

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب بليلة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

ADDECHE MOHAMED AMINE

&

ZIDANI DJILALI

pour l'obtention de diplôme master en Électronique option système de vision et robotique.

Thème

RÉALISATION D'UN ROBOT AUTONOME SUIVEUR DE LIGNE AVEC AFFICHAGE SUR PC

Proposé par : KAZED BOUALEM

Année Universitaire 2012-2013

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur **Mr Boualem kazed**, pour son encadrement, et ses judicieux conseils, sa patience et sa gentillesse, mais surtout pour son esprit paternel.

Mes remerciements s'adressent également à tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger mon travail.

Mes remerciements vont aussi à tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de la présente thèse.

Je dédie ce mémoire de fin d'études

Ou d'abord, louange à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et m'a inspiré les bons pas et les justes reflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

A

Mon très cher père Ali et ma très chère mère Assia

En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les

Efforts qu'ils ont faits pour mon éducation ainsi que ma formation

A

Mes chers frères, et mes chères sœurs

Azzedine ; Oussama ; Abderrahmane, et Youssra

Pour leur affection, compréhension et patience

A

Mes oncles, tantes, cousins et cousines.

Vous avez de près ou de loin contribué à ma formation.

A

Mes amis Fatah, Azzedine ; Djilali ; et tous ceux qui ont une relation de proche ou de loin

Avec la réalisation du présent rapport.

Addeche mohamed amine

Résumé :

Le but de ce projet est de :

-Réaliser un robot autonome capable de suivre un trajectoire sous forme d'une ligne noir située dans une surface jaune en utilisant des capteurs lumineux CNY70 qui émettent un signal infrarouge qui est soit réfléchi par la surface à une couleur claire (jaune) ou absorbé par la surface à une couleur sombre (noir), et comme ça le robot peut faire la différence entre la ligne noir et la surface jaune .

- Afficher la trajectoire de ce robot sur l'écran du PC en utilisant l'interface graphique par un programme Matlab.

ملخص:

الهدف من هذا المشروع هو:

-انجاز ربات (آلي) ذاتي الحركة قادر على تتبع مسار على شكل خط أسود ضمن مساحة صفراء اللون، وذلك باستعمال ملتقطات ضوئية CNY70 والتي ترسل إشارة تحت حمراء و التي إما تنعكس على مساحة ذات لون فاتح (أصفر) و إما تمتص من طرف مساحة ذات لون داكن (أسود)، و بهذا يميز الروبوت المسار أسود من باقي المساحة.

- عرض مسار هذا الروبوت من خلال شاشة الكمبيوتر و هذا باستعمال نموذج بياني على برنامج ماتلاب.

Abstracts:

The aim of this project is:

-to achieve an autonomous robot capable to follow one trajectory as a black line situated in a yellow surface while using luminous sensors CNY70 who emit an infrared signals who is either reflexive by the surface an a dark color (black), and like that the robot can make the difference between the line black and the yellow surface .

-to display the trajectory of this screen of the PC while using the graphic interface by a program Matlab.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 01 : introduction en robotique	
1 .1 Introduction.....	2
1 .2 Définition.....	2
1.3 Constitution d'un robot	3
1.4 Plateforme mécanique.....	3
1.5 Les Capteurs	3
1.5.1 Capteurs proprioceptifs	3
1.5.2 Capteurs extéroceptifs	8
1.6 Les actionneurs	9
1.6.1 Moteurs.....	9
1.6.2 Vérins.....	10
1.7 Les microcontrôleurs	10
1.7.1 La carte ARDUINO.....	10
1.8 Les différents types des robots	12
1 .8 .1 Selon le domaine d'application	12
1 .8.2 selon leur comportement	16
1 .9 Conclusion.....	19
Chapitre0 2 : Etat de l'art de la perception, localisation, navigation en robotique mobile.	
2.1 Introduction.....	20
2.2 Perception.....	20

2.2.1 Capteurs proprioceptifs	21
2.2.2 Capteurs de déplacement	22
2.3 Localisation	24
2.3.1 La localisation relative.....	25
2.3.2 La localisation absolue.....	26
2.4 Navigation	28
2.6 Conclusion	29

Chapitre0 3 : étude théorique du robot mobile uni cycle suiveur de ligne

3.1 Introduction.....	30
3.2 Le châssis.....	30
3.2.1 Plateforme mécanique.....	31
3.2.2 la locomotion.....	31
3.2.3 La structure finale du système.....	33
3.3 Les capteurs	34
3.3.1 Le CNY70.....	34
3.3.2 Principe de fonctionnement.....	35
3.3.3 Encodeurs des deux moteurs.....	37
3.4 Les moteurs	38
3.4.1 la motorisation.....	38
3.5 La carte Arduino	39
3.6 Module sans fil	40
3.6.1 Définition du modem SPM2.....	40
3.6.2 Domaine d'application.....	41
3.6.3 Etats de fonctionnement du SPM2	41
3.6.4 Description générale	42
3.6.5 La structure interne du SPM2.....	45
3.6.6 Réalisation de la liaison par modem (SPM2)	46
3.7 MATLAB.....	46

3.8 La table d'essai	47
3.8.1 La ligne noire	47
3.8.2 Tracé de la ligne noire avec virage.....	48
3.9 Conclusion.....	48

Chapitre 04 : Réalisation et tests

4.1 Introduction.....	49
4.2 Partie électronique	49
4.2.1 Carte des CNY70	50
4.2.2 carte de contrôle	54
4.2.3 Carte de puissance	55
4.2.4 Le moteur	59
4.3 Partie programmation	61
4.3.1 Partie arduino.....	61
4.3.2 Interface graphique	65
4.3.3 Tests	67
4.4 Conclusion	70

Conclusion générale

Bibliographie

Annex

Liste des figures

CHAPITRE1 Introduction en robotique

Figure 1.1 : photo d'un capteur odomètre.....	2
Figure 1.2 : photo d'un capteur accéléromètre.....	2
Figure 1.3 : fonctionnement d'un radar doppler.....	6
Figure 1.4 : Gyroscope mécanique de Foucault.....	7
Figure 1.5 : compas magnétique.....	8
Figure 1.6 : image capteur ultra son.....	9
Figure 1.7 : capteur laser.....	9
Figure 1.8 : Moteur a cc	10
Figure 9: carte ARDUINO UNO	11
Figure 1.10 : Robots industriels	12
Figure1.11 :Robots chirurgicaux.	13
figure 1.12: Robots domestiques	14
Figure 1.13 : Robots militaires	14
Figure 1.14 : Robots explorateurs	15
Figure 1.15: Robots anthropomorphe	16
Figure 1.16 :Robots manipulateurs	17
Figure 1.17: Robots mobiles	17

Figure 1.18 : Evolution de robot mobile de type uni cycle18

Figure 1.19 : Robot mobile omnidirectionnel Nomadic XR4000.....18

CHAPITRE 2 Etat de l'art de la perception, localisation, navigation en robotique mobile

Figure2.1 : Principe de l'odométrie.23

CHAPITRE 3 : étude théorique du robot mobile uni cycle suiveur de ligne

Figure3.1 : Châssis de robot28

Figure3.2 : Plate forme de robot28

Figure 3.3 : . Roue du robot29

Figure 3.4 : La roue-bille29

Figure3.5 : support de moteur31

Figure3.6 : La structure finale du robot32

Figure3.7 : Robot mobile de type uni cycle.....33

Figure3.8 : Centre instantané de rotation d'un robot de type uni cycle.....35

Figure 3.7 : Capteur CNY70.....36

Figure 3.8 : principe de fonctionnement de CNY70.....37

Figure 3.9 : Encodeur magnétique.....39

Figure 3.10 : carte ARDUINO UNO.....41

Figure 3.11 : photo du module SPM2.....42

Figure 3.12 : La table d'essai48

Figure 3.13 : Position de la ligne noire sur l'aire de jeu49

Figure 3.14 : Image représentant un virage49

CHAPITRE4: Réalisation et tests

Figure4 .1 : schéma bloc de la partie électronique.....	49
Figure4 .2: disposition des capteurs sur la carte.....	50
Figure4 .3 : la partie droite de la ligne noire.....	51
Figure4 .4:un virage à gauche.....	51
Figure4 .5: un virage à droite.....	51
Figure4 .6 : une dérivation à droite.....	51
Figure4 .7 : une dérivation à gauche.....	51
Figure4 .8 : Schéma bloc de la carte des capteurs.....	52
Figure 4.9 : schéma développé de carte de capteur	52
Figure 4.10 : schéma de circuit imprimé de carte de capteur	53
Figure4.11 : la carte finale des capteurs.....	53
Figure4.12: schéma représente les composants de la carte arduino uno.....	55
Figure 4.13 : Circuit intégré L298.....	56
Figure 4.14: schémas interne du circuit L298.....	56
Figure 4.15: Le schéma développé de la carte de puissance avec le circuit L298	57
Figure 4.16: Le circuit imprimé de la carte puissance	57
Figure 4.17 : La carte de puissance.....	58
Figure. 4.18: Signal PWM.....	59
Figure4.19: le moteur EMG30.....	60
Figure 4.20 : Brochage du connecteur EMG30.....	60

Figure 4.21 : présentation des éléments de l'ARDUINO software.....	62
Figure 4.22 : fonctionnement les éléments de barre de bouton.....	63
Figure 4.23 : présentation des éléments deMATLAB software.....	63
Figure4.24: l'organigramme du programme arduino.....	64
Figure4.25: l'organigramme du programme MATLAB.....	66
Figure 4.26: l'interface graphique.....	67
Figure4.27 le robot dans sa position initiale.....	68
Figure4.28 : le robot après un suivi réussi de la partie droite de la ligne noire et juste avant un virage à gauche.....	68
Figure 4.29: le robot a détecté le virage et il est en traine de le suivre.....	68
Figure 4.30: le robot a réussi le deuxième virage.....	68
Figure4.31: le robot est en train de suivre la partie droite.....	68
Figure 4.32 : le robot a détedté le troisième virage et il le suit.....	68
Figure4.33 le robot à complété un tour avec succès.....	68
Figure4.34: robot en position initial sur la table d'essais.....	69
Figure4.35 : robot en face d'un virage sur la table d'essais.....	69
Figure4.36 : robot en face de deuxième virage su la table d'essais.....	69
Figure4.37 : robot en face de troisième virage sur la table d'essais.....	69
Figure4.38 : robot en position finale sur la table d'essais.....	69

Liste des tableaux

Tableau1.1 : Caractéristiques de la carte ARDUINO	11
Tableau3.1 : Caractéristiques principales du CNY70.....	35
Tableau3.2 : indication des pines de SPM2	43
Tableau4.1 : repérage des broches du moteur EMG30.....	61

Introduction générale

Introduction générale :

La robotique peut être définie comme l'ensemble des techniques et études tendant à concevoir des systèmes mécaniques, informatiques ou mixtes, capables de se substituer à l'Homme dans ses fonctions motrices, sensorielles et intellectuelles.

L'objectif de notre projet est la conception et la réalisation d'un robot mobile suiveur de ligne qui est capable de se déplacer sur une trajectoire bien précisée.

Pour atteindre notre objectif, on a partagé notre mémoire en quatre chapitres encadrés par une introduction et une conclusion générale :

Dans le premier chapitre, on a parlé sur des généralités concernant les robots et leurs types et ces différentes constitutions.

Le deuxième chapitre est consacré pour l'état de l'art de perception, localisation, navigation.

Par la suite, le troisième chapitre présente l'étude théorique du robot mobile uni cycle suiveur de ligne pour cela on va expliquer tout les éléments contient dans le robot (partie mécanique et électronique) et le rôle de chaque élément.

Et enfin on termine par le quatrième chapitre qui démontre toutes les étapes de la réalisation de notre robot et les différents tests effectués et leurs résultats.

1.1. Introduction :

L'objet de la robotique est l'automatisation de systèmes mécaniques. En dotant le système de capacités de perception, d'action et de décision, l'objectif est de lui permettre d'interagir rationnellement avec son environnement, et de façon autonome. Depuis les premiers automates jusqu'aux systèmes disponibles en ce début de XXI siècles.

La robotique est un domaine de recherche qui se situe au carrefour de l'intelligence artificielle, de l'automatique, de l'informatique et de la perception par ordinateur ; cette interdisciplinarité est à l'origine d'une certaine complexité. Des applications dans des domaines aussi variés que l'industrie manufacturière, le spatial, l'automobile ou plus récemment les loisirs et le secteur médical, démontrent aujourd'hui l'intérêt économique et social de ces recherches [1].

1.2. Définitions :

Un robot est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) accomplissant automatiquement soit des tâches qui sont généralement dangereuses, pénibles, répétitives ou impossibles pour les humains, soit des tâches plus simples mais en les réalisant mieux que ce que ferait un être humain. Les robots les plus évolués sont capables de se déplacer et de se recharger par eux-mêmes, à l'image du robot ASIMO fabriqué par Honda.

Robot = système mécatronique doté de capacités de perception, de décision et d'action, **capable** de réaliser de façon autonome différentes tâches dans le monde réel.

En 1921, c'est la naissance du mot robot qui est inventé par l'écrivain tchèque Karel Capek pour les besoins de sa pièce de théâtre RUR (Rossum's Universal Robot). Robot vient du mot tchèque « Rabota » qui signifie corvée ou travail forcé. Dans sa pièce de théâtre, Karel Capek met en scène le mythe du robot qui cherche à détrôner l'homme, en commençant par prendre la place des ouvriers dans les usines [1]. Cependant, dans cette histoire, les robots évoluent et succèdent les hommes en contrôlant le monde. Est-ce l'avenir que nous réservent les robots ?

1.3. Constitution d'un robot :

Un robot est un assemblage complexe de : Plateforme mécanique, des circuits électroniques (commande et puissance), actionneurs (moteurs et vérins), intelligence artificielle (microcontrôleur et sa programmation) [1].

1.4. Plateforme mécanique :

La plateforme mécanique permet l'assemblage des constituants du robot (moteurs, roues, engrenage, boulons...etc.)[1].

1.5. Les Capteurs :

Les robots sont équipés de capteurs leur permettant de percevoir l'environnement dans lequel ils évoluent, et selon le type de (par rapport aux robots) l'information qui est délivré, ils sont répartis en deux catégories : [2]

1.5.1. Capteurs proprioceptifs :

Les capteurs proprioceptifs fournissent par intégration des informations élémentaires sur les paramètres cinématiques du système mobile. Les informations sensorielles gérées dans ce cadre sont généralement des vitesses, des accélérations, des angles de giration, des angles d'altitude. Cependant, ils ne peuvent pas procurer de renseignements lors de l'arrêt du système mobile [2].

a) Les capteurs de déplacement :

➤ **Les odomètres :**

Les odomètres permettent de fournir une quantification des déplacements curvilignes du robot en mesurant la rotation de ses roues. Le calcul de la position relative du robot est réalisé par intégration des rotations élémentaires des roues.

Les odomètres sont généralement composés de codeurs incrémentaux qui permettent de mesurer les angles de rotation avec une précision qui dépend de la résolution du codeur.

L'information de déplacement nécessitera la connaissance du diamètre des roues, de l'entraxe des roues, de la structure mécanique et cinématique du véhicule.

Ce capteur est fortement utilisé en robotique mobile puisqu'il présente l'avantage d'être simple à mettre en œuvre et surtout d'être peu coûteux [2].

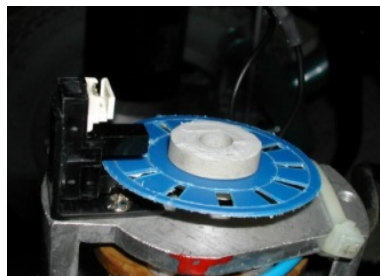


Figure1.1 : photo d'un capteur odomètre

➤ **Les accéléromètres :**

L'accéléromètre est un capteur qui mesure l'accélération linéaire en un point donné. En pratique, la mesure de l'accélération est effectuée à l'aide d'une masse d'épreuve M , de masse m , reliée à un boîtier du capteur. Le principe de ce capteur est de mesurer l'effort massique non gravitationnel qu'on doit appliquer à M pour le maintenir en place dans le boîtier lorsqu'une accélération est appliquée au boîtier. Le calcul du déplacement élémentaire du robot est obtenu par double intégration de ces

informations. Cette double intégration conduit généralement à des accumulations importantes d'erreurs. Ce capteur est plus coûteux que des odomètres [2].



Figure1.2 : photo d'un capteur accéléromètre

➤ **Le radar Doppler :**

Le radar Doppler fournit une estimation instantanée de la vitesse linéaire d'une plateforme mobile par rapport à un objet de la scène en se basant sur l'effet Doppler-Fizeau. Le principe est de diriger un faisceau électromagnétique de fréquence F vers le sol. Le faisceau reçu après rediffusion sur le sol présente un décalage de fréquence ΔF proportionnel à la vitesse V du déplacement relatif du véhicule par rapport au sol. L'intégration de la mesure de vitesse fournira une estimation du déplacement du mobile. Ce capteur est le plus souvent utilisé en milieu extérieur. Il présente le gros avantage d'être insensible aux glissements des roues ou des chenilles du mobile. En revanche, sa précision se dégrade rapidement avec la diminution de la vitesse. De plus il est généralement lourd à mettre en œuvre, tant du point de vue électronique que du point de vue du traitement des informations reçues [2].

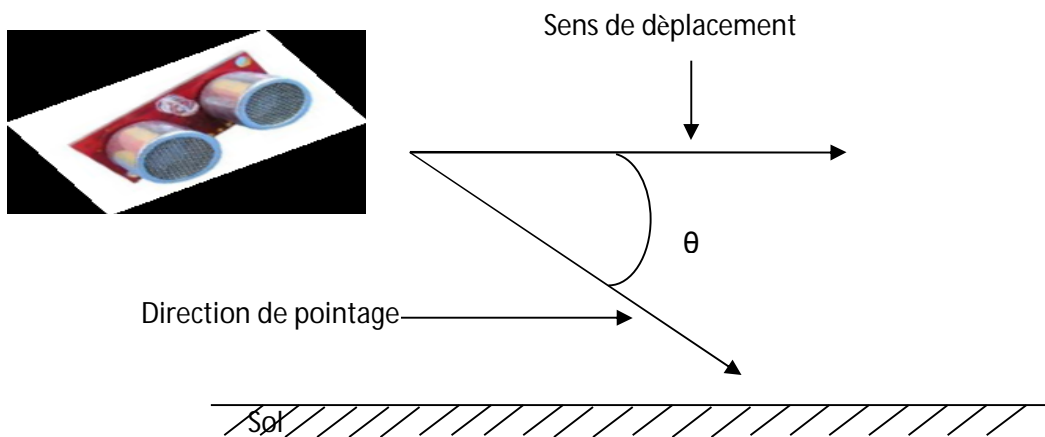


Figure.1.3 fonctionnement d'un radar doppler.

b) Les capteurs d'attitude :

Les capteurs d'attitude permettent d'estimer les paramètres intrinsèques du robot que sont les angles de cap, de roulis et de tangage. Ces capteurs sont principalement de type inertiel.

Ces capteurs ont pour point commun d'être généralement coûteux et sensibles au bruit, d'où une intégration moins fréquente dans les systèmes embarqués que les odomètres [2].

➤ **Le gyroscope :**

Les gyroscopes permettent de mesurer une variation angulaire. Ils sont intéressants en robotique mobile parce qu'ils peuvent compenser les défauts des odomètres. Une erreur d'orientation audiométrique peut entraîner une erreur de position cumulative qui peut être diminuée voire compensée par l'utilisation conjointe de gyroscopes [BOR96]. Les gyroscopes très précis sont trop onéreux pour être utilisés en robotique mobile. Cependant, les gyroscopes à fibre optique, connus pour leur grande précision, ont vu leur prix chuter et sont donc devenus une solution attractive pour la navigation en robotique mobile.

Le gyromètre est un capteur qui permet de mesurer une vitesse angulaire. Il existe plusieurs types de gyromètres : les premiers à avoir fait leur apparition furent

mécaniques, aujourd'hui, on utilise surtout des gyromètres laser ou des gyromètres optiques [VAG93].

Le gyrocompas est un capteur qui permet de mesurer le cap. Il est composé d'un gyroscope et d'un compas magnétique. Le gyrocompas conserve le nord magnétique durant tout le déplacement du véhicule, après l'avoir initialement déterminé de façon autonome [2].

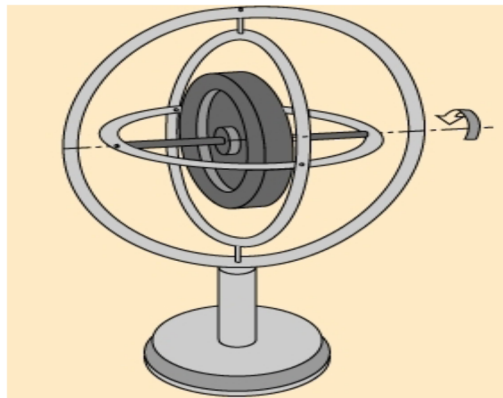


Figure.1.4 : Gyroscope mécanique de Foucault.

➤ ***Le magnétomètre ou compas magnétique :***

Le magnétomètre qui est aussi appelé compas magnétique mesure la direction du champ magnétique terrestre pour déduire l'orientation du robot.

Parmi toutes les technologies adoptées pour ce type de capteur, la mieux adaptée pour la robotique mobile est celle dite à vanne de flux. Elle a l'avantage de consommer peu d'énergie, de n'avoir aucune pièce mobile, d'être résistante aux chocs et aux vibrations et d'être peu coûteuse [BOR97]. Toutefois, les mesures sont perturbées par l'environnement magnétique du robot (comme par exemple les lignes d'énergie ou les structures en acier). Ceci rend difficile l'utilisation de ce capteur en milieu intérieur. Néanmoins, ce capteur a par exemple été intégré avec succès dans un système de localisation basé sur le Filtrage de Karman Etendu [ARN93].

La caractéristique principale de ce capteur est sa précision moyenne qui, sur un long trajet, est relativement bonne [FRA90] [2].



Figure.1.5 : compas magnétique

1.5.2. Capteurs extéroceptifs :

Les capteurs extéroceptifs sont employés en robotique mobile pour collecter des informations sur l'environnement d'évolution du système mobile. Ils sont le Complément indispensable aux capteurs proprioceptifs présentés précédemment. Des méthodes de fusion de données sont alors utilisées pour conditionner et traiter les informations sensorielles de natures différentes [2].

➤ **Les capteurs à ultrasons :**

Les capteurs à ultrasons utilisent l'air comme milieu de propagation. La méthode de mesure consiste à exciter une céramique piézo-électrique à l'aide de quelques impulsions de fréquence égale à la fréquence de la pastille. Connaissant la vitesse de propagation de l'onde acoustique dans un milieu donné, la mesure du temps de vol de l'onde permet d'obtenir la distance d'un objet par rapport au capteur.

Les capteurs ultrasonores les plus couramment utilisés sont les capteurs Polaroid qui émettent une onde ultrasonore à 44 kHz et qui permettent de mesurer des distances comprises entre trente centimètres et dix mètres.

Les avantages majeurs de ces capteurs sont leur faible prix de revient et leur simplicité d'implantation. En revanche de nombreux inconvénients induisent leur utilisation de moins en moins fréquente en robotique mobile , Une très faible directivité qui est

liée au cône d'émission de l'onde dont l'angle d'ouverture est important. Ceci implique une erreur généralement important qui entache la mesure [2].



Figure1.6: image capteur ultra son

➤ **Les capteurs laser :**

Le capteur laser est basé sur l'émission d'une onde électromagnétique structurée. Ce capteur permet donc d'obtenir un faisceau d'ondes très concentré, contrairement aux capteurs ultrasonores. Les systèmes laser possèdent de nombreux avantages qui en font des capteurs souvent utilisés dans les applications de robotique mobile [2].

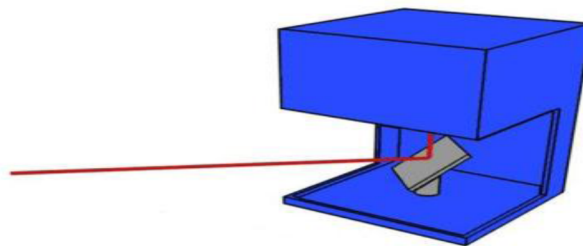


Figure.1.7 capteur laser.

1.6. Les actionneurs :

1.6.1. Moteurs : Le moteur à cc est le moyen de base par laquelle une énergie électrique est transformée en énergie mécanique [3].



Figure 1 .8 : Moteur a cc

1.6.2. Vérins : Appareil formé de deux vis ou d'une vis double, mue par un écrou, servant au levage de gros fardeaux et à de multiples manutentions en atelier [3].

1.7. Les microcontrôleurs : il existe plusieurs types de microcontrôleurs, dans notre projet nous avons choisie le microcontrôleur ARDUINO UNO

1.7.1. La carte ARDUINO :

Le système Arduino est une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur et de composants minimum pour réaliser des fonctions plus ou moins évoluées à bas coût. Elle possède une interface USB pour la programmer. C'est une plateforme open-source qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur [4].

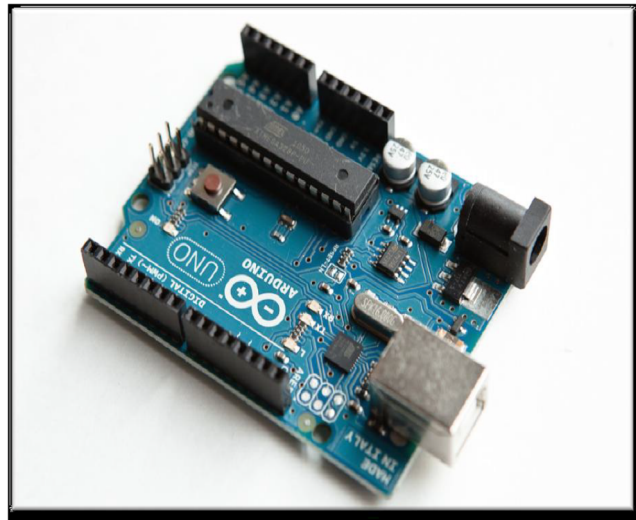


Figure1.9 : carte ARDUINO UNO

- **Caractéristiques du carte** : voici le tableau suivant :

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 bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (Atmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (Atmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tableau1.1. Caractéristiques de la carte ARDUINO

1.8. Les différents types des robots :

1.8.1 Selon le domaine d'application :

1) Robots industriels :

Les robots industriels sont les premiers à avoir été produits en grand nombre et ils sont encore la plus grande population robotique. Ces robots sont ceux qui se trouvent particulièrement sur les chaînes de montage.

Des robots soudeurs, de démolition, de nettoyage, d'emballage ou de surveillance sont quelques exemples de robots industriels utilisés aujourd'hui [5].



Figure1.1 0: Robots industriels

Ils ne sont pas capables de s'adapter aux changements (si on change la forme des Pièces à manipuler, ils font des bêtises...) [5].

2) Robots chirurgicaux :

Les robots chirurgicaux sont une autre branche des robots industriels. Ils fonctionnent souvent selon le même principe, c'est-à-dire qu'ils se présentent sous forme de bras mécaniques couplés à un ordinateur ou par des bras articulés qui sont actionnés par le chirurgien et dont les mouvements sont reproduits par le robot en temps réel [5].

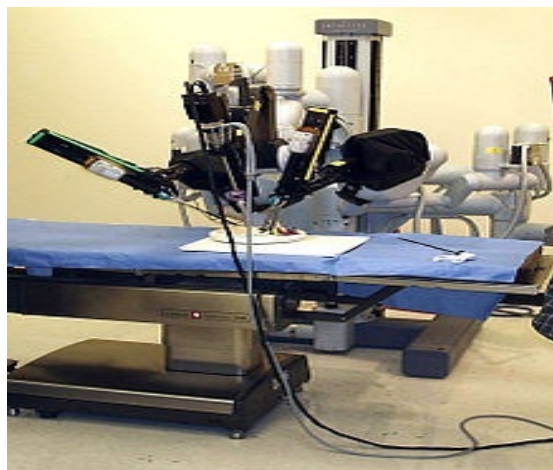


Figure1 .11 : Robots chirurgicaux

3) Robots domestiques :

Les robots domestiques peuvent faire de multiples tâches ou simplement nous divertir. Par exemple, la société FriendlyRobotics a conçu une tondeuse à gazon automatique qui, sur un périmètre donné, est capable de contourner des obstacles tout en coupant le gazon. Dans le divertissement, Sony a mis au point en 1999 un robot chien nommé Abo. Il y a eu trois générations d'Abo. La version plus récente possède plusieurs fonctionnalités tel que : écran LCD, appareil photo et reconnaissance vocale [5].

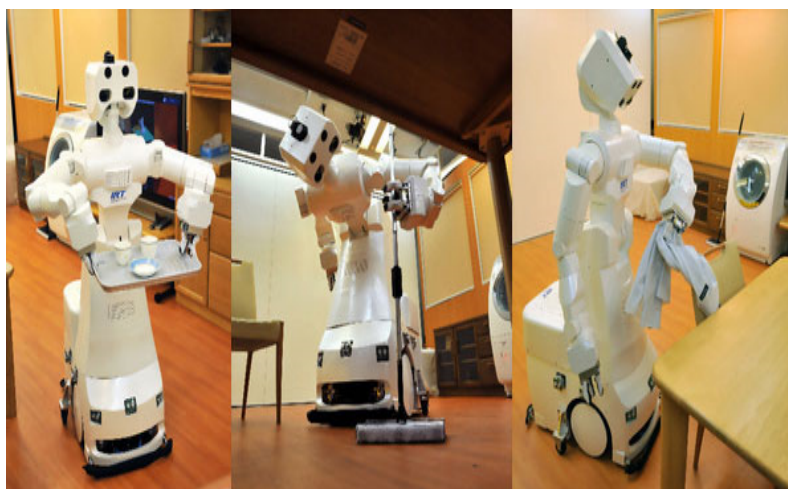


Figure1.12: Robots domestiques

4) Robots militaires :

Les robots militaires sont principalement utilisés pour la surveillance aussi bien dans les airs que dans la mer. L'UCAV (*Unmanned Combat Air Vehicles*) est un avion américain sans pilote qui a pour but de surveiller, reconnaître, identifier ou même détruire des cibles ennemies. Le premier prototype mesurait sept mètres et pouvait embarquer une tonne et demi de munitions. Les UUV (*Unmanned Underwater Vehicles*) sont des sous-marins qui ont environ les mêmes fonctions que les UCAV [5].



Figure1 .13 : Robots militaires

5) Robots explorateurs :

Les robots explorateurs remplacent l'homme dans des environnements difficiles. L'exploration de la centrale nucléaire de Tchernobyl a été faite par un robot. L'exploration de l'espace se fait de plus en plus par des robots. En 1976, la sonde Viking 1 s'est posée sur Mars et a pris les premières photos de la planète [5].

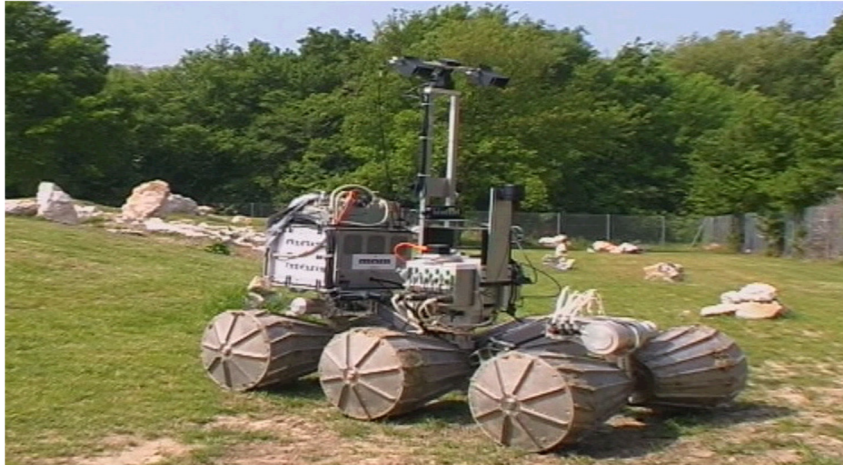


Figure1.14 : Robots explorateurs

6) Robots anthropomorphiques

Lorsqu'on parle de robots, il ne faut pas oublier de mentionner les robots anthropomorphiques (robots ressemblant à l'être humain) qui sont probablement la principale motivation des roboticiens. Ces robots sont dotés de la bipédie et sont capables de faire des choses que seul l'humain était capable de faire à ce jour. Une des plus grandes innovations technologiques dans le domaine de la robotique est sans doute de robot humanoïde Asimov créé par Honda. Ce robot est capable de modifier sa trajectoire en marchant, de monter et descendre des escaliers, de reconnaître des visages et de comprendre la parole humaine. La plus récente version d'Asimov peut courir à 6 km/h et peut aussi remplir la tâche de réceptionniste ou de guide d'information. Asimov est un robot de recherche et il devrait, rendu à terme, être capable de venir en aide à personnes handicapées, âgées ou malades [5].



Figure1.15 : Robots anthropomorphe

1.8.2. Selon leur comportement :

1) Robots manipulateurs :

Ils sont des robots ancrés physiquement à leur place de travail et généralement mis en place pour réaliser une tâche précise ou répétitive et ils ont les caractéristiques suivantes :

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

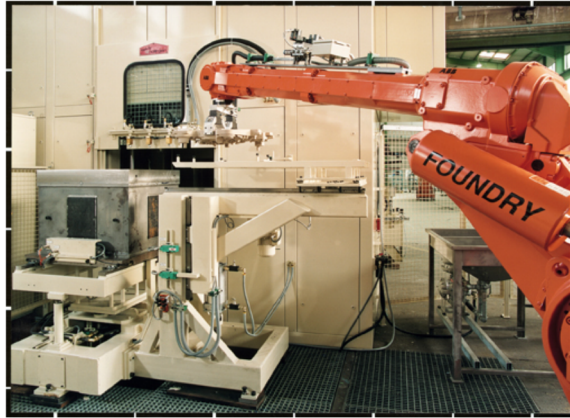


Figure1 .16 : Robots manipulateurs

2) Robots mobiles autonomes :

Avec les robots mobiles autonomes, 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. On peut distinguer plusieurs types de robots selon le type de locomotion [5].



Figure1.17: Robots mobiles

a)Uni cycle :

Ce type de robot est très répandu en raison de sa simplicité de construction et de propriétés cinématiques intéressantes. La figure 1.11 présente différents robots de type Uni cycle, depuis Hilare, en 1977, jusqu'aux modèles actuels, qui, à l'instar du robot Khopër, tendent parfois vers l'extrême miniaturisation [5].



Figure1.18 : Evolution de robot mobile de type uni cycle

b) Véhicule :

Un robot terrestre autonome, ou un véhicule robotisé, doit évoluer dans un environnement très riche pouvant varier drastiquement au cours du déplacement [5].

.

c)Omnidirectionnel :

Un robot omnidirectionnel a la capacité de se déplacer dans n'importe quel direction plan quelque soit sa configuration. Aujourd'hui, presque tous [5].



Figure1.19 : Robot mobile omnidirectionnel Nomadic XR4000

1.9 Conclusion :

Le domaine de la robotique en générale est trop vaste et diversifié, et il demande une répartition et partage des efforts entre les spécialistes en robotique pour entourer ce domaine, et bien le maitriser, pour cela nous allons être limités dans notre étude seulement à la robotique mobile, et le prochain chapitre va traiter de façon théorique la robotique mobile et ses caractéristiques.

CHAPITRE 2 : Etat de l'art de la perception, localisation, navigation en robotique mobile

2.1. Introduction :

La principale ligne actuelle de recherche pour la robotique mobile est de permettre à un système robotique mobile (système mobile ou robot mobile) de se déplacer de manière autonome dans son environnement pour accomplir un certain nombre de tâches. Ces tâches sont, par exemple, se déplacer vers une cible fixe ou mobile, éviter les obstacles, accoster, suivre une route, explorer et intervenir dans un milieu hostile. Pour cela, les problèmes à résoudre sont parfois assez complexes. L'un d'eux est la détermination d'une représentation interne de l'environnement (carte) du système mobile au moyen de la perception pour permettre la planification des actions et le contrôle de l'exécution. Le choix de la représentation est essentiel. Cette représentation doit être adaptée à la tâche du système mobile mais aussi à l'environnement dans lequel il évolue. [1]

Pour un système mobile se déplaçant dans un environnement qui peut être inconnu a priori, l'autonomie de déplacement devient un problème encore plus difficile à résoudre que dans le cas où le système mobile évolue dans un environnement parfaitement connu. La navigation autonome doit pouvoir répondre aux trois mêmes questions que nous nous posons tous inconsciemment lorsque nous utilisons nos véhicules :

Où suis-je ? (problème de localisation)

Où dois-je aller ? (navigation)

Comment m'y rendre ?

2.2. Perception :

Pour réaliser un système de robotique mobile intelligent, il est nécessaire d'utiliser des capteurs qui fourniront la perception requise de l'environnement pour une prise de décision intelligente.

A ce jour, il n'existe pas de capteur qui se démarque des autres par une efficacité vraiment supérieure. Ils ont tous des avantages et des inconvénients avec lesquels il faut pouvoir composer. Par contre, leur importance peut être passablement influencée par l'environnement dans lequel le système est amené à évoluer. Le défi est donc de réaliser des systèmes qui utilisent le mieux possible les capteurs ou une combinaison de capteurs en tenant compte de leurs conditions d'utilisation, et ceci requiert une bonne connaissance de leurs caractéristiques.

Nous pouvons définir deux catégories de capteurs couramment utilisées en robotique mobile : ceux qui délivrent une information caractérisant l'environnement et ceux qui interviennent dans le fonctionnement du système robotique. Les premiers sont appelés capteurs extéroceptifs qui fournissent des informations sur le monde extérieur au système mobile, et les seconds sont les capteurs proprioceptifs qui fournissent des informations propres au comportement interne du système mobile, c'est-à-dire sur son état à un instant donné [7].

2.2.1. Capteurs proprioceptifs :

Les capteurs proprioceptifs fournissent par intégration des informations élémentaires sur les paramètres cinématiques du système mobile. Les informations sensorielles gérées dans ce cadre sont généralement des vitesses, des accélérations, des angles de giration, des angles d'altitude. Cependant, ils ne peuvent pas procurer de renseignements lors de l'arrêt du système mobile. On peut regrouper les capteurs proprioceptifs en deux familles [Fra90] :

- ◆ Les capteurs de déplacement qui comprennent les odomètres, les accéléromètres et les radars Doppler. Cette catégorie permet de mesurer des déplacements

élémentaires, des variations de vitesse ou d'accélération sur des trajectoires rectilignes ou curvilignes.

◆ Les capteurs d'attitude, qui mesurent deux types de données : les angles de cap et les angles de roulis et de tangage. Ils sont principalement constitués par les gyroscopes, les gyromètres, les gyrocompas, les capteurs inertiels composites, les inclinomètres et les magnétomètres. Ces capteurs sont en majorité de type inertiel [2].

2.2.2. Capteurs de déplacement :

Les odomètres :

Les systèmes odométriques fournissent la position du système mobile pendant son mouvement, par intégration des rotations élémentaires de ses roues.

Pour les applications de robotique mobile, les mesures de rotation des roues sont effectuées dans la plupart des cas par des codeurs optiques incrémentaux. Il existe néanmoins d'autres codeurs (magnétiques, inductifs, capacitifs, etc.).

Le principe de l'odométrie est le suivant :

Le déplacement angulaire d'un système mobile à deux roues motrices est :

$$\delta\theta = \frac{R_d \delta\theta_d - R_g \delta\theta_g}{L} \dots\dots\dots (1)$$

Où R_d et R_g désignent les rayons des deux roues, L représente la longueur de l'essieu entre les roues motrices, $\delta\theta_d$ et $\delta\theta_g$ indiquent les rotations élémentaires des roues droite et gauche.

Le déplacement élémentaire du système mobile est :

$$\delta d = \frac{R_d \delta\theta_d + R_g \delta\theta_g}{2} \dots\dots\dots (2)$$

En supposant que le déplacement élémentaire δd est circulaire ou rectiligne, et que le déplacement angulaire $\delta \theta$ reste assez petit, on peut calculer la position (x_t, y_t, θ_t) actuelle du système en fonction de la $(x_{t-1}, y_{t-1}, \theta_{t-1})$ précédente par :

$$\begin{cases} x_t = x_{t-1} + \delta d_{t-1} \cos\left(\theta_{t-1} + \frac{\delta \theta_{t-1}}{2}\right) \\ y_t = y_{t-1} + \delta d_{t-1} \sin\left(\theta_{t-1} + \frac{\delta \theta_{t-1}}{2}\right) \\ \theta_t = \theta_{t-1} + \delta \theta_{t-1} \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

Si l'on note $U_t = (\delta d_t, \delta \theta_t)'$, on peut écrire les relations du système ci-dessus sous la forme :

$$X_{t+1} = f(X_t, U_t)$$

L'avantage des capteurs odométriques est qu'ils fonctionnent indépendamment de l'environnement et que la méthode est simple, facile à mettre en œuvre et d'un faible coût. Les inconvénients de ces capteurs sont qu'ils sont sujets aux problèmes provenant du glissement, de l'usure ou du fléchissement des roues et que les erreurs sur la position croissent au fur et à mesure du déplacement du fait de l'intégration des mesures nécessaire pour obtenir la position du système mobile.

Pour mesurer ou réduire ces erreurs, il est important de faire la différence entre l'erreur systématique et non systématique de ce capteur **[2]**.

- Les erreurs systématiques :

Elles sont celles qui sont une partie inhérente à la cinématique du système mobile ou à ces paramètres de contrôle indépendamment l'environnement.

- Les erreurs non systématiques :

Elles sont celles qui dépendent de l'environnement du système mobile et diffèrent d'un environnement à un autre.

La distinction entre ces deux groupes est importante car chaque groupe influe différemment sur la plateforme mobile, leurs remèdes sont différents et plus important tous les deux nécessitent différentes techniques de mesure.

◆ Les sources des erreurs systématiques :

- Diamètres des roues différents.
- Roues mal positionnées.
- Une résolution limitée des encodeurs.
- Vitesse d'échantillonnage des encodeurs limitée.

◆ Les sources des erreurs non systématiques :

- Se déplacer sur un sol raboteux.
- Se déplacer à travers des objets imprévus sur le sol.
- Glissement des roues (sol lisse, excès d'accélération, patiné dans un tournant rapide, etc.).
- Forces externes (interaction avec des corps externes).
- Forces internes (roue folle).
- Pas de contact avec le sol.

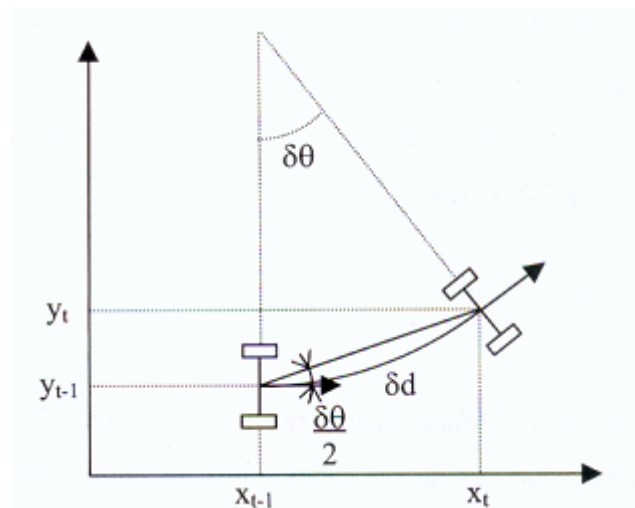


Figure2.1 : Principe de l'odométrie.

2.3. La localisation :

La localisation est la détermination de la situation, position et orientation, du système mobile par rapport à un repère de référence. La localisation est absolue si le repère est fixé, lié à son environnement. La localisation est relative lorsque le repère est lié à une position précédente du système mobile. Nous pouvons aussi parler de localisation

statique lorsque le calcul de position s'effectue à l'arrêt ou de localisation dynamique lorsque celle-ci est évaluée durant le mouvement.

Nous pouvons considérer trois grands systèmes de localisation :

- La localisation relative ou à l'estime (Dead Reckoning en anglais), basée sur l'utilisation des capteurs proprioceptifs.
- La localisation absolue, basée sur l'utilisation des capteurs extéroceptifs.
- La localisation dite hybride, basée sur l'utilisation conjointe des capteurs proprioceptifs et extéroceptifs [6].

2.3.1. La localisation relative :

Elle consiste à déterminer la position, l'orientation, et éventuellement la vitesse du système mobile par intégration des informations fournies par divers capteurs proprioceptifs depuis un point de départ. Ces données peuvent être des informations de déplacement (odomètre), de vitesse (vélocimétrie) ou d'accélération (capteurs inertiels).

Ce type de localisation présente l'immense avantage d'être indépendant de l'environnement. Les seules erreurs qu'il peut générer sont celles dues à son mode de fonctionnement interne. Par contre, l'inconvénient majeur est l'accumulation d'erreurs due aux différentes intégrations [6].

a. L'odométrie :

L'odométrie permet de déterminer la position et l'orientation d'un système mobile par intégration de ses déplacements élémentaires, et ce, par rapport à un repère lié à sa configuration initiale. La technique de localisation consiste à fixer sur les roues des codeurs délivrant une impulsion toutes les fractions de tour de roue. L'intégration de ces valeurs permet de déduire la position et l'orientation du système mobile par rapport à l'initialisation des compteurs d'impulsions.

Les avantages de cette technique résident dans sa simplicité de mise en œuvre et dans son faible coût. Ces caractéristiques en font la technique de localisation la plus

couramment utilisée en robotique mobile. En outre, l'utilisation d'odomètres permet d'obtenir une estimation de la position et l'orientation à une cadence relativement élevée avec une précision qui reste bonne sur de faibles distances.

Cependant, dès que les distances à parcourir augmentent et que la trajectoire comporte de nombreux changements de direction, l'imprécision sur la position et l'orientation du système mobile augmente considérablement, imprécision due à l'erreur cumulative générée lors de l'intégration des déplacements élémentaires [6].

b. La vélocimétrie :

Cette méthode consiste à mesurer directement la vitesse du système mobile et à l'intégrer pour obtenir le déplacement. La vitesse de rotation instantanée, dans la majorité des cas, est obtenue avec des gyromètres. La vitesse linéaire est quant à elle généralement obtenue par l'utilisation d'un radar Doppler dirigé vers le sol [6].

c. Les capteurs inertiels :

La localisation d'un système mobile en utilisant ce type de capteur (accéléromètres, gyroscopes, compas magnétiques) est déterminé à partir d'informations inertielles acquises au cours de son mouvement.

Cette localisation plus coûteuse constitue le haut de gamme des systèmes de localisation à l'estime. Le calcul de la position est effectué par double intégration de ces informations et entraîne une inévitable accumulation d'erreurs qui constitue une dérive d'estimation dans le temps. Un recalage périodique est alors indispensable [6].

2.3.2. La localisation absolue :

La localisation absolue est une technique qui permet à un système mobile de se repérer directement dans son milieu d'évolution, que ce soit en environnement extérieur (mer, espace, terre), ou en environnement intérieur (ateliers, immeubles,

centrales nucléaires) [Dro02]. Elle est basée sur l'utilisation de capteurs extéroceptifs et nécessite toujours une représentation de l'environnement. Le système mobile possède donc une banque de données regroupant les éléments caractéristiques de son milieu d'évolution (balises par exemple), et pour sa localisation absolue, il doit déduire de la perception de ces éléments caractéristiques, sa position dans son environnement.

1) Méthodes hybrides :

Les deux approches de localisation présentées précédemment (localisation à l'estime et localisation absolue) s'appuient soit sur des mesures de déplacement relatif, soit sur des mesures de position absolue. Elles possèdent chacune des caractéristiques complémentaires. Les avantages principaux de la localisation relative sont :

- utilisation de capteurs proprioceptifs propres au système mobile, ne nécessitant aucune instrumentation de l'environnement.
- Les algorithmes utilisés sont simples (du point de vue de leur mise en œuvre)
- fournissent, à une fréquence élevée, une estimée de la position du système mobile par rapport à un instant initial.

Leur limitation réside dans leur principe même, à savoir l'intégration de mesures relatives, qui entraîne une dérive des estimées.

Les méthodes de localisation absolue s'appuient sur des données extéroceptives et nécessitent une instrumentation ou une connaissance a priori de l'environnement.

- Elles sont souvent complexes au niveau algorithmique.
- fournissent des localisations absolues exemptes de dérive par rapport à un repère fixe de la scène. En raison de cette complexité.
- elles ne pourront fournir des estimées de la position du système mobile qu'à des cadences relativement faibles et nécessiteront souvent l'arrêt du système mobile durant l'acquisition des mesures.

En développant des méthodes de localisation qui fusionnent les données proprioceptives et extéroceptives, il est possible d'allier les avantages des deux approches, tout en limitant leurs inconvénients. Le principe de ces méthodes consiste à corriger les positions estimées à cadence rapide au moyen des capteurs proprioceptifs par des mesures fournies à cadence beaucoup plus lente par les capteurs extéroceptifs. On parle alors de recalage dynamique, c'est-à-dire, les positions estimées par les capteurs proprioceptifs (localisation relative) seront utilisées pour faciliter l'appariement des mesures fournies par les capteurs extéroceptifs (localisation absolue) [7].

2.4. navigation :

La navigation des systèmes de robotique mobile consiste, de la manière la plus générale, à donner à ces systèmes la capacité d'aller d'une position initiale à une position finale de manière autonome. Historiquement, la navigation de ces systèmes mobiles a tout d'abord été considérée comme un problème de planification de trajectoires. Le modèle de la scène est supposé connu et des stratégies globales ou locales permettent de définir la séquence de configurations que doit prendre le système mobile pour atteindre son objectif.

Depuis le début des années 80, les avancées technologiques et algorithmiques permettent de contrôler directement les mouvements d'un système robotique mobile à partir des informations perçues par ses capteurs. Ces informations sont utilisées pour définir une loi de commande du système mobile sans pour autant nécessiter le modèle de la scène.

Plus récemment, les recherches en robotique mobile ont considéré des environnements de navigation très vastes, à tel point que les capteurs embarqués (caméra ou même laser) ne peuvent les décrire que localement à un instant donné. Une représentation interne de l'environnement de navigation devient alors nécessaire. Elle permet dans ce cas d'étendre le champ d'action des capteurs du système robotique, mais aussi de définir un ensemble de stratégies de navigation adaptées à l'environnement traversé.

La navigation à l'estime, ou navigation relative, consiste à évaluer la position, l'orientation, et éventuellement la vitesse du robot mobile par intégration des informations fournies par des capteurs dits proprioceptifs. L'intégration se fait par rapport au point de départ du robot. Ces données peuvent être des informations de déplacement (odomètre), de

vitesse (vélocimétrie) ou d'accélération (accéléromètre). Ces systèmes permettent d'obtenir un flux relativement important au niveau de l'obtention des estimations de position. Cette caractéristique intéressante a favorisé l'utilisation de ces systèmes de localisation en robotique mobile, ainsi que dans des secteurs de pointe tels que les domaines spatial et militaire : fusées, missiles, avions, sous-marins... Il n'y a que peu de méthodes basées sur l'utilisation unique de capteurs proprioceptifs. Ainsi dans la suite du paragraphe, nous ne fournissons qu'une explication succincte de ces techniques [7].

2.6. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre une vue d'ensemble des systèmes de perception, localisation et navigation utilisés dans le domaine de la robotique rendant les systèmes mobiles autonomes dans diverses applications où ils auront à se déplacer dans des environnements d'intérieur ou d'extérieur.

Chapitre3

études théorique du robot mobile suiveur de ligne

3.1. Introduction :

Dans le troisième chapitre on se basé sur l'étude théorique de la partie mécanique du robot mobile uni cycle suiveur de ligne.

Nous allons détailler la structure mécanique d'un robot mobile, qui représente la structure métallique et les actionneurs (le châssis, plate-forme, les roues etc....).

3.2 . Le châssis :

Il reçoit tous les éléments constitutifs du robot à savoir les systèmes mécaniques, les cartes électroniques et la batterie.



Figure .3.1 : Châssis de robot

3.2.1. Plateforme mécanique :

A une forme adaptée à notre stratégie. Pour cela, nous avons opte un châssis de forme presque carrée avec des coins arrondi. Il est fabriqué en aluminium afin de faciliter sa Réalisation manuelle.



Figure .3.2 : Plate forme de robot

3.2.2. La locomotion:

La locomotion de notre système est assurée par :

➤ **Les roues:**

Le robot possède deux roues identiques. Les gèntes étant usinées à base d'aluminium, ce qui offre plus de légèreté aux roues. Elles font 70 mm de diamètre, 10mm de largeur et recouvertes d'une mince couche de 2mm d'épaisseur à base de matière élastique anti-glissement.

Pour fixer les roues aux axes des moteurs, deux trous de 8mm de diamètre sont faits au centre gent.



Figure 3.3. : Roue du robot

➤ **Une roue-bille :**

Les deux points d'appuis des roues n'étant pas suffisants pour assurer la stabilité et l'équilibre de notre robot, pour cela nous avons utilisé une roue-bille placée en arrière.



Figure 3.4. : La roue-bille

➤ **Les supports des moteurs :**

Pour assurer une bonne fixation des moteurs, on a utilise les supports suivant :



Figure 3.5 : support de moteur

3.2.3. La structure finale du système :

Après avoir réalisé tous les systèmes mécaniques du robot, y compris les actionneurs nécessaires à l'accomplissement des tâches prévues.

L'assemblage des différentes pièces mécaniques est fait avec des vis afin de faciliter l'accessibilité à l'enceinte du robot pour d'éventuelles interventions.

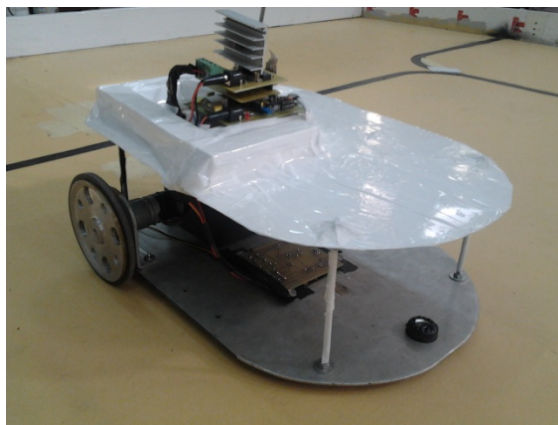


Figure 3.6 : La structure finale du robot.

3. 3. Les capteurs :

3.3.1. Le CNY70 :

Pour faire suivre la ligne au robot nous avons besoin de capteurs photoélectriques capables de différencier le noir du blanc. Pour être conforme au cahier des charges nous devons prendre des capteurs CNY70.

Le capteur est composé d'un émetteur à infrarouge et d'un récepteur optique (phototransistor). Il est aussi très compact ce qui permet de pouvoir en mettre plusieurs sans dépasser la contrainte du volume du robot [8].

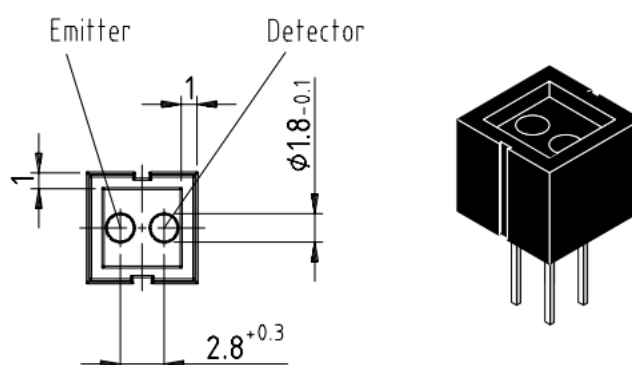


Figure3.7 : Capteur CNY70

3.3 .2. Principe de fonctionnement :

Le Capteur CNY70 émet un signal infrarouge analogique qui est soit réfléchi (s'il est face d'une couleur claire) ou absorbé (s'il est soumis à une couleur sombre) comme le montre la figure 3.8 ci-dessous [8].

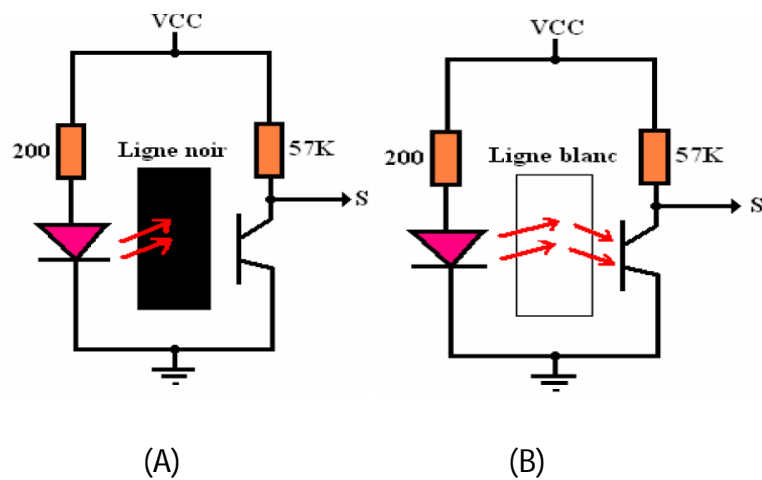


Figure3.8. :principe de fonctionnement de CNY70

- Si on détecte du noir, le phototransistor est bloqué (A) \Rightarrow S = 5V
- Si on détecte du blanc, le phototransistor est passant (B) \Rightarrow S = 0V

Le tableau ci-dessous illustre la caractéristique principale du capteur.

Tension d'alimentation nominale	1.25 V	Tension de sortie nominale	5V
Tension d'alimentation maximale	1,6 V	Tension de sortie maximale	5V
I _D nominal	20Ma	Courant de sortie nominal	100μA
Courant d'alimentation	50 mA	Courant de sortie maximum	1mA
Longueur d'onde	940nm	(théorique)	
Plage de distance	<5mm		

Tableau 3.1 : Caractéristiques principales du CNY70.

3.3.3. Encodeurs des deux moteurs :

Les codeurs permettent de mesurer la rotation, la vitesse angulaire ou la position de pièces mobiles dans de nombreux domaines. Cette nouvelle famille d'encodeurs magnétiques offre une résistance et une précision inédites. Ils atteignent une précision de 0,1° à 1°, une résolution mono tour jusqu'à 16 bits et une résolution multi tour jusqu'à 39 bits.

Outre son extrême fiabilité et sa longue durée de vie, la nouvelle technologie de codeur magnétique dispose d'un boîtier extrêmement compact. Un câble Wiegand pour les mesures multi tour et un capteur Hall pour les mesures mono tour sont montés sur un circuit imprimé unique. Cela permet d'insérer ces codeurs absolus mono tour compacts dans un boîtier de 36 mm [9].

1) Applications :

❖ Conception globale :

Mesure de la position exacte et de la vitesse Boîtier compact adapté aux applications dans les technologies médicales et les laboratoires

❖ Equipement mobile :

Idéal pour une utilisation dans des environnements difficiles. Exemple : présence de poussière, de liquide, de températures extrêmes, de vibrations ou de chocs.

❖ Secteur éolien :

Contrôle précis de l'angle de calage des pales de rotor (contrôle du calage) dans les systèmes éoliens ou surveillance de la position de la nacelle (angle d'azimut)

2) Les avantages :

- Technologie sans contact pour une fiabilité extrême
- Grande précision de 0,1° à 1°
- Boîtier solide adapté aux environnements difficiles
- Durée de vie prolongée pour une durée d'entretien réduite
- Boîtier compact pour des applications multiples



Figure 3.9 : Encodeur magnétique

3.4. Les moteurs :

3.6.1. La motorisation:

Une machine à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique. Elle est aussi appelée dynamo.

3. 5. La carte Arduino :

Le système Arduino est une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur et de composants minimum pour réaliser des fonctions plus ou moins évoluées à bas coût. Elle possède une interface USB pour la programmer. C'est une plateforme open-source qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

Arduino peut être utilisé pour développer des applications matérielles industrielles légères ou des objets interactifs (création artistiques par exemple), et peut recevoir en entrées une très grande variété de capteurs. Arduino peut aussi contrôler une grande variété d'actionneurs (lumières, moteurs ou toutes autres sorties matériels). Les projets Arduino peuvent être autonomes, ou communiquer avec des logiciels sur un ordinateur (Flash, Processing ou MaxMSP). Les cartes électroniques peuvent être fabriquées manuellement ou bien être achetées pré assemblées [10].

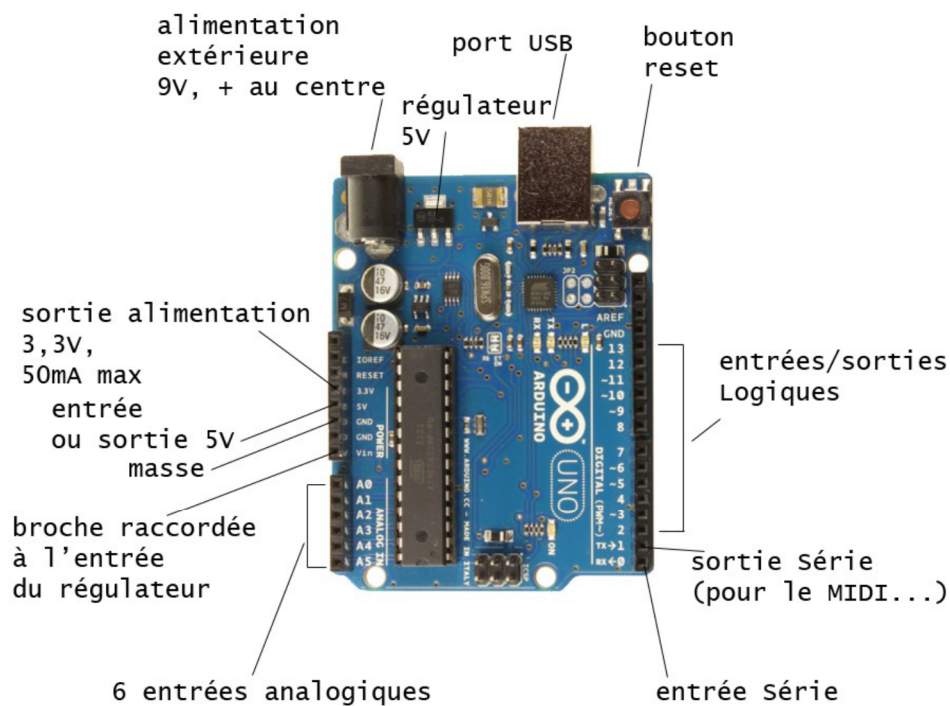


Figure 3.10 : carte ARDUINO UNO

3.6. Module sans fil :

3.6.1. Définition du modem SPM2 :

Le SPM2 est un modem radio subminiature (low cost) pouvant facilement s'intégrer au sein de nouveaux projet ou d'applications existantes. il assurera la transmissions a distance de signaux numériques série (format **RS-32**) de façon **totalemment transparent** (le module génère les trames de préambule , de synchro ,ainsi que la mise en "packet" et le codage Manchester des donnée tout en effectuant un **contrôle d'erreur** avec accusé de réception). rendant son usage universel et très simple (aucune connaissance "radio" n'est nécessaire) .il capte jusqu'à 200 mètre en champ libre et 50 mètre en intérieur , sa fréquence de travail est de 433,92**MHZ** [11].

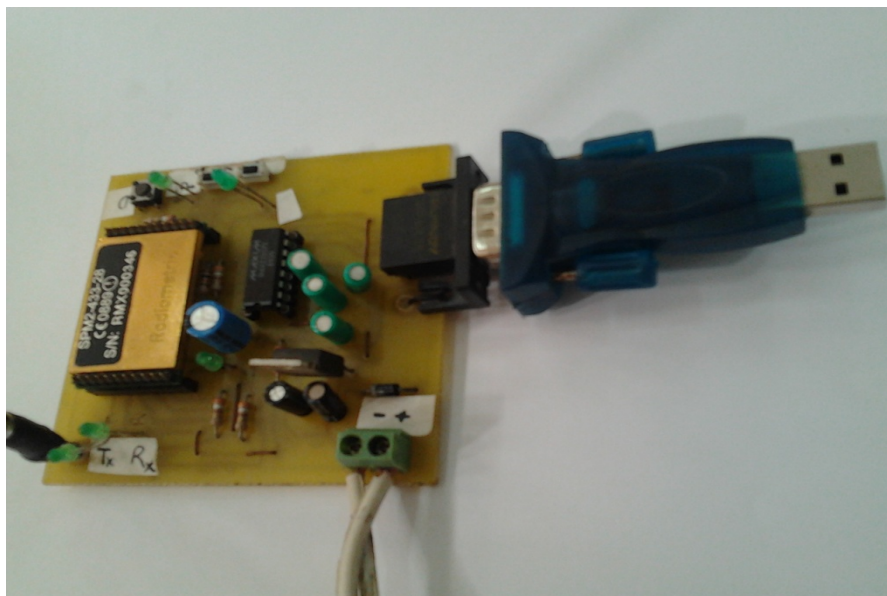


Figure3.11 : photo du module SPM2

3.6.2. Domaine d'application :

- Transmission de donnée haute débit.
- Télécommande radio avec accusé de réception.
- Système de sécurité sans fil.
- Module de dialogue et téléchargement pour véhicule.
- Système de pilotage pour robotique.

3.6.3. Etats de fonctionnement du SPM2 :

Le SPM2 peut prendre trois états de fonctionnement qui sont :

- L'état d'ARRET (shutdown).
- L'état de SECOUR (standby).
- L'état de RELIE (connecte).

a. L'état d'ARRET :

Cet état obtenu en forçant la pine (16) WAKE /DTR a Vcc qui fait rentrer le module SPM2 en mode SLEEP dans ce cas de figure la communication n'ont pas lieu (ni émission ni réception).

b. L'état de SECOUR (standby) :

Immédiatement après l'état haut, et pendant l'opération normale, le SPM2 entra automatiquement dans le mode d'attente, ou il attend de raccordement à distance.

c. l'état de RELIE (connected) :

A la réception d'une demande de raccordement a partir d'une unité à distance, le SPM2 écrit immédiatement un état relié. Ceci permet aux modems de commencer à envoyer et recevoir des données.

3.6.4. Description générale :

Le SPM2 emploie les paquets accessibles de donnée avec la vérification des erreurs, il permet de réaliser une transmission San fil, est construit pour l'installation rapide et facile, l'interface série assure le raccordement direct au microprocesseur ou au port série par l'intermédiaire du drive MAX232.

1) description des broches :

Le SPM2 utilise la liaison série « full dupl » avec une vitesse de 600 a 115200 bps.

Les signaux de contrôle sont fournis par la configuration du modem et d'écoulement.

Le tableau suivant donne les signaux d'interface au SPM2 :

1-3	RF GND	La masse	.....	La masse radio
4	RF	Signal radio Fréquence	Entrée /sortie	Sortie antenne
5	RX select	Sélectionne-la réception	Entrée ou sortie	Permet une sélection manuelle de l'état de réception
6	TX select	Sélectionne-la l'émission	Entrée ou sortie	Permet une sélection manuelle de l'état de d'émission

7	TXD/AF	Sélectionné l'émission	Entrée ou sortie	Permet d'avoir accès aux données tranceiver
8	D3	Emis des donnée ou démodule le signal d'entrée	.....	Données internes au module
9	D2	Ligne de donnée de SPM2	.....	Données internes au module
10	SIGNAL	Le préambule de signal	Sortie	Signal de détection de préambule
11	RST		.....	Entrée reset de module
12	RSA		.....	Signal de contrôle d'acknowledg
13	RXR		Sortie	Signal de contrôle « valide data packet »
14	RESET		Entrée	Entrée RESET du module FRPC
15	SETEUP		Entrée	Permet de configurer certains paramètres du module
16	WAKE/DTR		Entrée	Permet

				d'activer/ de désactiver le mode power-down
17	TXD		Entrée	Entrée TX
18	RXD		sortir	Sortie RX
19	CTS		Sortie	Permet la gestion du flux des données
20	DEF AULT		Entrée	Forcer la communication matérielle du module du mode a 9600bps
21	Vcc	L'alimentation	Entrée	Entrée d'alimentation (+5V)
6-22	GND	La masse	.....	Masse d'alimentation (reliée en interne à la masse RF)

Tableau 3 .2 : indication des pines de SPM2

3.6.5. La structure interne du SPM2 :

Le module SPM2 associe a un microcontrôleur qui s'occupe de la gestion de toute la « couche » logicielle de protocole radio. Son interfaçage avec un microcontrôleur ou un PC peut se faire en mode 3fils (TX/RX/MASSE) sans gestion de flux de donnée (dans

ce cas, il conviendra de respecter des pauses entre chaque émission sachant que le buffer interne du module est de 96 octets).

3.6.6. Réalisation de la liaison par modem (SPM2) :

La transmission de l'information par modem est une technique très utilisée dans le domaine de télécommunication, dans sa forme plus simple, le système est constitué de deux éléments.

- ❖ Le module d'émission qui émet la trame de donnée a travers une simple antenne après le codage et la modulation FM de l'information.
- ❖ Le module de réception qui reçoit l'information par antenne.

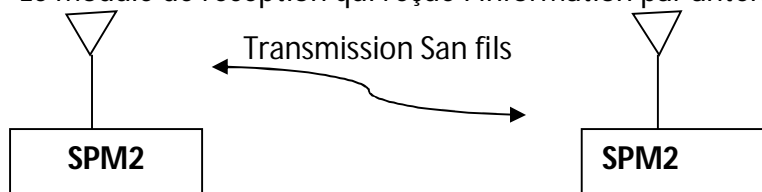


Figure3.12 : transmission par modem SPM2

3.7. MATLAB :

Matlab est un logiciel de calcul matriciel à syntaxe simple. Avec ses fonctions spécialisées, Matlab peut aussi être considéré comme un langage de programmation adapté pour les problèmes scientifiques. Il est largement utilisé par la communauté océanographique dans le monde. Vous pourrez trouver de larges 'boîtes à outils' de programmes océanographiques déjà écrits sur des sites WEB divers répertoriés au site de Wood Hole suivant:

Matlab fonctionne dans plusieurs environnements tels que Linux, Xwindows,

Windows, Macintosh [12].

3.8. La table d'essai :

L'aire de jeu est un plan rectangulaire, de 3000 mm par 2000 mm avec des bordures sur chaque côté, pouvant être composée de deux morceaux de 1500 mm par 2000 mm ou plus en fonction des menuisiers, et incliné de 10% vers le public pour

Eurobot Junior. Les références des couleurs sont indiquées en annexe [13].

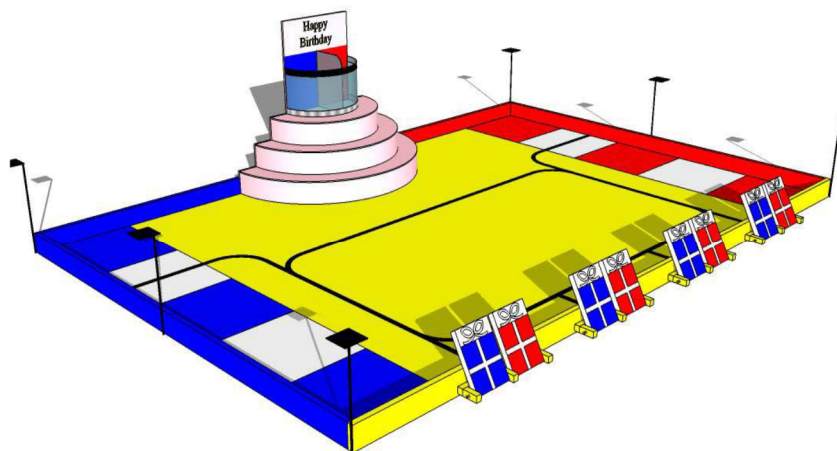


Figure3.12 : La table d'essai

3.8.1. La ligne noire :

Elle est mise à disposition des robots pour faciliter l'accès aux cadeaux, elle parcourt toute l'aire de jeu. Elle commence sur la seconde case en partant du fond de la table [13].

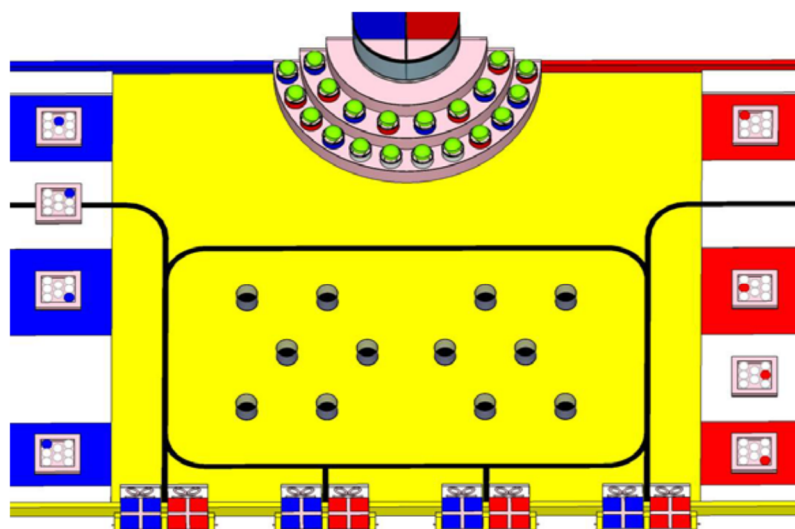


Figure3.13 : Position de la ligne noire sur l'aire de jeu

3.8.2 . Tracé de la ligne noire avec virage :

Les problèmes Le plus important étant la traversée d'un virage. Car nous ne pouvons pas faire des virages de même taille et de forme identique. voila une image qui représente un virage [13].



Figure 3.14 : Image représentant un virage

3.9. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié la partie théorique et mécanique e du robot mobile suiveur de ligne, ainsi a présenté les différents pièces utilisés avec leurs principes de fonctionnement ainsi que le rôle de chaque pièces pour un bon fonctionnement du robot mobile.

4.1 introduction :

Après l'étude théorique de chaque élément de notre projet, dans ce chapitre nous allons démontrer toutes les étapes de la réalisation de notre robot en commençant par la partie électronique contenant la carte des capteurs CNY, et la carte de puissance, et le branchement et la configuration de la carte « arduino » (partie contrôle). Et nous allons démontrer encore notre stratégie de programmation de chaque action faite par notre robot pour bien suivre la ligne noire se trouvant sur la table d'essais, et à la fin nous allons citer les tests et les résultats que nous l'avons fait sur la table d'essais.

4.2 .Partie électronique :

Cette partie est composée de 3 cartes principales :

- 1- carte des capteurs.
- 2- Carte de contrôle.
- 3- Carte de puissance.

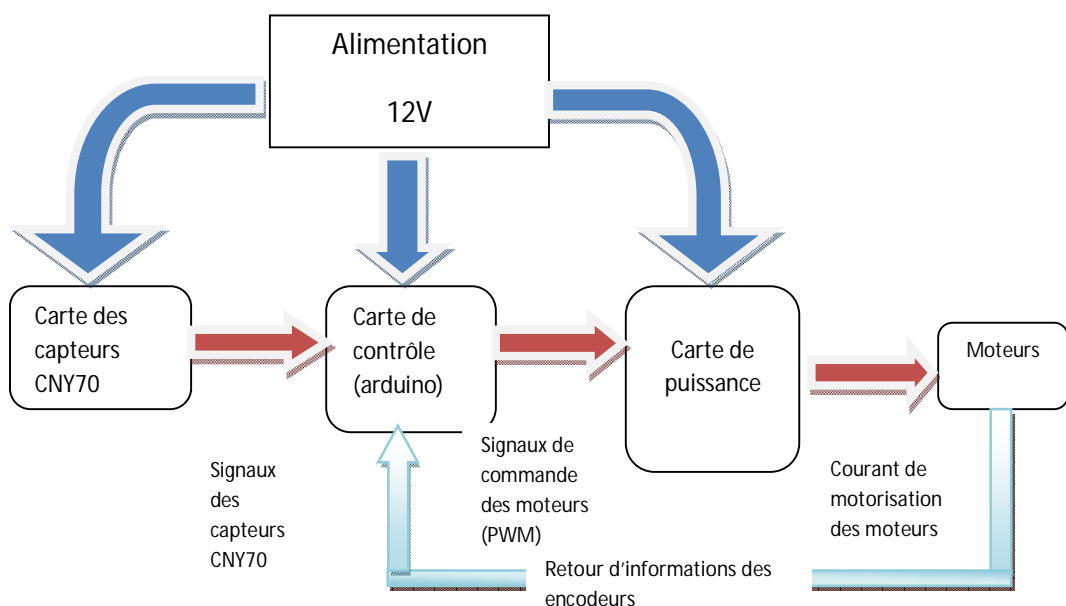


Figure4 .1 : schéma bloc de la partie électronique

4.2.1. Carte des capteurs CNY70 :

Pour bien suivre la ligne noire, le nombre et la disposition spatiale des capteurs CNY70 doivent être choisie de façon assurant la détection du maximum des formes éventuelles de la ligne noire que le robot peut les rencontrer durant son déplacement sur la table d'essais. A cet effet nous avons choisi 6 capteurs CNY disposés de la façon illustré dans la figure suivante :

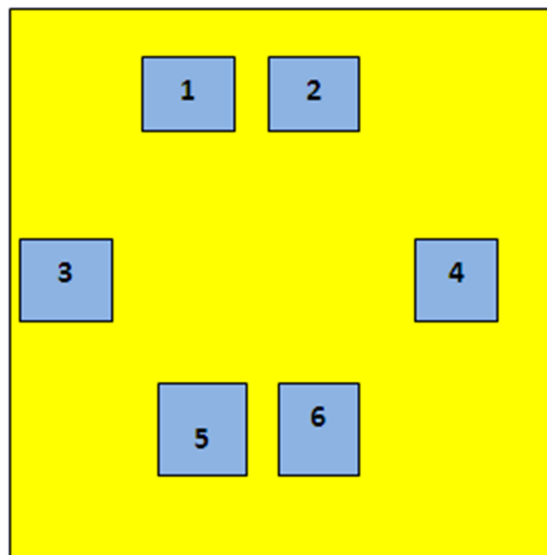


Figure4 .2: disposition des capteurs sur la carte

De cette disposition spatiale des capteurs CNY, on peut détecter et reconnaître la partie droite de la ligne noire, un virage à gauche, un virage à droite, une dérivation à gauche et une dérivation à droite.

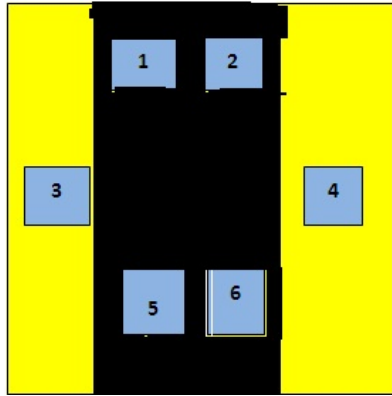


Figure4. 3:la partie droite de la ligne noire

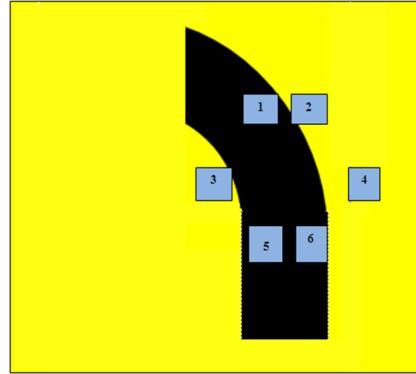


Figure4. 4:un virage à gauche

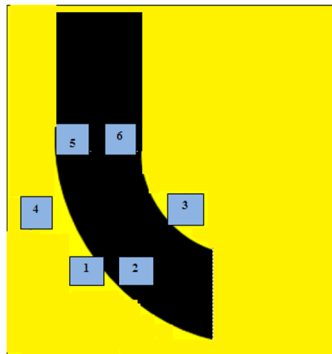


Figure4. 5:un virage à droite

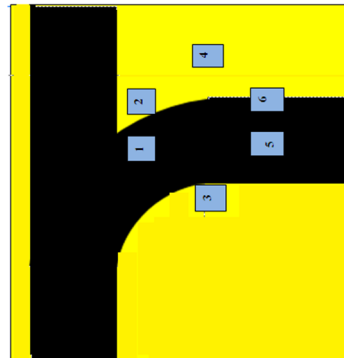


Figure4.6 : une dérivation à droite

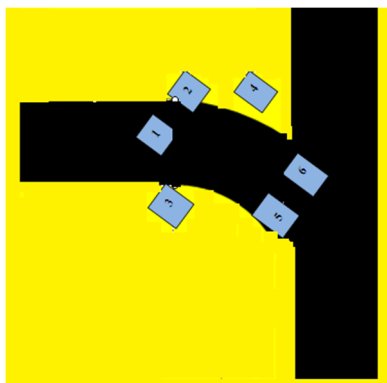


Figure4.7 : une dérivation à gauche

Après avoir choisi ce nombre de capteur avec cette disposition spatiale, on passe maintenant à la réalisation pratique de la carte des capteurs.

Cette carte doit contenir une partie assurant une alimentation stable de 5V, nous avons utilisé un régulateur de 5v (7805 : régulateur de tension positive avec une sortie stable de 5V), des condensateurs de filtrage, des résistances de limitation de courant, des connecteurs, et les capteurs CNY70.

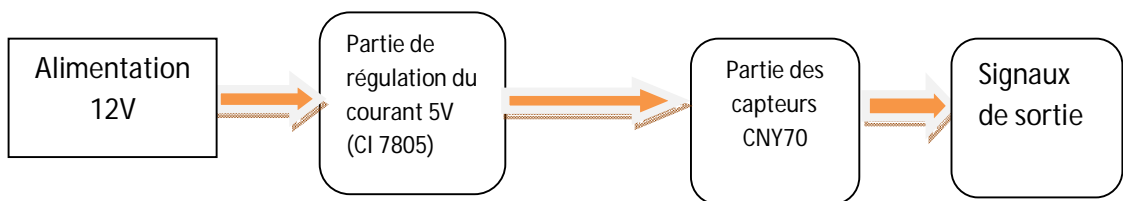


Figure4.8: Schéma bloc de la carte des capteurs.

Nous avons établi le schéma développé par le logiciel PROTEUS (isis).

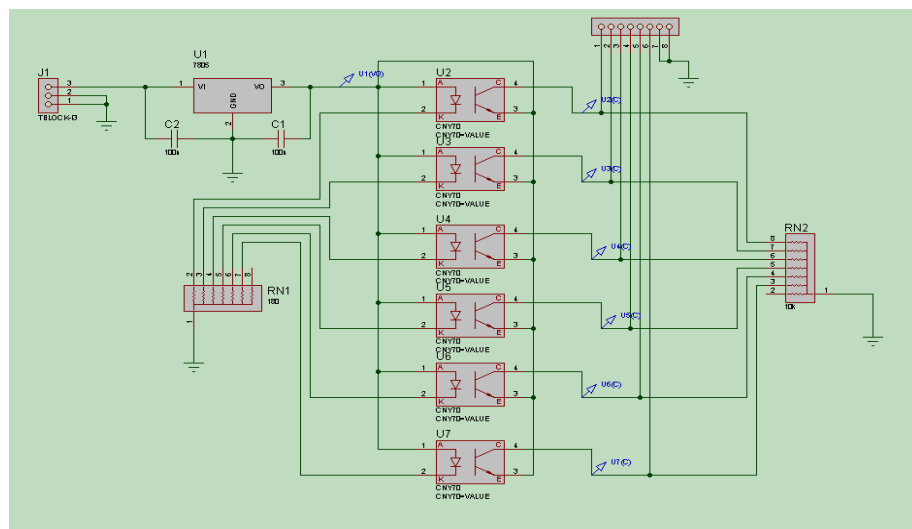


Figure4.9 : schéma développé de carte de capteur.

Après le bon fonctionnement de la simulation de ce schémas, nous avons passé à établir le schéma du circuit imprimé de la carte des capteurs, et cela en utilisant le logiciel « Proteus ARRES ».

La figure suivante représente le schéma du circuit imprimé sous ARRES.

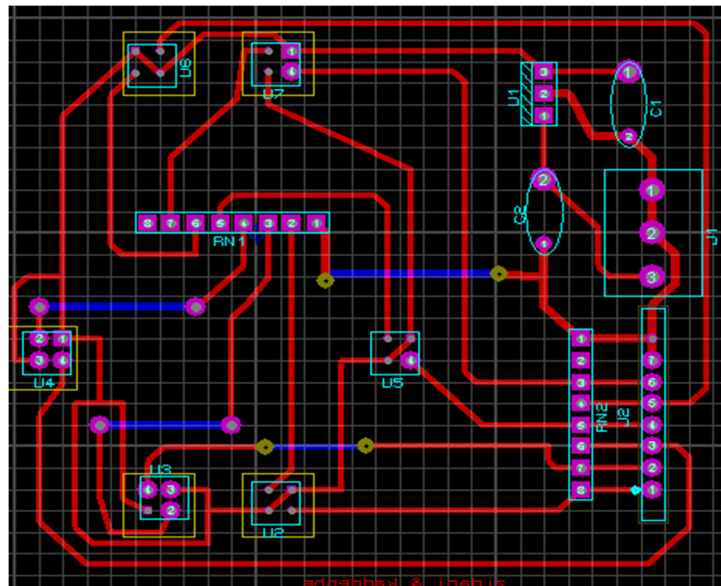


Figure4.10 : schéma de circuit imprimé de carte des capteurs.

Après avoir développé, monté et soudé les composants électroniques de la carte des capteurs, nous avons obtenu la carte vue dans la figure suivante :

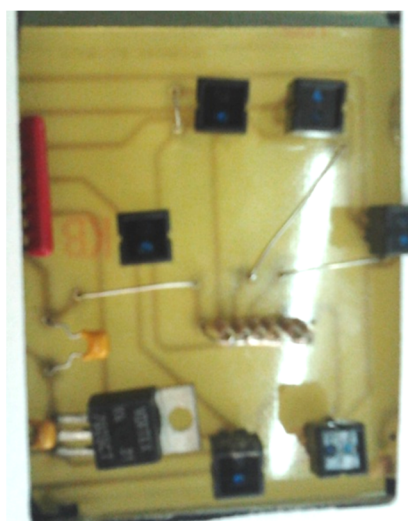


Figure 4.11 : la carte finale des capteurs.

Donc, la carte des capteurs délivre 6 signaux analogiques, leurs amplitudes correspondent à deux niveaux de couleurs (**noire** et **jaune**), ces signaux sont reçus et traités par l'étage suivant, c'est l'étage de la carte de contrôle.

4.2.2. Carte de contrôle :

Dans cet étage de contrôle, nous avons utilisé la carte arduino, cette carte reçoit deux types de signaux :

- 1- **Signaux analogiques** : délivrés par la carte des capteurs, ces signaux vont être subis à une binarisation selon un niveau seuil. Ce dernier est choisi pour bien différencier les deux couleurs (jaune et noire). Ces signaux attaquent les 6 entrées analogiques de la carte arduino (A0 à A5).
- 2- **Signaux numériques** : délivrés par les deux encodeurs des moteurs. Ces derniers attaquent les deux entrées d'interruption de la carte arduino (int0 = pin2, int1 = pin3).

Selon un programme stocké dans cette carte, elle traite ces signaux et délivre des commandes à la carte de puissance.

Les commandes délivrées sont sous forme des « impulsions à largeur modulée » (PWM : Pulse width Modulated). Nous avons utilisé comme sortie des PWM les pin7 et pin8.

Cette carte est alimentée directement par la batterie 12V.

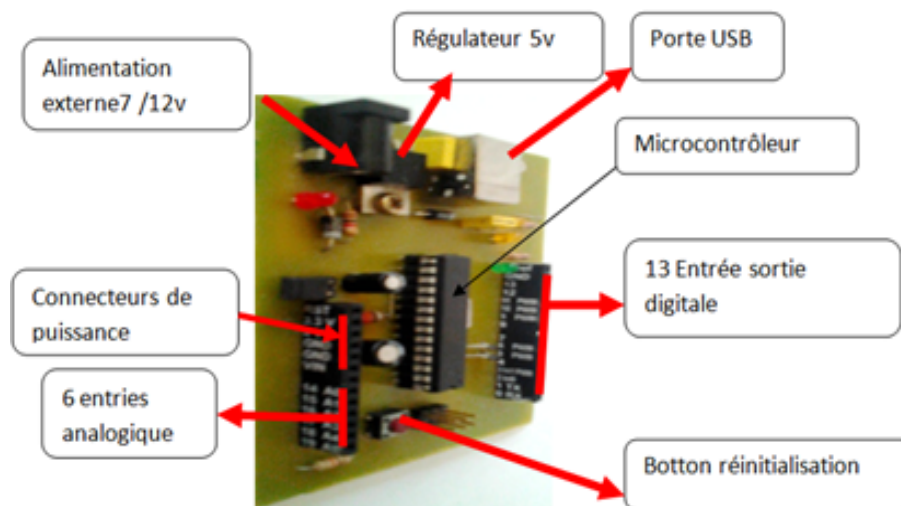


Figure 2.12 : schéma représente les composants de la carte arduiouno

4.2.3. Carte de puissance :

Pour notre projet nous avons utilisé le circuit intégré L298.

La carte de puissance est constituée du circuit intégré L298; Il s'agit d'un double Pont en H pouvant supporter 2A maximum par moteur et jusqu'à une tension de 46V, qui contrôle la puissance dans les moteurs pas à pas, à courant continu, dans les bobines etc.....,

La puissance obtenue peut ainsi atteindre environ 200W, ce qui permet l'alimentation des moteurs puissants présentant des résistances de bobinage faibles. Il est donc conseillé dans notre cas, de fixer le circuit sur un dissipateur thermique de dimension adapté.

Le circuit intégré L298 (**figure 4.13.**) contient deux étages de puissance configurés en pont, chacun commandé par deux entrées logiques (A, B et C, D) ainsi que deux entrées de validation (ENA et ENB).

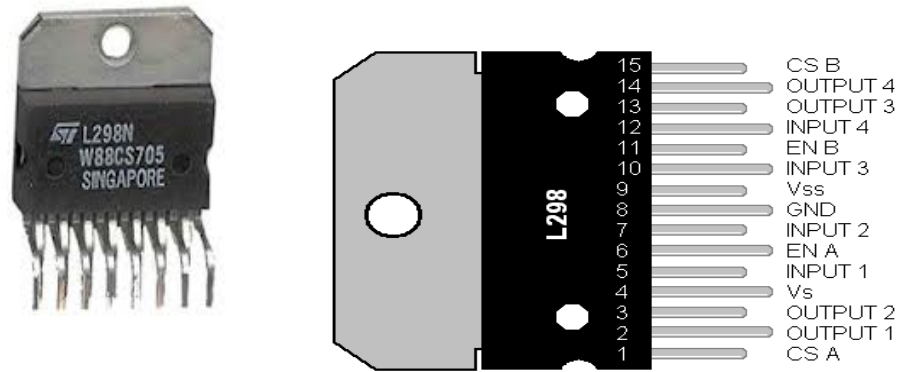


Figure 4.13: Circuit intégré L298

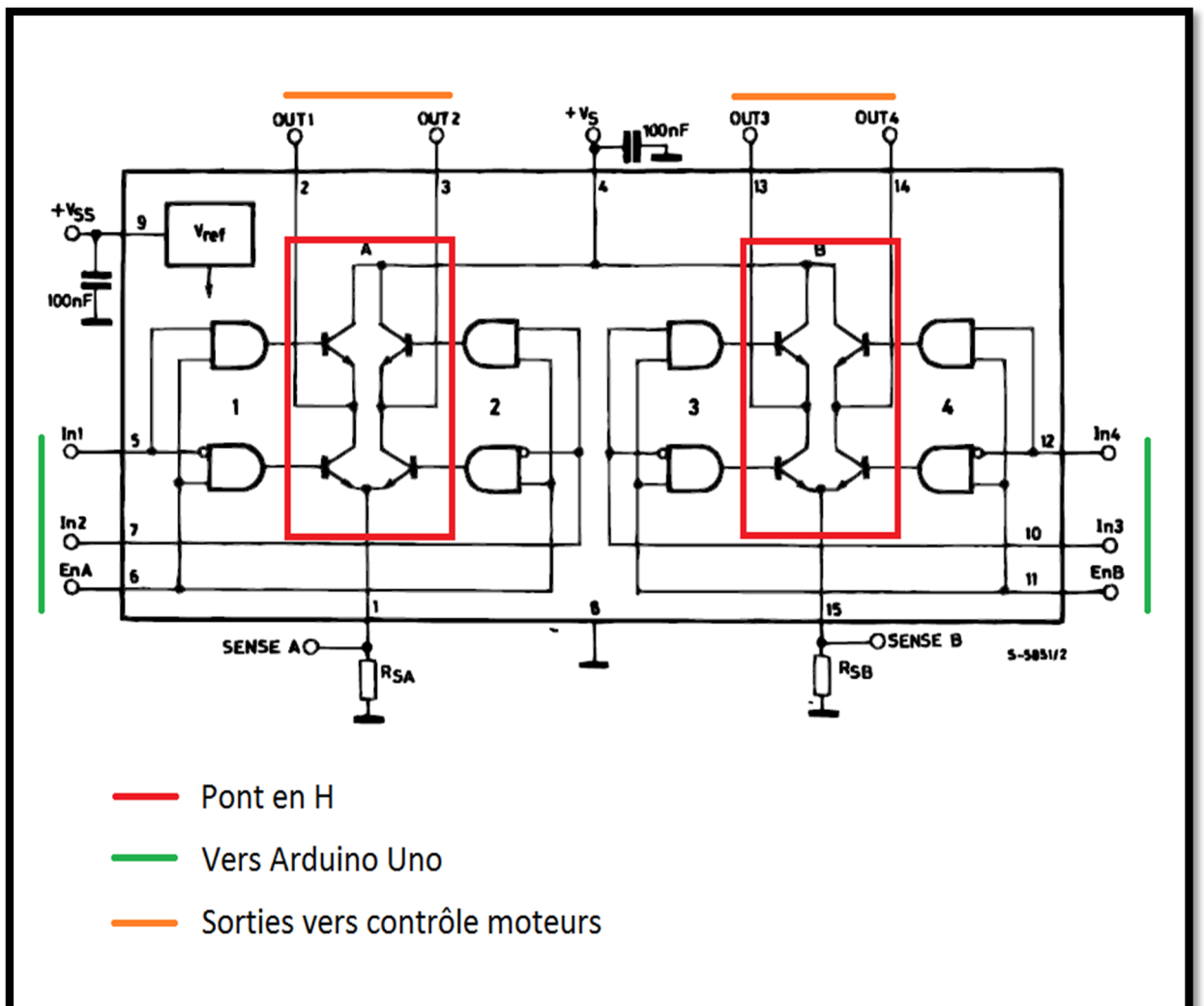


Figure 4.14: schémas interne du circuit L298

A partir des informations données dans le datasheet du circuit L298 nous avons réalisé le circuit de puissance représenté par la figure suivante :

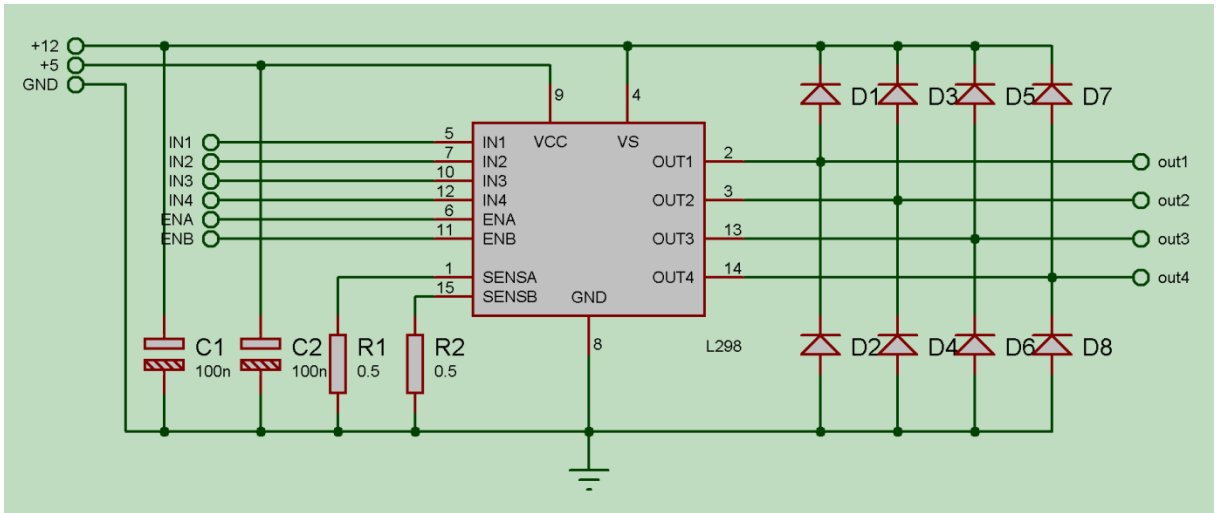


Figure 4.15: Schémas développé de la carte de puissance avec le circuit L298

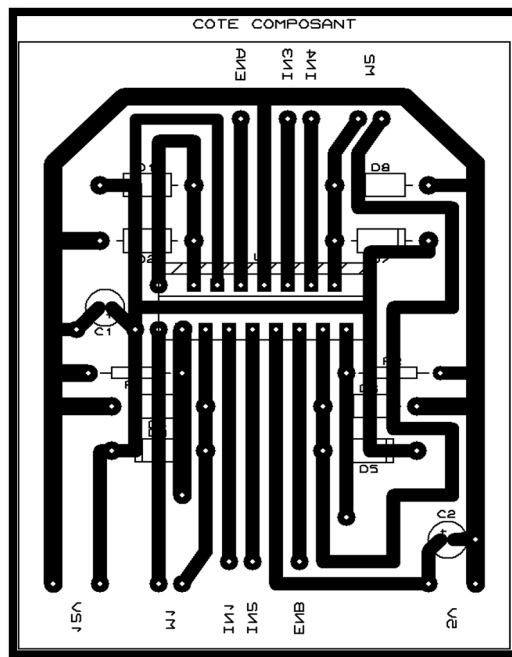


Figure 4.16 : Le circuit imprimé de la carte puissance

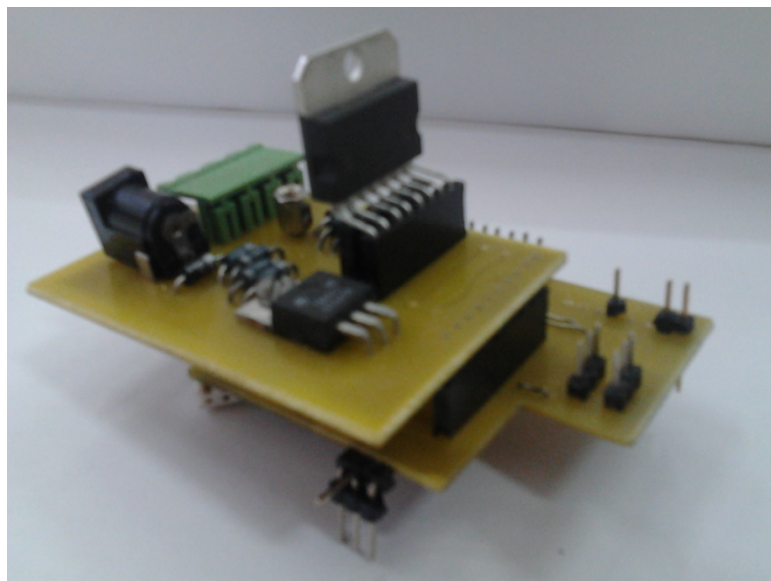


Figure 4 .17 : La carte de puissance

La carte de puissance est composée d'un pont en H, ce dernier est constitué de quatre transistors qui travaillent comme les interrupteurs et permettent d'obtenir quatre états selon la façon dont ils sont commandés.

➤ **Variation de vitesse (PWM) :**

Quand on veut faire varier la vitesse d'un moteur CC, la première idée qui vient à l'esprit est de faire varier la tension à la borne du moteur.

. Vous constatez que pour des valeurs faibles de la tension, le moteur ne tourne pas. Lorsque la tension est trop basse, la force électromotrice ne peut pas vaincre les frottements et le rotor reste fixe. On ne peut donc pas faire tourner un moteur très lentement avec cette méthode.

Pour corriger ce problème, on utilise des signaux PWM. Un signal PWM est un signal dont la période est fixe, mais le rapport cyclique varie. En d'autres termes, t_1 et t_2 varient tout en conservant $t_1+t_2=T=\text{constante}$. Figure4 .18

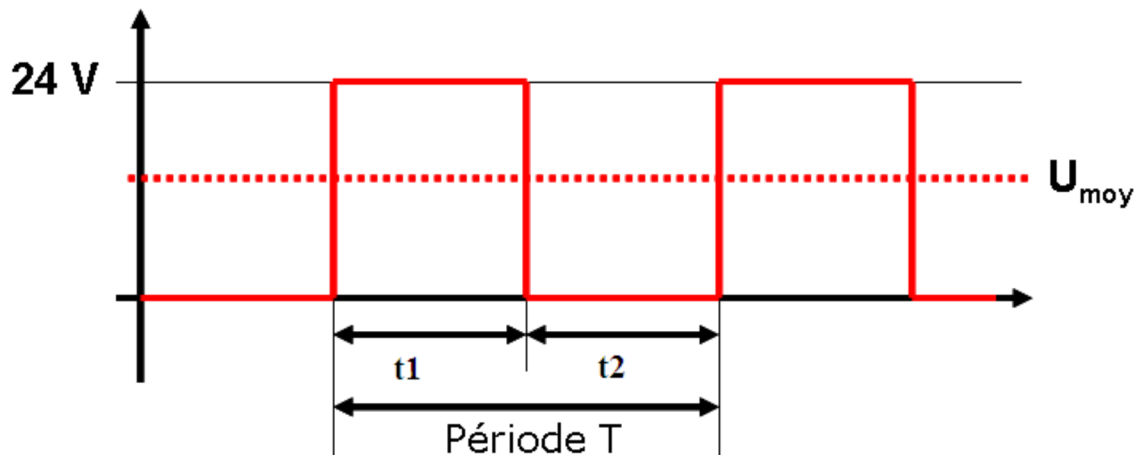


Figure. 4.18: Signal PWM

On peut définir: t_1 : temps d'enclenchement.

t_2 : temps de déclenchement

La tension appliquée au moteur pendant t_1 est V_{cc} . Celle-ci est suffisante pour vaincre les frottements et faire tourner le moteur. Mais la tension moyenne appliquée au moteur est proportionnelle au rapport cyclique :

Donc avec cette méthode on peut faire tourner un moteur très lentement.

4.2.4. Le moteur :

Pour la motorisation de notre robot, nous avons utilisé le moteur EMG30. L'EGM30 (encodeur, moteur, réducteur 30 : 1) est un moteur 12v entièrement équipé des encodeurs et d'un réducteur de 30:1. Il est idéal pour de petites ou moyennes applications robotiques, fournissant à l'utilisateur une bonne force de motorisation et une commande par retour de l'information. Il inclut également un condensateur standard de suppression de bruit à travers les enroulements du moteur.



Figure4.19:le moteur EMG30.

Ce moteur possède 6 fils avec un connecteur JST 6 voies, les connections sont :

Couleur du fil	Connections
Violet	Sortie du capteur à effet Hall (B).
Bleu	Sortie du capteur à effet Hall (A).
Vert	La masse des capteurs à effet Hall.
Marron	Vcc capteur à effet Hall
Rouge	+Vcc moteur.
Noire	-Vcc moteur.

Tableau 4.1 : repérage des broches du moteur EMG30.

Les caractéristiques de ce type de moteur sont :

- Tension nominale d'alimentation : 12V
- Couple nominal : 1.5kg/cm
- Vitesse nominale : 170rpm
- Courant nominal : 530mA
- I_{max} : 2.5 A.
- Puissance de sortie : 4.22W
- Résolution : 360 impulsions/tour.

Donc on connecte les broches +Vcc et -Vcc des deux moteurs aux sorties de la carte de puissance, et les broches des capteurs à effet Hall (sortie des encodeurs) à la carte de commande Arduino.

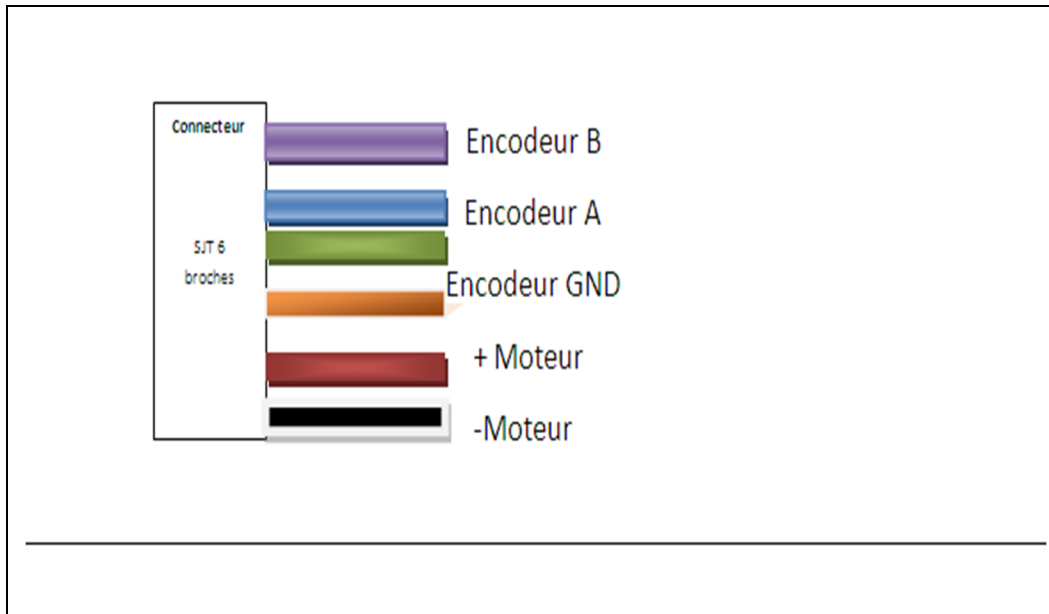


Figure 4.20: Brochage du connecteur EMG30.

4.3. Partie programmation :

4.3.1. Partie arduino :

Notre approche de programmation consiste à :

- développer un programme en langage « arduino », cette dernière traite les signaux reçus par les entrées analogique en les binarisant suivant un seuil bien choisi. Il génère une série binaire représentant l'état des capteurs CNY70 par rapport à son emplacement dans la table d'essais (couleur noire = 0, couleur jaune = 1). La série binaire représente la partie détectée par la carte des capteurs de la ligne noire (soit : partie droite, virage, dérivation ...etc.), et à partir de cette série binaire le programme génère une configuration des signaux de commande des moteurs (PWM) adéquats à l'état de son emplacement.

Quand les moteurs commencent à tourner, leurs encodeurs envoient des impulsions aux entrées d'interruption de la carte de commande, le programme lit ces impulsions et les incrémente au fur et à mesure de son exécution, donc à chaque fin de cycle

d'exécution il écrit le nombre des impulsions comptés (ce nombre représente le déplacement du robot suivant la ligne noire dans la table d'essais) de chaque encodeur dans le port série de la carte arduino.

➤ **Présentation de l'Espace de développement Intégré (EDI) Arduino :**

Cet espace de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino comporte :

- ✓ **Une barre de menu :** interface graphique.
- ✓ **Une barre de boutons :** direct aux fonctions essentielles du logiciel.
- ✓ **Un éditeur :** pour écrire le code.
- ✓ **Une zone de messages :** qui indique l'état des actions en cours.
- ✓ **Une console de texte :** qui permet affiche le résultat de la compilation du programme.
- ✓ **Un terminal série :** permet d'afficher des messages textes reçus de la carte Arduino.

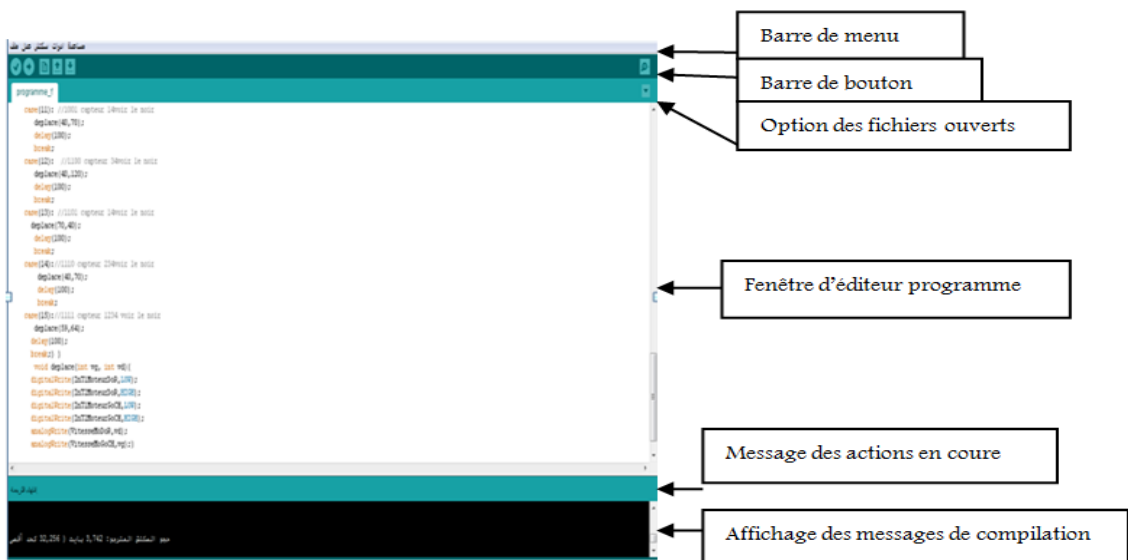
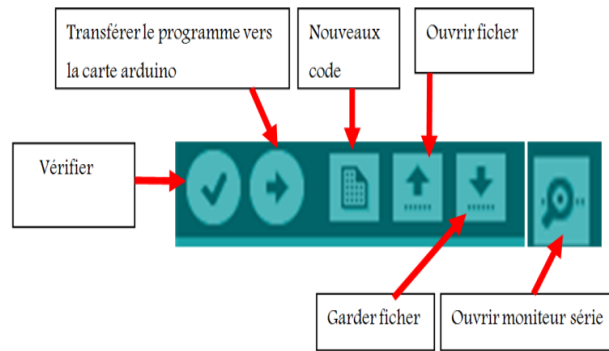


Figure4.21 :présentation des éléments de l'ARDUINO software



Figur3.22 : fonctionnementles éléments de barre de bouton

```

Editor - D:\PEE_amine\Matlab_programm\MAIN.m
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
- 1.0 + + 1.1 x
1 - clear; clc;close all;
2
3 % Creation de l'interface graphique;
4 %1. Figure:
5
6 figure_principale = figure;
7 set(figure_principale,'Name','Principal View' ...
8     , 'MenuBar','no' ...
9     , 'Color',[0.5 0.6 1]...
10    , 'Units','pixels' ...
11    , 'Position',[70 40 1200 700] ...
12    , 'NumberTitle','off');
13
14 %2. Axe
15
16 axe_principale = axes;
17 set(axe_principale ...
18     , 'Units','pixels' ...
19     , 'Position',[400 280 1000 400]);
20 table = (imread('D:\Table.bmp'));
21 robot = (imread('D:\robot.bmp'));
22 x_robot = size(robot,1);
23 y_robot = size(robot,2);
24
25 x_table = size(table,1);
26 y_table = size(table,2);
27
28
29
30
31
32 % % 3. Creation des bouton pousseires

```

Figure4.23 : présentation des éléments de MATLAB software

➤ Organigramme de programme arduino:

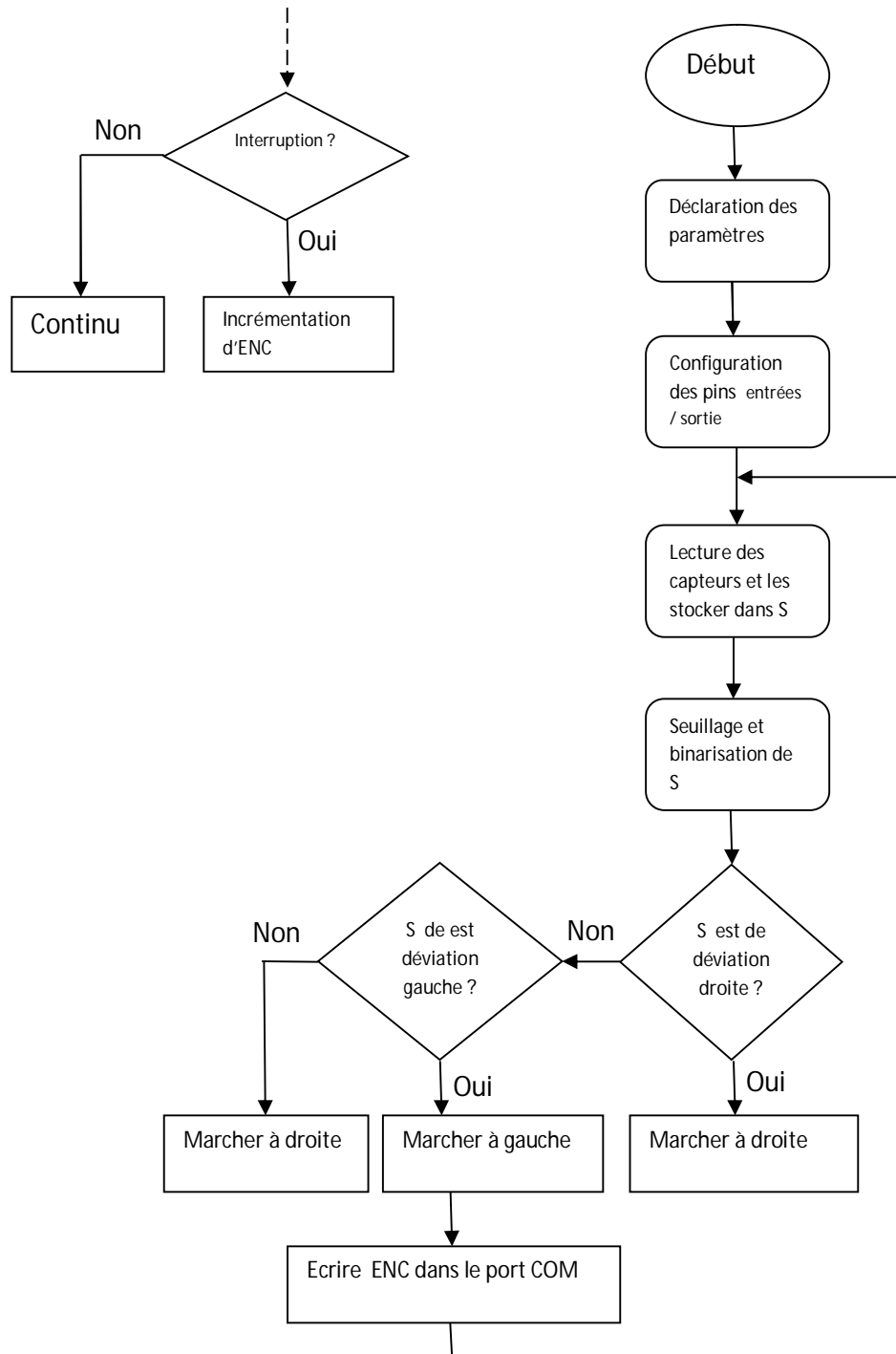


Figure4.24 :l'organigramme du programme arduino.

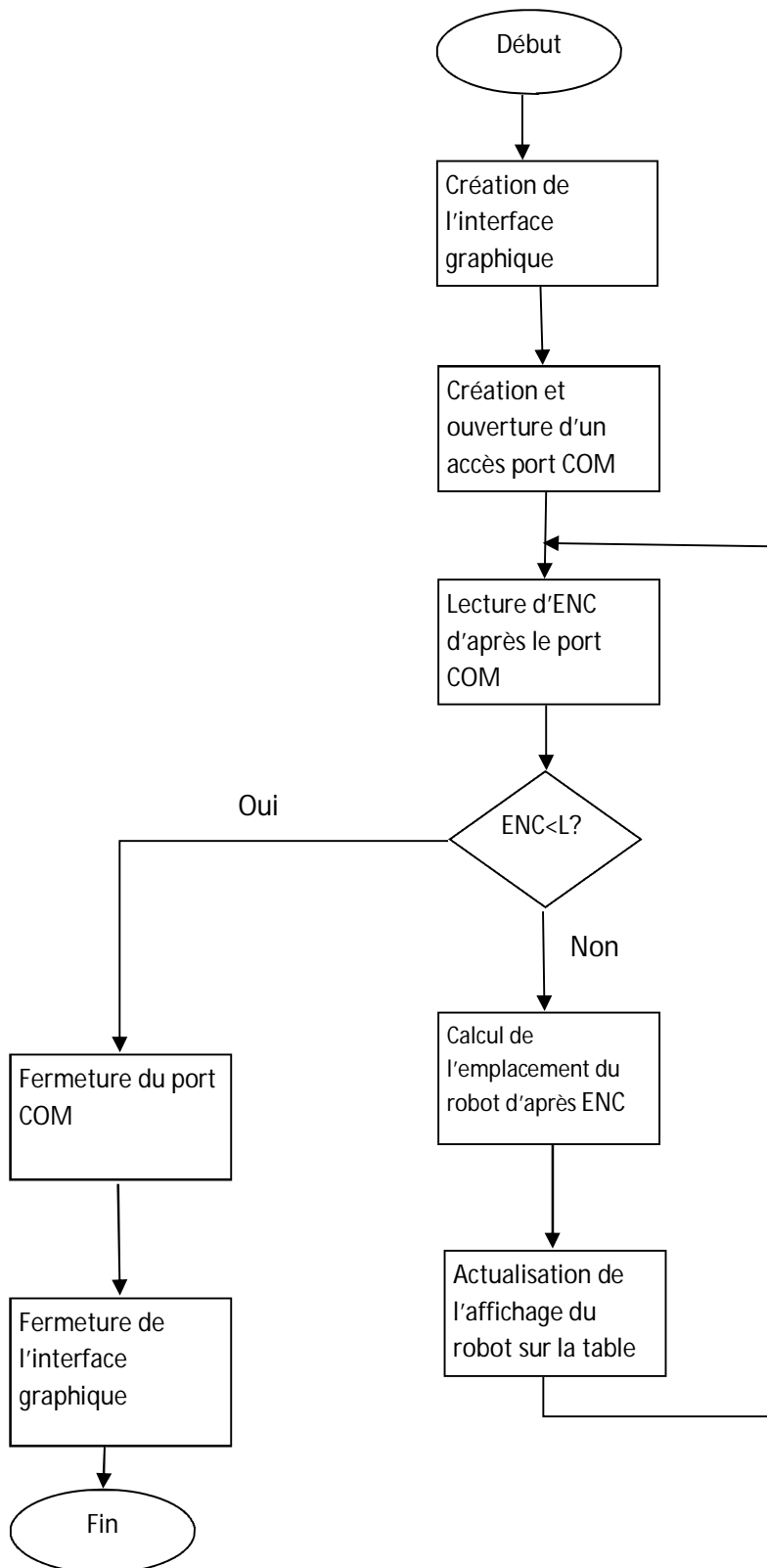
4.3.2. Interface graphique :

Nous avons développé un programme dans MATLAB capable de :

- Créer une interface graphique contenant le schéma de la table d'essais et le schéma du robot.
- Créer un accès au port série reliant la carte arduino au PC.
- lire les valeurs des deux encodeurs envoyées par le programme arduino à partir du port série.
- évaluer l'emplacement physique du robot en fonction des valeurs des encodeurs.
- faire une simulation du déplacement du robot sur la table d'essais en faisant placer à chaque lecture du port le schéma du robot sur le schéma de la table d'essais dans l'interface graphique.

L'interface graphique est développée par le logiciel MATLAB.

➤ Organigramme de programme matlab:



L : la longueur complète de la trajectoire du robot sur la table.

ENC : la distance parcourue par le robot (prélevé d'après les encodeurs).

Figure4.25 : l'organigramme du programme MATLAB.

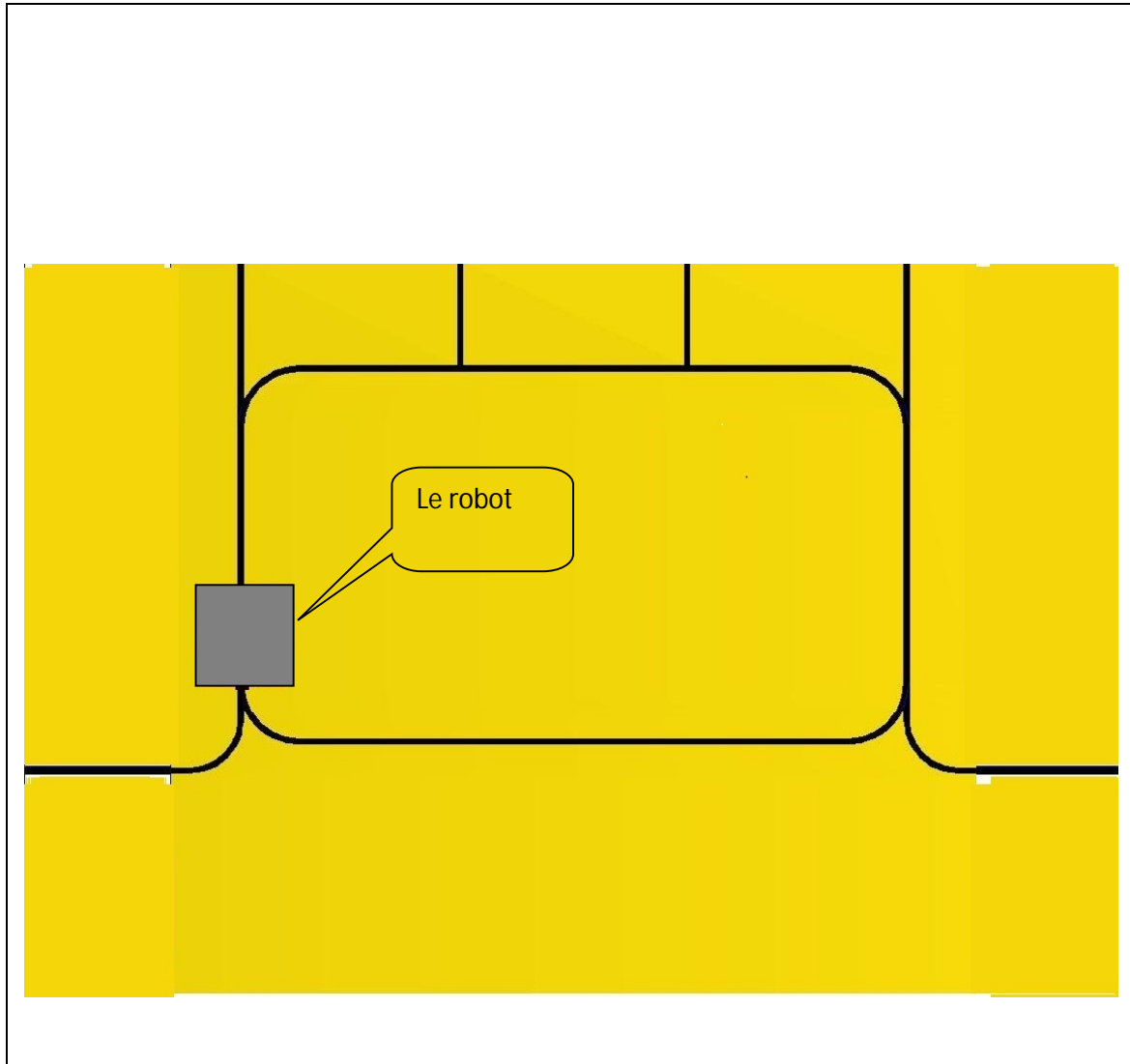


Figure 4.26:l'interface graphique.

4.3. 3. Tests :

Après avoir fini les deux programmes Arduino et Matlab, et chargé le programme Arduino dans la carte de commande, nous avons mis notre robot sur la table d'essais. Lorsqu'il détecte la ligne noire il commence directement à se déplacer en suivant la ligne, les figures suivant illustrent les différentes étapes de déplacement du robot sur la table d'essais :

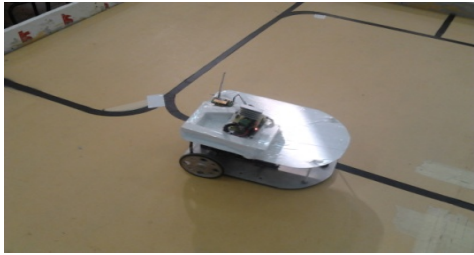


Figure4.27 :le robot dans sa position initiale.

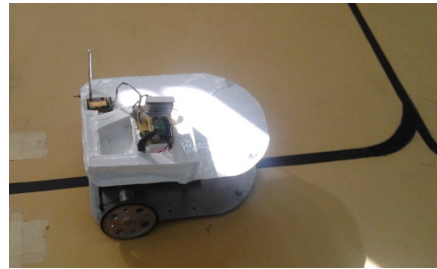


Figure4.28 :le robot après un suivi réussi de la partie droite de la ligne noire et juste avant un virage à gauche.

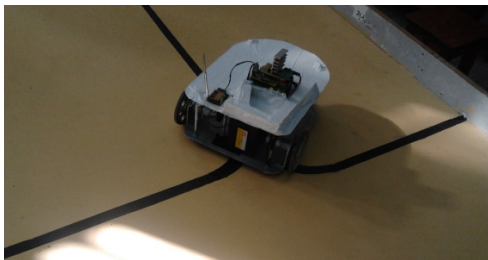


Figure 4.29 :le robot a détecté le virage et il est en train de le suivre.

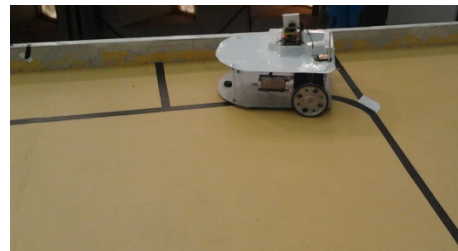


Figure 4.30 :le robot a réussi le deuxième virage.



Figure4.31:le robot est en train de suivre la partie droite.



Figure 4.32 :le robot a détecté le troisième virage et il le suit.

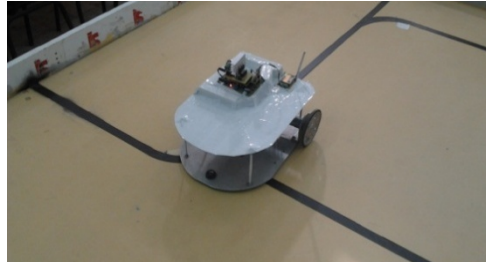


Figure4.33:le robot à complété un tour avec succès.

les figures suivant illustrent les différentes étapes de déplacement du robot sur la table d'essais durant l'affichage sur le pc :

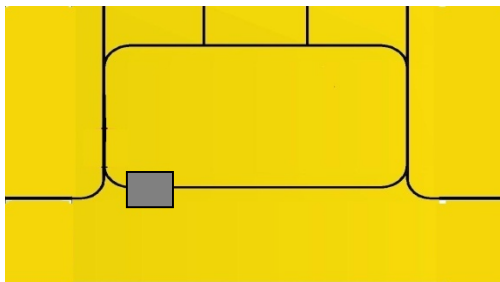


Figure4.34 : robot en position initial sur la table d'essais

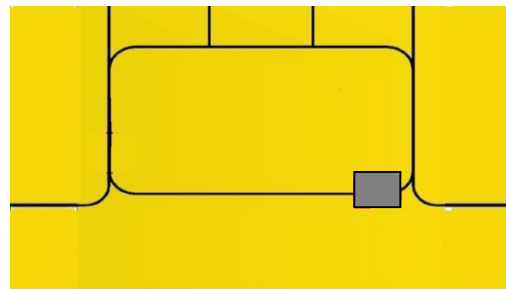


Figure4.35: robot en face d'un virage sur la table d'essais

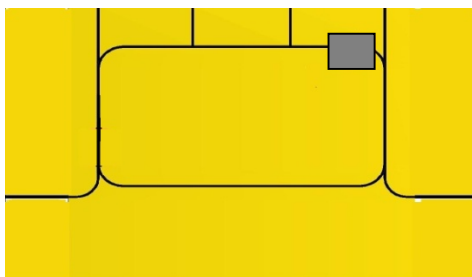


Figure4.36 : robot en face de deuxième virage sur la table d'essais

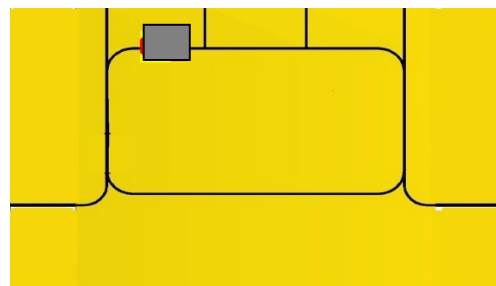


Figure4.37: robot en face de troisième virage sur la table d'essais

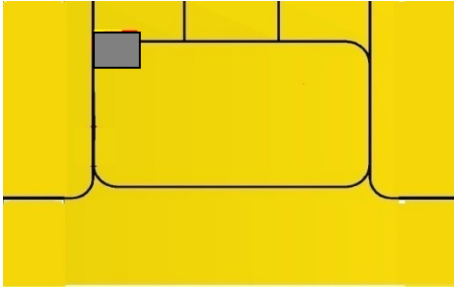


Figure4.38: robot en position finale sur la table d'essais

4.4. Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons décrit toutes les étapes pour réaliser notre robot, en commençant par les parties « hard » : mécanique et électronique jusqu'à la partie « soft » : programmation Arduino, Matlab et l'interface graphique.

Nous avons mis le robot sur la table d'essais afin de tester le bon fonctionnement, et pour plusieurs fois il a réussi de suivre avec une très bonne précision la ligne noire, et ça est due au bon choix de la disposition spatiale des capteurs CNY70 qui a couvert toutes les configurations possibles du robot par rapport aux différentes formes éventuelles de la ligne noire pouvant être rencontrées au cours de son déplacement sur la table d'essais en suivant cette ligne.

En fin, nous avons illustré des figures obtenues d'après l'interface graphique montrant la simulation du déplacement du robot sur la table d'essais durant l'affichage sur le pc.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Nous avons été intéressés dans ce projet seulement par le robot mobile suiveur de ligne, qui a une très importante application dans l'industrie ou dans l'exploration des zones inaccessible par l'homme.

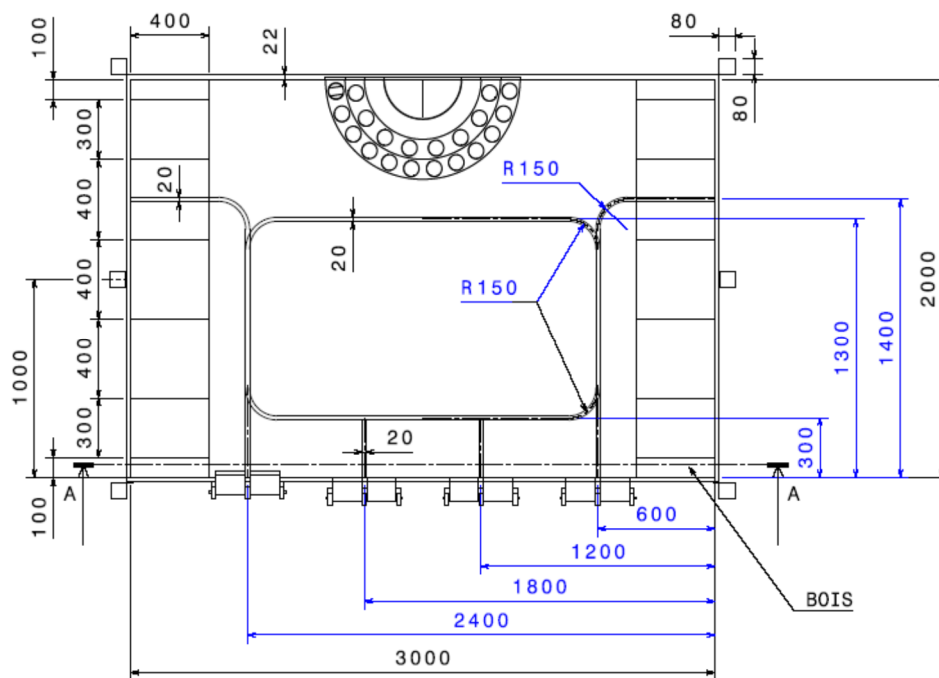
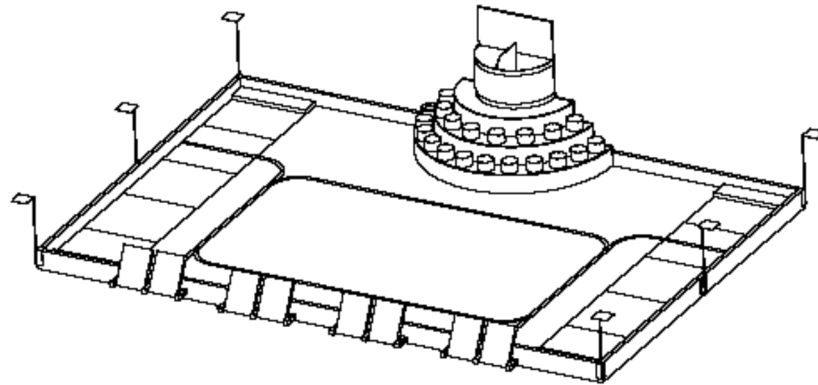
L'une des importantes missions du robot suiveur de ligne dans l'industrie est le transport des articles d'un endroit à un autre, tout en suivant un chemin bien défini par l'utilisateur, dans la plus part des cas, ce chemin est représenté par un câble électrique enterré sous la plateforme, ce dernier est parcouru par un courant électrique et il génère un champ électromagnétique, le robot détecte ce champ et le suit.

Cette application est couteuse et difficile à mettre en œuvre à cause des travaux d'enterrement et l'utilisation d'un câble électrique, et il est encore difficile à entretenir ou de modifier la trajectoire.

Dans notre projet, nous avons démontré une méthode moins couteuse, facile à mettre en œuvre, et présente une bonne flexibilité aux modifications.

Il suffit de peindre une trajectoire foncée sur un sol clair, et le robot commence à fonctionner.

ANNEXE A: (CAHIER DES CHARGES)



Annexe B: L298

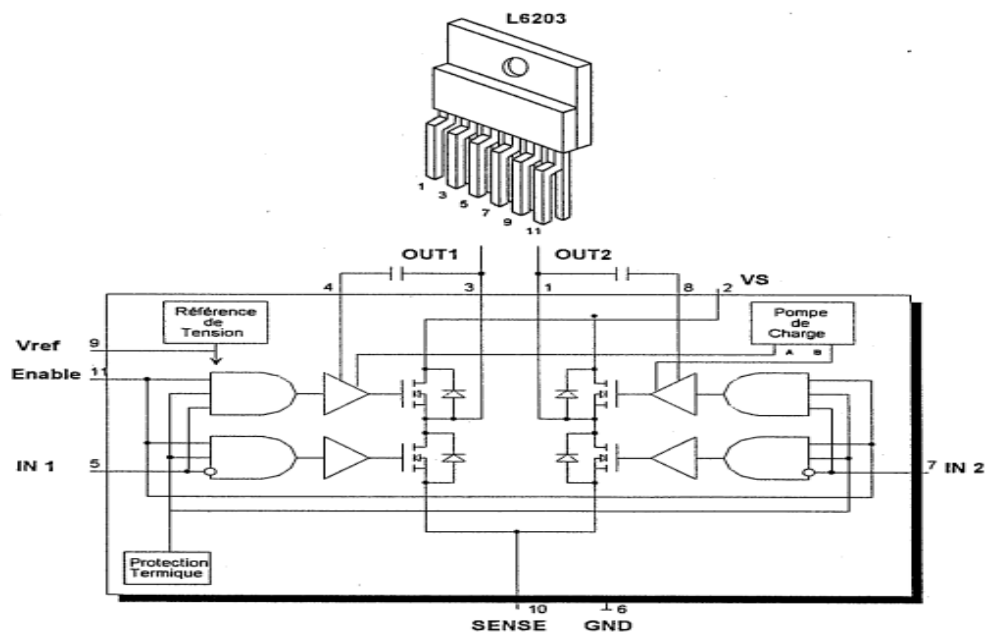
Description :

Les signaux logiques issus des asservissements, générés soit par le HCTL 1100 soit par le SCC68070, ne sont pas capable d'alimenter directement les moteurs. Il est nécessaire de les amplifier et de leur donner des caractéristiques permettant le branchement d'un moteur. Pour réaliser cet adaptation de signal, le circuit L6203 de SGS THOMSON est utilisé.

Fonctionnalités :

- Tension d'alimentation jusqu'à 48V.
- Courant de sortie jusqu'à 4A (5A en pointe).
- Protection thermique.
- Fréquence de commande jusqu'à 100 KHz.
- Sortie de mesure de courant
- Boîtier 11 pattes Multiwatt

Présentation matérielle



Bibliographie

- [1] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Robot#>
- [2] : A. Oualid DJEKOUNE, Localisation Et Guidage Du Robot Mobile Atrv2 Dans Un Environnement Naturel, Thèse Présentée pour l'obtention du grade de DOCTORAT En: ELECTRONIQUE Spécialité: Contrôle de Processus et Robotique, UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE, N° d'ordre : 06/2010-D/EL
- [3] : <http://www.cmontmorency.qc.ca>
- [4] : <http://www.arduino.cc/>
- [5] : <http://fr.%20Wikip%C3%A9dia.htm>
- [6] : Omar AÏT-AIDER, Localisation référencée modèle d'un robot mobile d'intérieur, THESE l'obtention du DOCTORAT, UNIVERSITE D'EVRY, Décembre 2002
- [7] : SID Abderrahmane, KECHOUANE Yakhlef, Développement d'une stratégie de navigation d'un robot mobile dans un environnement dynamique, Mémoire de Projet de Fin d'Études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Électronique option contrôle, univesité saad dahleb de blida, 2011 /2012
- [8] : <http://uop.who.edu/whit/mug.html>
- [9] : SIOUANI Abd el halim , CONTRÔLE DE LA TRAJECTOIRE D'UN ROBOT MOBILE AVEC WEBCAM ET PC EMBARQUE EN UTILISANT LA METHODE DES K-MEANS, MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER EN ELECTRONIQUE, UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA, 2010/2011
- [6] : G. Giralt, R. Chatila et M. Vaisset. An Integrated Navigation and Motion Control System for Autonomous Multisensory Mobile Robots. In First International Symposium on Robotics Research, Cambridge, 1984.

[10]: <http://www.arduino.cc/>

[11] :morsali benyoucef , yahiaoui nabil , affichage des coordonnées d'un robot mobile en utilisant deux modems SPM2 , mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électronique,université Saad dahleb de blida,2007 /2008

[12] : <http://uop.who.edu/whit/mug.html>

[13]: règlement 2013: 20 eme édition de la coupe de France de robotique eurobot; site
Web: <http://www.eurobot.org/>
