Temps avec la tension d'entrée $V_e=12v$ donc la tension de sortie $V_s= 3v$.

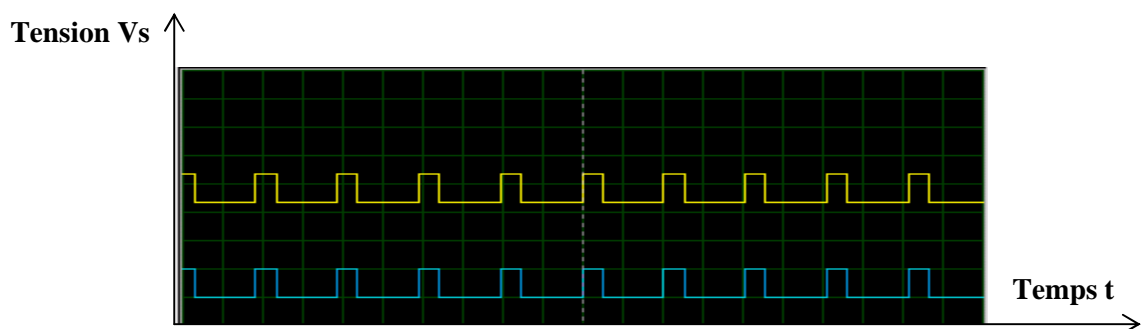


Figure III.8: Deux signaux PWM pour $\alpha=25\%$

III.2.2.3. Analyse des résultats obtenus

Cette expérience révèle caractéristiques suivantes:

- La vitesse de rotation d'un moteur à courant continu dépend de sa tension d'alimentation.
- La variation de rapport cyclique varie la vitesse de moteur à courant continu .
- On peut inverser le sens de rotation du moteur avec un circuit intégré L293D.
- Pour changer l'orientation (sens avant ou arrière) du robot, il suffit inverser le signal PWM comme montre la Fig.III.9.

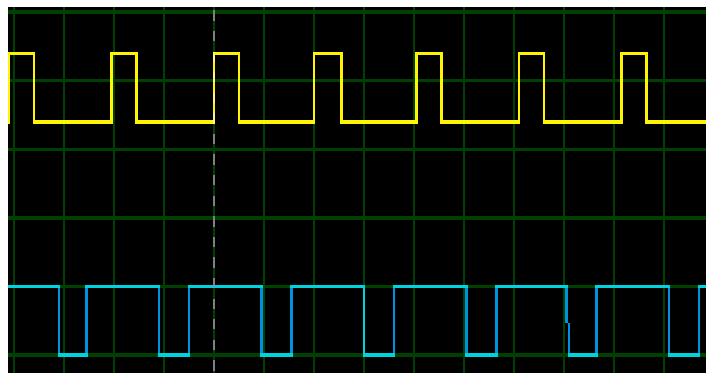


Figure III.9: SignalPWM2 ($\alpha=75\%$) est inverse du signal PWM ($\alpha=25\%$)

Organigramme du programme d'un variateur de vitesse :

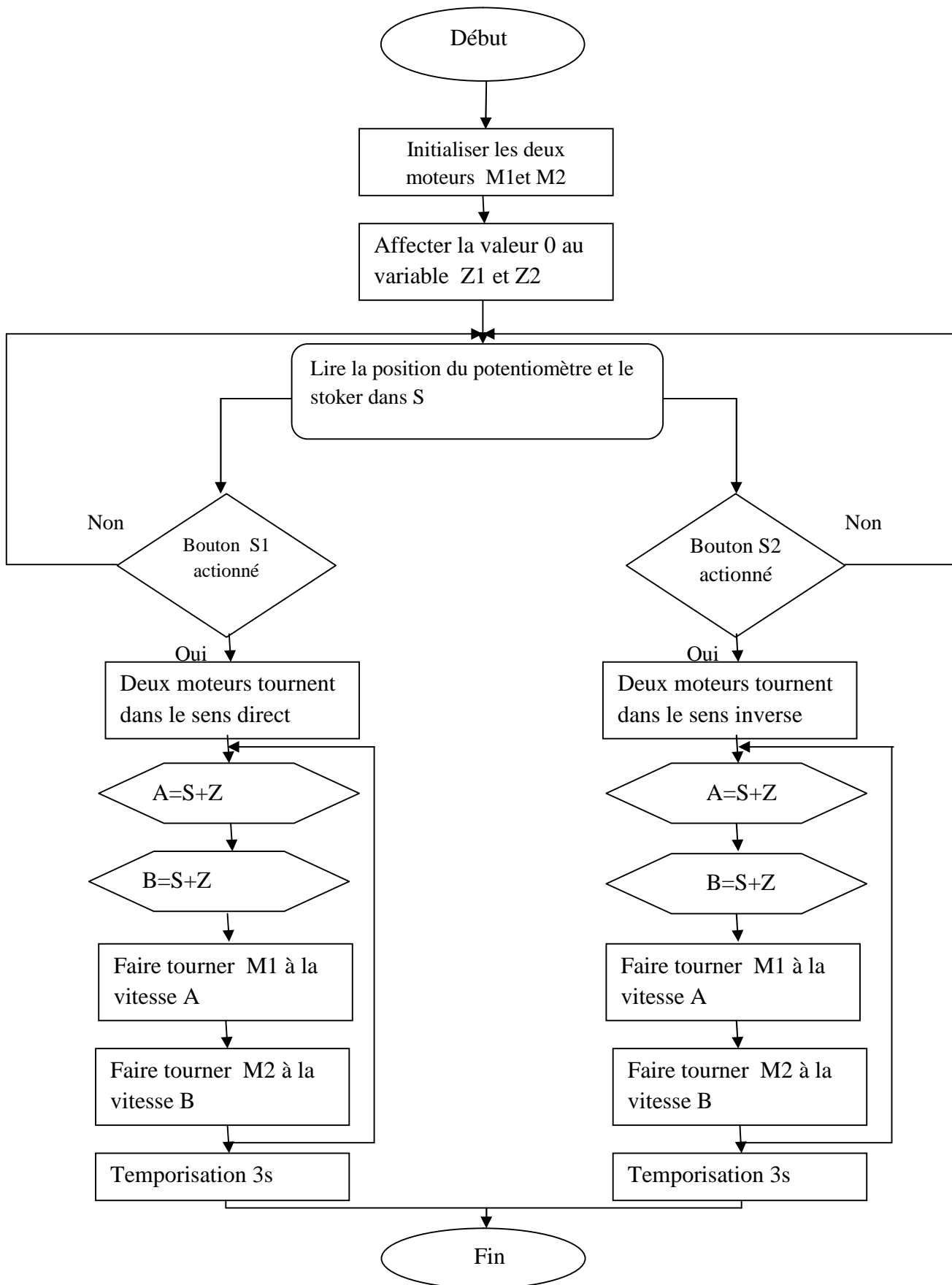


Figure III.10: Organigramme du programme d'un variateur de vitesse

III.2.3. Circuit de puissance L293D

Les Shields Arduino L293D sont des cartes qui se branchent sans soudure aux cartes Arduino ou à d'autres shields Arduino pour augmenter leurs capacités. Ils comportent 2 puces L293D, drivers de moteurs, et un registre à décalage 74HC595. Celui-ci étend 3 pins de l'Arduino vers 8 pins pour contrôler la direction des drivers de moteurs (Fig.III.11).

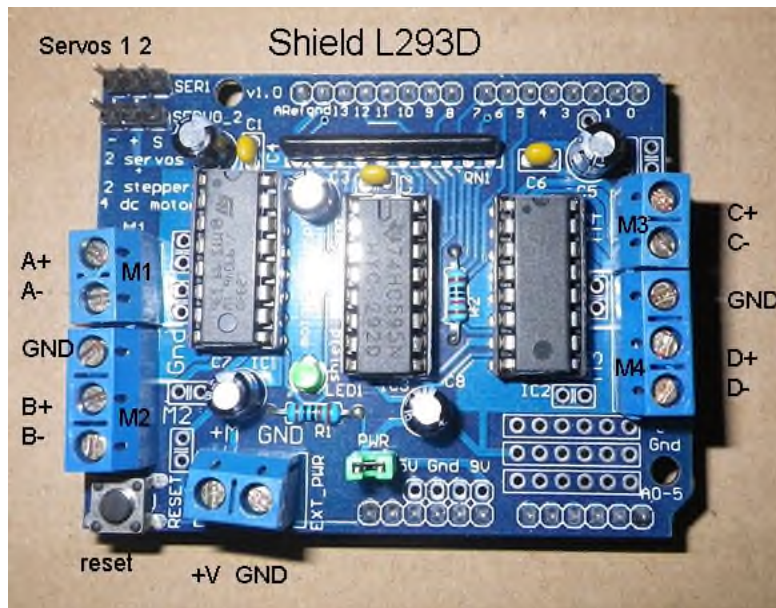


Figure III.11 : Shield motor L293D

Caractéristiques techniques

- L'alimentation des moteurs est possible entre 4.5 V et 36V.
- Il y a 4 canaux de haute tension, haute intensité avec 0.6A par pont (**1.2A** en courant de crête) avec protection thermique.
- Un bouton de reset.
- Des résistances de pull down désactivent les moteurs au cours de la mise sous tension.
- 2 interfaces d'alimentation pour séparer la partie logique de la partie puissance (moteurs) [17]

III.2.4. Capteurs

Puisque le robot se déplace dans des différents lieux et espaces. Il peut être en travers par les obstacles. L'utilisation d'un capteur de distance devient nécessaire « le capteur ultrason-**SR04**». Ce module a tout ce qu'il faut pour un capteur ultrason en une seule petite pièce. Il dispose de 4 pins de sortie : VCC, TRIG, ECHO, GND. Il est donc très facile de l'interfacer à un microcontrôleur Atmega 328.

Le processus complet est le suivant: Mettre le pin "TRIG" en impulsion de niveau haut (5V) durant au moins 10us et le module démarre sa lecture; A la fin de la mesure, s'il détecte un objet devant lui, le pin "ECHO" passe au niveau haut (5V). La distance où se situe l'obstacle est proportionnelle à la durée de cette impulsion. Il est donc très facile de calculer cette distance avec la formule:

$$D=V*T/2 \quad (III.3)$$

Caractéristiques de capteur HC-SR04 :

- Tension de fonctionnement : 5V
- Courant de fonctionnement : 15Ma
- Fréquence de fonctionnement : 40Hz
- Distance de détection : de 2cm à 450cm
- Intervalle angulaire de capture : de -7,5° à +7,5
- Signal de détection : impulsion de 10us TTL
- Signal d'écho : sortie TTL PWL [17]

III.2.4.1 Etalonnages du capteur HC-SR04

Dans cet étalonnage est utilisée une plaque de bois, séparée du capteur par une distance bien définie. En mesure la distance captée.

Le Tableau 3.1 illustre les résultats obtenus, Cet étalonnage observe une erreur proportionnelle à la distance Serte le capteur est primordial dans la robotique mais comporte une marge d'erreur.

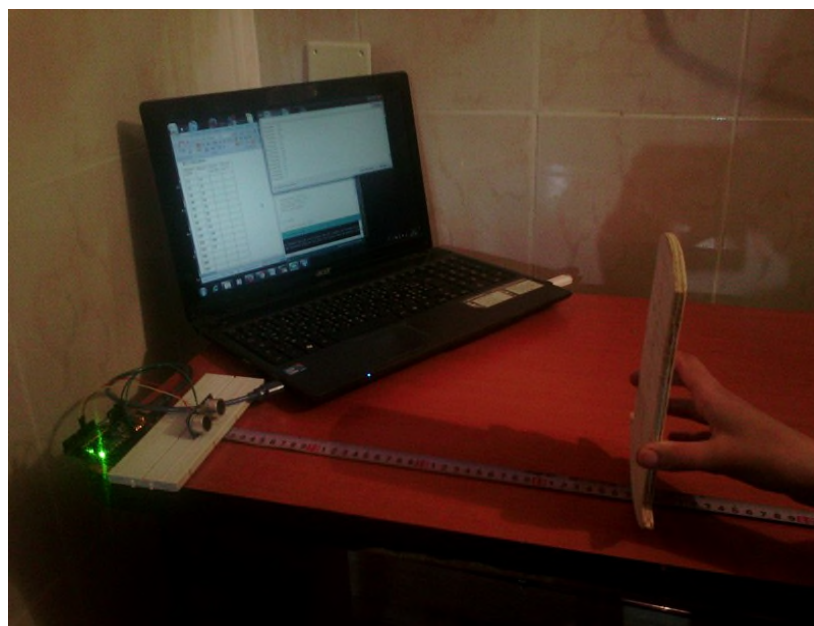


Figure III.12: Test du capteur ultrason HC-SR04

Distance en (mm)	Mesure	Erreur en (mm)	Erreur en (%)	Temps de parcours en (ms)
100	105	5	5	647
200	208	8	4	1233
300	305	5	1.6	1781
400	395	5	1.25	2327
500	492	2	0.4	3436
700	685	15	2.14	4052
1000	977	23	2.3	6861
1200	1175	25	2.08	6947
1300	1273	27	2.07	7517
1400	1370	30	2.14	8469
1500	1468	32	2.13	9015
2000	1959	41	2.05	10350
2500	2442	58	2.32	15255
4000	3882	118	2.95	177033

Tableau III.1: Résultats du capteur HC-SR04

III.2.4.2. Cône de détection du capteur

Le télémètre à ultrasons HC-SR04 peut détecter des obstacles se situant dans un cône relativement large d'environ 15 degrés. Le robot détecte bien la présence d'un mur situé droit devant lui, mais son champ de vision est beaucoup plus étroit que sa propre largeur (33cm) par conséquent, il s'accroche à des obstacles situés sur les côtés.

La fig.III.13 représente comment mesurer la distance entre le capteur et l'obstacle, alors La distance qui permet un champ visuelle est de:

$$x = \frac{\text{tang}7.5}{16.5} \tag{III.4}$$

L'obstacle doit être au minimum à 130cm pour couvrir la largeur du robot. Nous avons la confirmation par notre propre expérience (Fig.III.14)

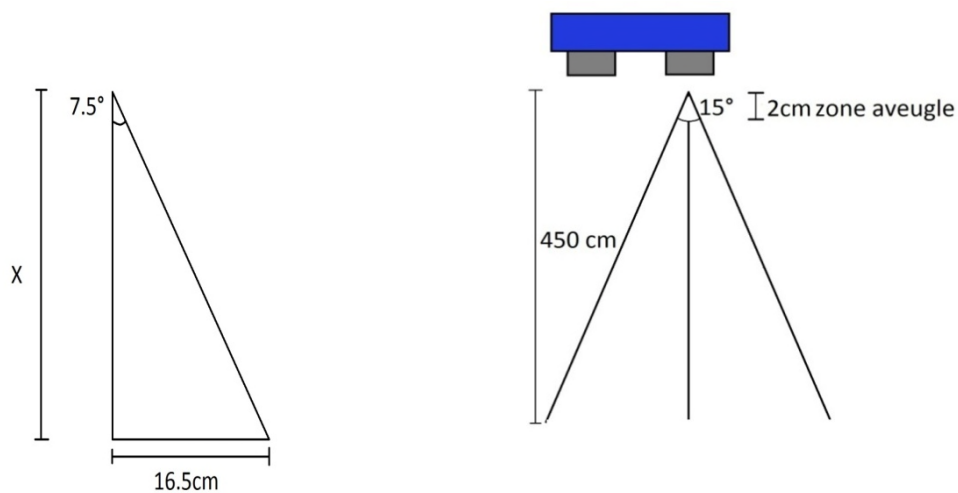


Figure III.13: Schéma représente la mesure de la distance



Figure III.14: Champ visuelle du capture ultrason

Sous-programme détection d'obstacle

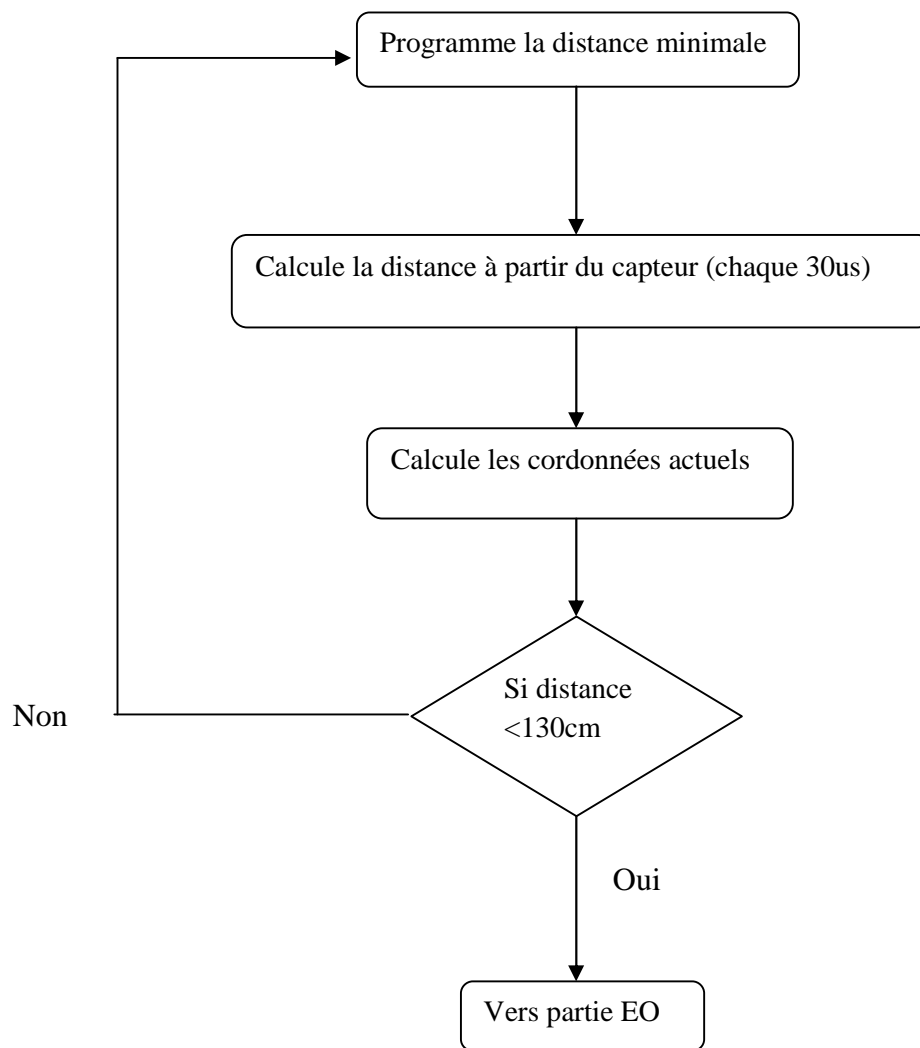


Figure III.15 : Organigramme de détection d'obstacle

Sous-programme évitement d'obstacle

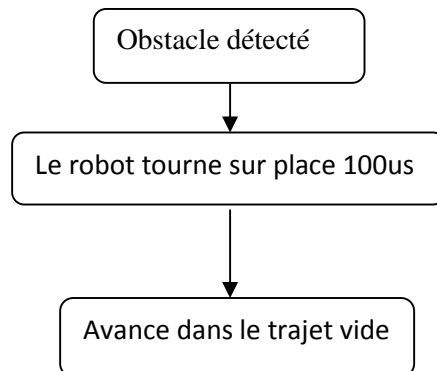


Figure III.16 : Organigramme d'évitement d'obstacle

III.3 Mesure du Vitesse de rotation

La vitesse de rotation du moteur est mesurée par un ensemble constitué d'un disque percé de 50 encoches et d'un capteur optique à fourche (figure ...). Dans le capteur, une LED émet un flux lumineux infrarouge. Un phototransistor reçoit le flux lorsque celui-ci passe à travers l'encoche. Après on adaptation du signal (circuit électronique alimenté en 5V), on récupère une tension rectangulaire avec un rapport cyclique de 50%. La période du signal varie en fonction de la vitesse du moteur

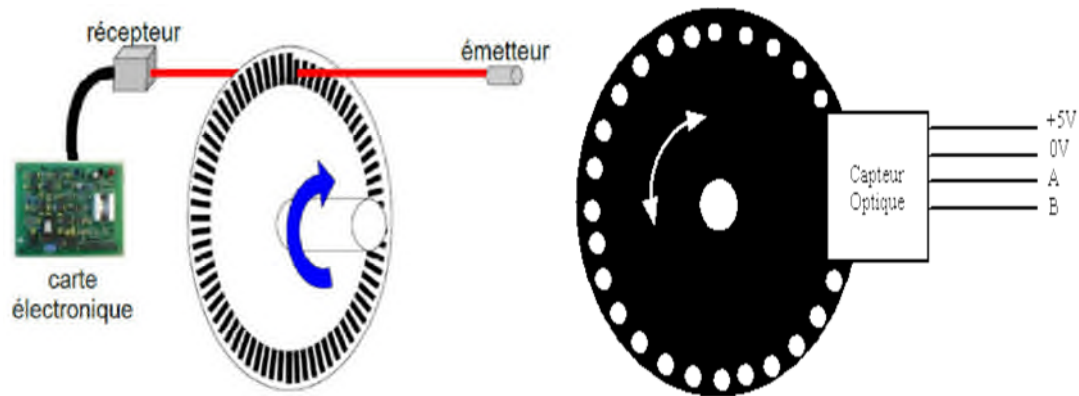


Figure III.17 : Encodeur de vitesse

Caractéristique du capteur de vitesse FC-03 :

Alimentation: 3,3 à 5 Vcc

Amplificateur: LM393

Brochage: 5Vcc, GND, OUT1 et OUT2

Ouverture: 5 mm

Dimensions: 32 x 15 x 13 mm [17]

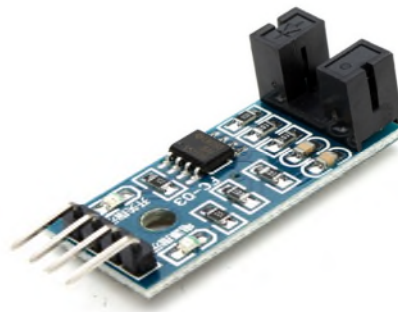


Figure III.18: Module compteur de vitesse EC03

III.4.Composants du robot

- Un châssis
- Deux moteurs cc
- Deux capteurs de distance HC-SR04
- Une carte de commande avec le programme
- Circuit de puissance
- Les roues
- Encodeur (capteur optique et un disc)
- Source d'énergie [17]

III.4.1. Le châssis

Il est en plexi-glas, matière avec des caractéristiques facilitant l'ouvrage : léger, résistant, facile à percer, maniable et isolant. (figure III.20)

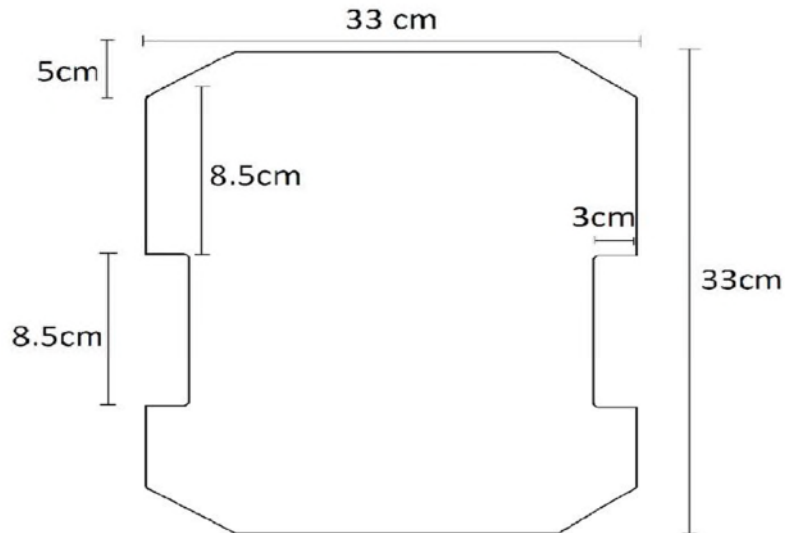


Figure III.19: Dimension du chassis

III.4.2. Localisation des composants

Les roues fixés sur les flancs (gauche et droit) du chassis. La troisieme roue en avant et au milieux formant un tricycle. Chacune des roues arriere est fixée au moteur. Les deux moteurs sont maintenus par des supports attachés au chassis. Au centre et en avant l’arduino. Au centre et en arriere les batteries. les deux capteurs en avant et en arriere. Les deux roues motrices comportent un encodeur.

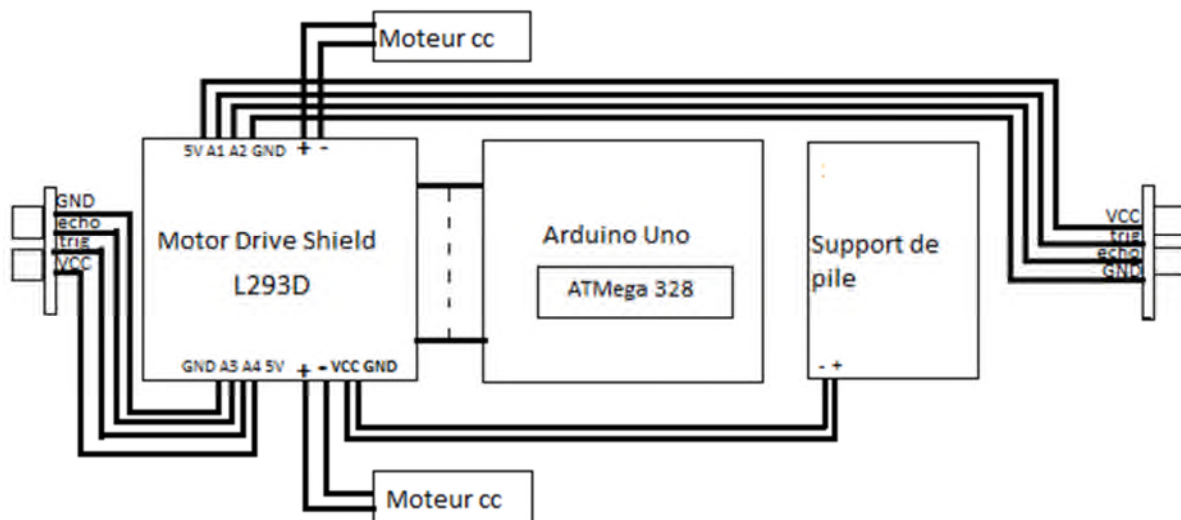


Figure III.20: Emplacement des composants est leur connexion

III.5. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons explicité les différentes étapes qui ont permis de réaliser ce robot. Il comporte trois parties : la commande (carte Arduino, L293D, capteurs ...etc.), la mécanique (moteur, mécanisme,....etc.) et la programmation

Conclusion générale

Le but de notre projet est l'utilisation de logiciel et la carte électronique Arduino pour manipuler un robot mobile à trois roues.

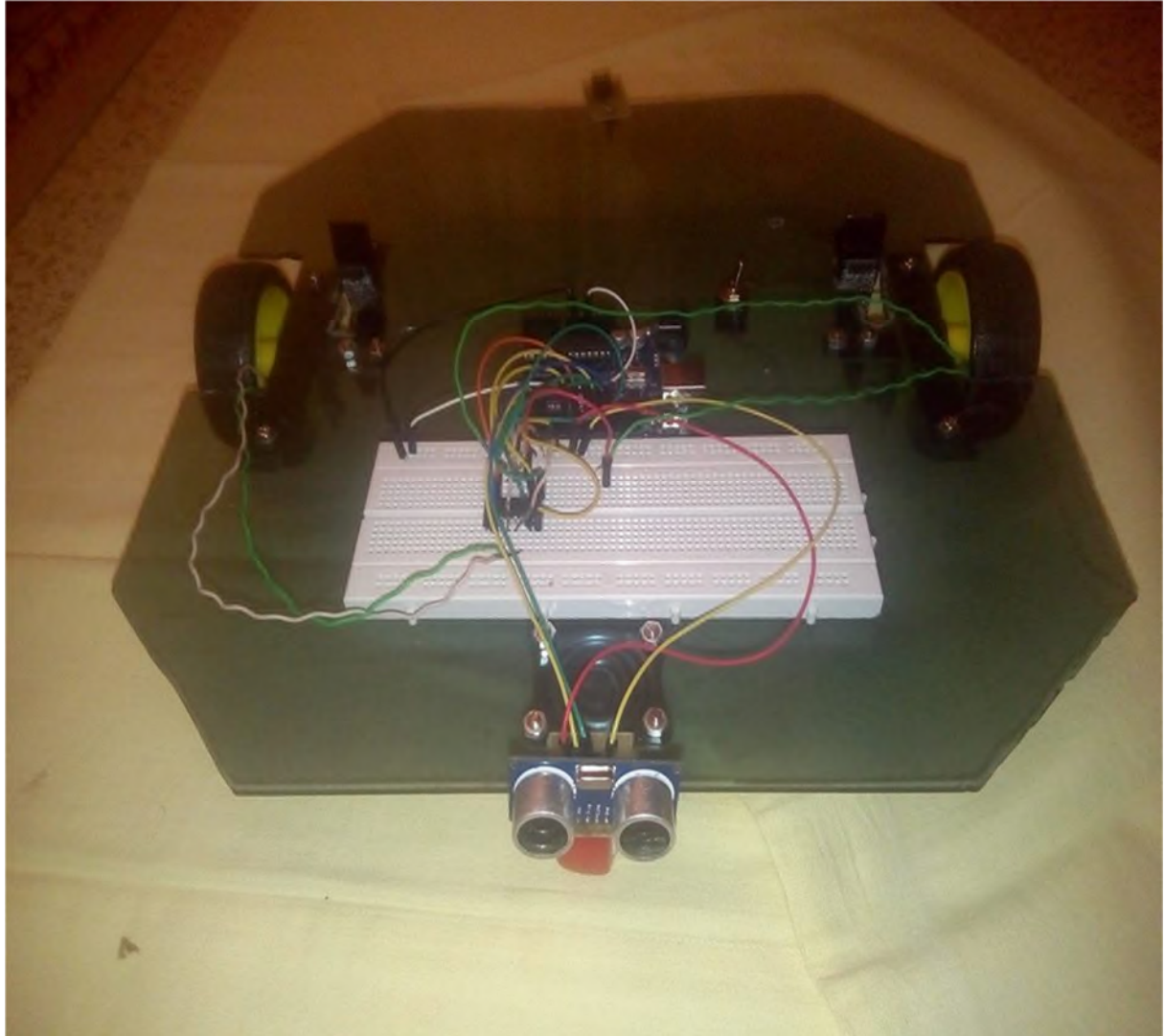
Nous avons étudié, d'abord les principales caractéristiques de la carte ARDUINO UNO et celle d'un robot et en particulier le robot mobile. Et ensuite exposé les différents composants utilisés pour construire ce robot : des moteurs vers les capteurs le microcontrôleur, pour mieux comprendre son fonctionnement et pouvoir ensuite générer les signaux de commandes qui seront envoyés à partir de la carte électronique.

Il permet l'évitement d'obstacle sur sa trajectoire grâce aux capteurs ultrason (HC-SR04). Le robot se déplace par deux roues motrices. la troisième sert essentiellement à l'équilibre.

Ce projet pourra servir de base pour commander d'autres systèmes ou d'autres robots ayant différentes tâches et applications selon le besoin.

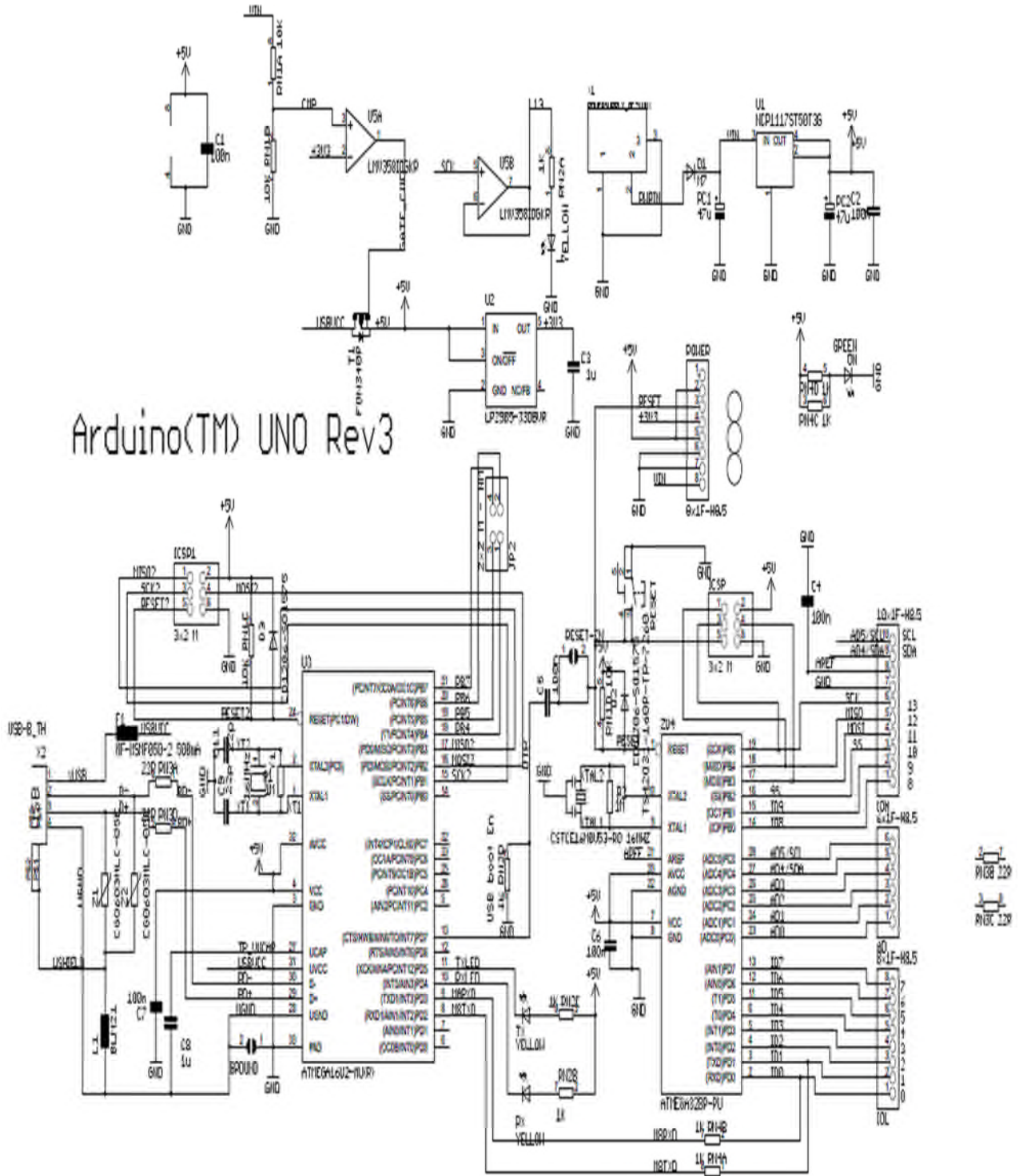
Annexe A :

Photo du robot mobile Tima5058



Annexe B :

1- Schéma de la carte ARDUINO UNO



2-Data sheet L293D



L293D
L293DD

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

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

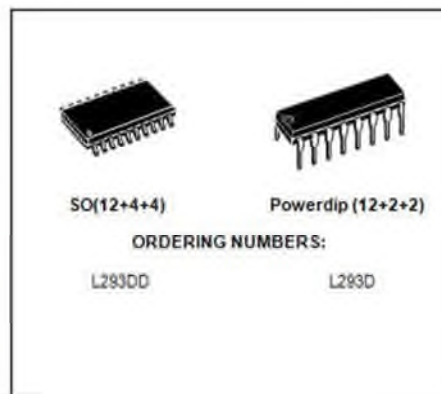
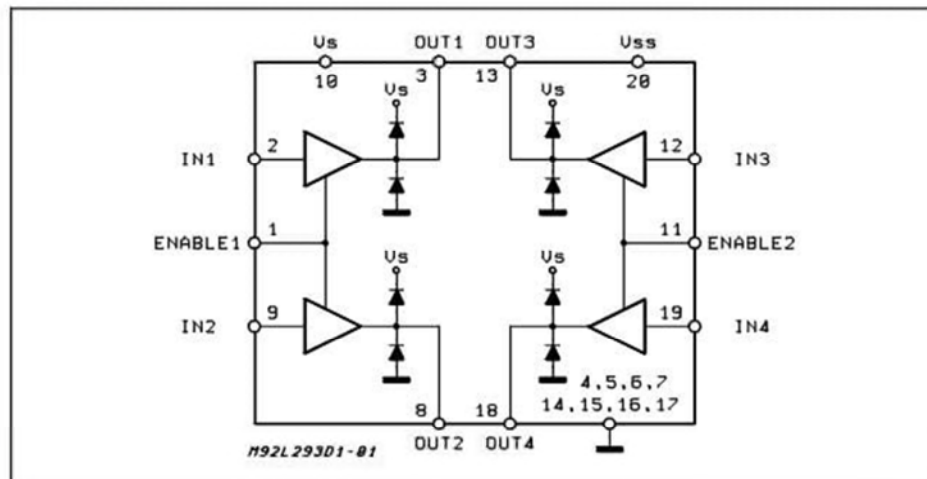
DESCRIPTION

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

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

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

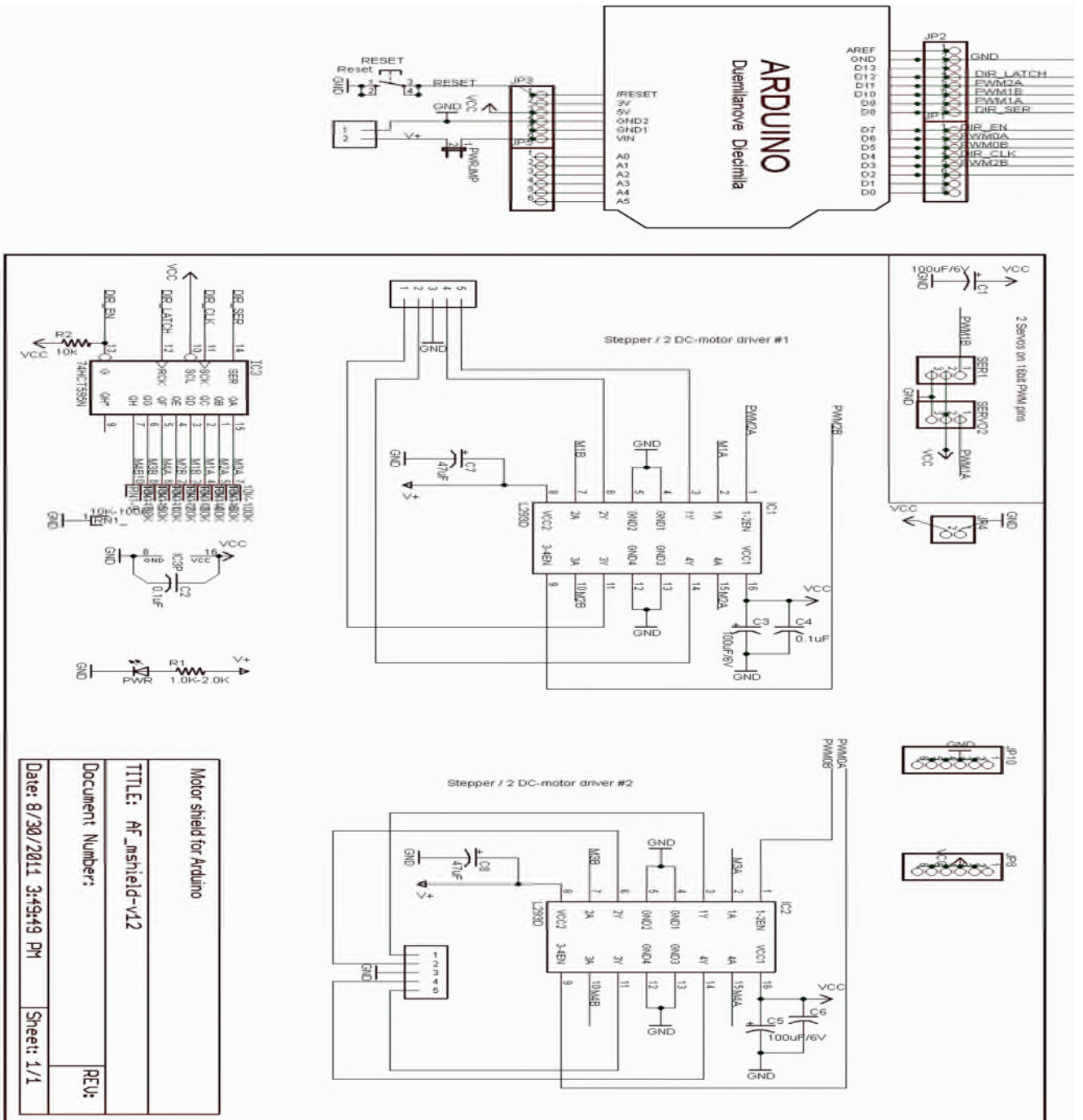
BLOCK DIAGRAM



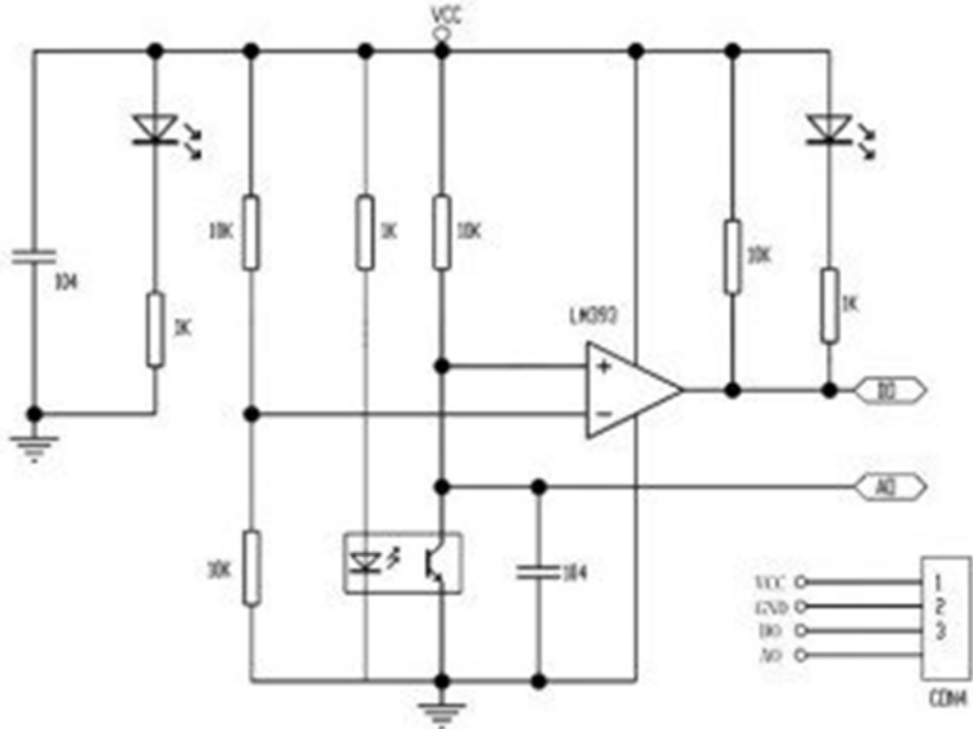
The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatanking.

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

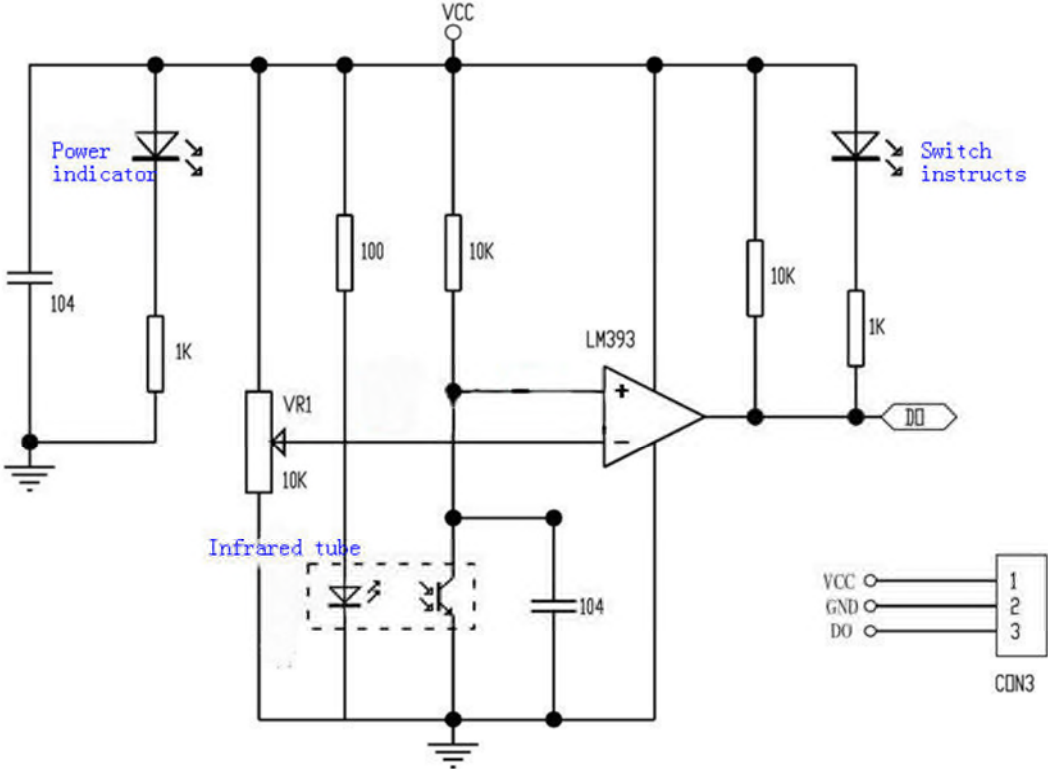
3-data sheet Shield motor I293D



5- Schéma du capteur FC-03



6- Schéma du capteur FC-51



الملخص

الهدف من هذه المذكرة هو دراسة وانجاز روبوت متحرك مع تجنب العوائق باستخدام أجهزة الاستشعار عن بعد HC-SR04 وبالاعتماد على المعالج الآلي ATmega328 و عاكس الاستطاعة L293D الذي يغذي المحركين الذي بدوره يحرك الروبوت الكلمات المفتاحية : روبوت متحرك تجنب العوائق

Résumer

Le but de ce mémoire est l'étude et la réalisation d'un robot mobile base d'un microcontrôleur avec évitement d'obstacles. Notre robot est basé sur un capteur de distance ultrasonique HC-SR04 et une carte de commande à base de microcontrôleur ATmega328. Le commutateur de puissance L293D pour alimenter les moteurs à courant continu. Il assure le déplacement du robot à travers un mécanisme. L'asservissement est assuré par le microcontrôleur suit à l'information des mesures de vitesse transmises par l'encodeur optique.

Mots-clés : Robot Mobile, évitement d'obstacles, Arduino