

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 دحلبايليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

M'BARKI Amina

Pour l'obtention du diplôme de Master II en Électronique option signaux en ingénierie des systèmes et informatique industrielles(SISII)

Thème

Conception et Réalisation D'un Robot mobile suivant une trajectoire commandé par une carte ArduinoUNO

Proposé par : M^{me} AZINE Houria

Encadré par : M^{me} SIGUERDJIDJENEZahia

Année Universitaire 2014-2015

Remerciements

Je remercie tout d'abord le bon dieu ALLAH notre créateur qui m'a guidé dans le chemin et de m'avoir donné la force et la patience pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement M^{me} AZINE Houria d'abord en tant que promotrice de ce mémoire ensuite pour m'avoir donné plus de confiance en moi, pour sa générosité et la grande patience dont elle a fait preuve tout le long de mon travail malgré ses nombreuses charges académiques et professionnelles.

C'est avec un grand plaisir que je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma chère encadrante près de L'institut « Khalil Zyat » : M^{me} SIGUERDJIDJENE Zahia, pour l'attention qu'elle a apportée à mon projet pour ces précieux conseils malgré ses nombreuses charges.

Je veux aussi, adresser mes remerciements à Dr MAAMRI au niveau (USTHB) pour leur aide et sa patience avec moi ,aux enseignants de l'institut « Khalil Zyat » : M^r MERAGA Moustapha & M^r ZERROUKI Kamel pour leurs aides à la réalisation, pour ces précieux conseils, pour leurs soutiens, appuis et encouragements.

Je tiens enfin, à exprimer l'honneur que me font les membres du jury pour avoir accepté de me prêter leurs attentions et évaluer mon travail.

Remerciements

Dédicaces

Je dédie ce travail, aussi modeste soit-il, à

La mémoire de mon défunt père

*Ma mère qui m'a tant chérie et tant donné mes frères
(Sid-Ali, Raouf, Walid, Tarek, Fayçal & Mohamed)*

Mes sœurs

(Souhila, Nadjet & Djamila)

Mes belles-sœurs

(Souhila, Assia, Fatima-zohra & Noura)

Mes nièces & neveux

*(Aya Hibat-Allah, Rihab, Douaa, Lyna, Yasmine, Zineb,
Alea, Khadidja, Islam, Nawfel, Ayhem Abd-elfetah, Abd-
Eldjalil)*

Ainsi qu'à tous les membres de ma famille

...

*J'en fais aussi dédicaces, au passage, à mes meilleures
amies*

(FERRAH Dalila & RAFAI Hanane)

M'BARKI Amina

ملخص:

العمل المبين في هذه المذكرة هو تصميم و انجاز روبوت متحرك يتبع مسار بصفة تلقائية , يتحكم فيه بواسطة دارة Arduino.

تحتوي دارة Arduino على المتحكم ATmega328 , يعالج المعلومات الاتية من الملتقطات CNY70 . المتحكم المعالج يستعمل هذه المعلومات للتحكم في المحركات , بهدف تتبع مسار معروف مسبقا يتم عرض وجهته على شاشة LCD.

كلمات المفاتيح: الروبوت؛ Arduino؛ الملتقطات؛ LCD

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire, est une conception et réalisation d'un **Robot** mobile qui suit d'une façon autonome une trajectoire guidé par une carte Arduino.

La carte **Arduino**, muni d'un microcontrôleur **ATmega328**, traite les informations acquise par les capteurs de référence **CNY70**, le microcontrôleur utilisent ces informations pour commander les moteurs. Dont le but de suivre la trajectoire définit au préalable, son sens est afficher sur l'afficheur **LCD**.

Mots-clés : Robot ; Arduino ; Capteurs ; LCD.

Abstract :

The work presented in this memory, is a design and development of a mobile robot that follows a trajectory autonomously guided by an Arduino Uno.

The Arduino board processes the information acquired by

the infrared sensor detects the trajectory and sends via

the ATmega328 microcontroller control the two motors to control the

trajectory and the LCD will display the path to follow in different cases possible.

Keywords: Arduino; robot; Sensors; LCD

Liste des abréviations

CD : Capteur Droit

CG : Capteur Gauche

MD : Moteur Droit

MG : Moteur Gauche

MLI : Modulation Large d'Impulsion

CAO : Conception Assisté par Ordinateur

Liste des Figures

Figure I.1 : Différents types d'actionneurs.....	4
Figure I.2 : Différents types des capteurs.....	5
Figure I.3 : Représentation d'un robot mobile.....	5
Figure I.4 : Robot mobile "Sojourner" et "Opportunity" utilisés pour les missions Pathfinder et Viking de la NASA	7
Figure I.5 : La Relation entre le Robot, la Tâche et l'environnement.....	7
Figure I.6 : Robot de type Unicycle.....	8
Figure I.7 : Robot de type tricycle.....	9
Figure I.8 : Robot de type voiture.....	9
Figure I.9 : Robot de type Omnidirectionnel.....	10
Figure I.10 : Schéma Synoptique de principe d'un robot.....	11
Figure II.1 : Expression fonctionnelle de besoin.....	14
Figure II.2: Disposition des capteurs pour un système aligné.....	15
Figure II.3 : Avancement du Robot en ligne droite.....	16
Figure II.4 : Avancement du Robot à gauche.....	16
Figure II.5 :Avancement du Robot à droite.....	16
Figure II.6: Robot cherche la ligne.....	17
Figure II.7: l'organigramme d'Analyse Générale	17
Figure II.8 : l'organigramme d'Analyse Détaillée.....	18
Figure II.8a :Schéma synoptique.....	19
Figure II.9 : Représentation du Système Automatisé d'un Robot.....	20
Figure II.10 : Exemple de carte électronique.....	22
Figure II.11 : Brochage de la carte Arduino Uno.....	25
Figure II.12 : Brochage de la carte Arduino et « Mapping » du Microcontrôleur	26
Figure II.13 : Les Étapes de Programmation sous Arduino en Langage C.....	27
Figure III.1 : Organigramme d'Acticités.....	29
Figure III.2 : Carte De Commande à Base D'Arduino.....	30
Figure III.3 : La Carte de Contrôle Moteur.....	31
Figure III.4 :Hacheur L298.....	31
Figure III.5 : Schéma interne du L298.....	32
Figure III.6 :Schéma de principe du CNY70.....	33

Liste des Figures

Figure III.7 : L'absence de Ligne.....	33
Figure III.8 : Présence de Ligne.....	34
Figure III.9 : Moto Réducteur (MINILOR - 45045).....	34
Figure III.10 : L'écran D'affichage LCD 16*2.....	35
Figure III.11 : Capture D'écran du Logiciel Arduino.....	36
Figure III.12 : Diagramme de Conception Informatique.....	37
Figure IV.1 : L'organigramme de travail.....	41
Figure IV.2 : l'insoleuse.....	43
Figure IV.3 : Perceuse.....	44
Figure IV.4 : Soudage.....	44
Figure IV.5 : Schéma Développé de la Carte d'Alimentation.....	45
Figure IV.6 : Schéma Développé de la carte Arduino (Carte de Commande).....	45
Figure IV.7 : Schéma Développé de la carte de contrôle (L298).....	46
Figure IV.8 : Schéma Développé de la carte d'Acquisition.....	46
Figure IV.9 : Schéma Développé de la carte d'Affichage.....	47
Figure IV.10 : Schéma d'Implantation des Composants « L'alimentation ».....	47
Figure IV.11 : Schéma d'Implantation des Composants « carte de contrôle ».....	48
Figure IV.12 : Schéma d'Implantation des Composants « Capteur Droit & Capteur Gauche ».....	48
Figure IV.13 : Schéma d'Implantation de l'Afficheur « LCD ».....	49
Figure IV.14 : Typon de la Carte d'Alimentation.....	49
Figure IV.15 : Typon de la Carte de Contrôle.....	50
Figure IV.16 : Typon de la Carte D'acquisition (Capteur).....	50
Figure IV.17 : Typon de la Carte de l'Afficheur LCD.....	51
Figure IV.18 : Tension mesurée « Détection la Couleur Blanc ».....	51
Figure IV.19 : Tension mesurée « Détection la Couleur Noir ».....	51
Figure IV.20 : Test de l'Afficheur pour le Message « Chemin Droit ».....	52
Figure IV.21 : Test de l'Afficheur pour le Message « Virage à Droite ».....	52
Figure IV.22 : Test de l'Afficheur pour le Message « Virage à Gauche ».....	52
Figure IV.23 : Test de l'Afficheur pour le Message « Recherche la Ligne ».....	53

Liste des Figures

Figure IV.24 :Test de l’Afficheur & les deux Capteurs pour le Message « Chemin Droit ».....	53
Figure IV.25 :Test de l’Afficheur & les deux Capteurs pour le Message « Virage à Droite ».....	53
Figure IV.26 :Test de l’Afficheur & les deux Capteurs pour le message « Virage à Gauche ».....	54
Figure IV.27 :Test de l’Afficheur & les deux Capteurs pour le message « Cherche la ligne ».....	54
Figure IV.28 :Schéma électronique globale d’un Robot mobile.....	56
Figure IV.29 :Châssis du Robot « Vu de face ».....	57
Figure IV.30 :Pièce qui fixe le moteur sur le Châssis.....	57
Figure IV.31 :Pièce qui fixe l’Afficheur.....	58
Figure IV.32 :Pièce qui fixe les cartes D’Acquisitions.....	58
Figure IV.33 :L’Assemblage des Pièces.....	58
Figure IV.34 :Les vus du Robot.....	59
Figure IV.35 :le Robot.....	59

Liste Des Tableaux

Tableau I.1 : Avantage & Inconvénient Des Robots.....	10
Tableau II.1 : Caractéristiques Cartes Arduino «UNO-UNO R3-PRO-LEONARDO ..	23
Tableau II.2 : Caractéristiques Cartes Arduino «PRO mini-MEGA-DUE».....	24
Tableau III.1 : Table de vérité pour un Moteur.....	32
Tableau III.2 : Variation de Vitesse par rapport tension	35
Tableau III.3 : Caractéristique Mécanique du Robot	37
Tableau IV.1 :Résultat de teste L298.....	55
Tableau IV.2 :Liste des Composant Pour Chaque Carte.....	55

Introduction Générale

La Robotique fait partie des sciences des objets et des systèmes artificiels. Elle peut être vue comme la science de la perception et du mouvement et de leur intégration en une machine physique, mécanique et informatique.

Un robot est donc un système matériel possédant des capacités de perception, d'action, de décision et de communication, parfois capable d'améliorer ses propres performances par apprentissage automatique ou superviser par des humains, pour :

- ❖ agir dans un environnement ouvert ou confiné, dynamique et imparfaitement modélisé.
- ❖ exécuter de façon autonome ou en relation avec un humain, des tâches d'observation, d'exploration, de modélisation, de manipulation et/ou d'intervention sur l'environnement ;
- ❖ interagir avec d'autres machines ou avec des humains, matériellement ou virtuellement.

De point de vue de l'automatique, Le robot est un système automatisé avec une partie commande et une partie opérative ces deux partie reliées entre elles. Ce système automatisé est basé sur un microcontrôleur, qui a une tâche bien précise, ce qui nécessite l'utilisation une carte à microcontrôleur « carte Arduino ».

A cet effet, ce projet consiste à faire la conception et la réalisation d'un robot mobile qui permet de suivre de façon autonome une trajectoire noire tracée sur une plateforme blanche et qui doit être commandé par une carte ArduinoUNO

Sur le plan formel, ce mémoire est composé en quatre chapitres :

- Dans le premier, nous présentons une vue générale sur le robot mobile avec ses différents constituants où nous définissons certaines notions fondamentales liées à la robotique ensuite il se focalisera principalement sur les architectures de contrôle/commande qui sont dédiées leurs types et leur classification.
- le deuxième, met en évidence la commande du robot par une Carte Arduino dont elle est structurée en deux parties : l'une présente l'explication de principe de fonctionnement du robot de détection de couleur jusqu'à la suite de trajectoire et l'autre présente l'utilisation de la carte à microcontrôleur.

- Dans le troisième, nous abordons la conception du robot mobile: de l'architecture, la conception électronique, mécanique et informatique utilisée pour la réalisation.
- Le dernier, concerne la réalisation du Robot Mobile et interprétation des résultats obtenus.

Enfin, une conclusion générale et des prospections sont données pour ouvrir la voie à des futurs travaux.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études avait pour but la conception et la réalisation d'un Robotmobile commandée par une carte Arduino par ce que ses spécifications sont accessibles librement.

Dans un premier temps, quelques notions de base sur la robotique mobile sont obtenues, ces derniers utilisés pour élaborer l'algorithme de détection de la ligne pour le suivent.

Deuxièmement on a pu créer et réalisé notre système constitué d'une partie mécanique, commandée par différentes cartes électroniques.

« Robot à base D'Arduino » offre une multitude de fonctionnalités dont, les essentielles sont:

- ✓ Détection des couleurs et réaction automatisée (déplacement du robot).
- ✓ Réalisation d'une carte électronique (CAO)
- ✓ Etude de la commande de moteur en MLI
- ✓ Programmation microcontrôleur

A la fin de ce travail qui consiste à l'étude et la mise en œuvre d'un robot suiveur de ligne. Le travail de ce type de robot a exigé la maîtrise de plusieurs notions techniques aussi bien le domaine électronique et celui de l'informatique, ce que fait que j'ai eu l'occasion à découvrir, la programmation bas niveau par **Arduino**, les techniques nécessaires pour l'utilisation des microcontrôleurs dans les montages électroniques.

Bibliographie

- [1] E. Dombre « Analyse des Robots manipulateurs »
Edition la Voisier .2001
- [2] W.Khalil .E Dombre . « Modélisation, Identification et Commande de Robots »
Edition Hermés, 1999
- [3] C.Vibet « Robots Principes et Contrôles »
Edition ellipse, 1987
- [4] A. Pruski « Robotique Générales »
Edition ellipse, 1988
- [5] Websert. Webser'sthird New InternationalDictionary . En-
cyclopediabirtannicaInc, Chicago 1981.
- [6] L.Adouane . Architecture de contrôle comportemental et Réactif pour la
coopération d'un groupe de robots mobiles Architecture de contrôle hybride
pour systèmes multi- Robots mobiles. Thèse Doctorat ; laboratoire
d'automatique de Besançon (UMR CNRS 5696), 2005
- [7] B.Bayle . Robotique, 2008
- [8] Planification de taches pour robotique mobiles pour l'obtention du grade de
maitre ès sciences (MSC) facultés université de Sherbrooke, 103page + annexe
- [9] Blog.position-livre.com/électronique/Arduino-une-carte-à- jouer.php
- [10] Livre : Arduino : Premier Pas en Informatique Embarquée
- [11] Flossmanuals.net/Arduino/Historique-du-projet-Arduino

Site internet :

<http://www.arduino.cc/en/Main/Donate>

<http://fr.slideshare.net/houssem110901/robot-base-dandroid-prsentation-pfe>

<http://robot.gmc.ulaval.ca/cgi-bin/recherche-biblio.pl>

Chapitre

1

GÉNÉRALITÉ SUR LES ROBOTS MOBILES

Chapitre

2

COMMANDE DU ROBOT PAR UNE CARTE ARDUINO

Chapitre

3

**CONCEPTION DU ROBOT
MOBILE**

Chapitre

4

**RÉALISATION DU ROBOT
MOBILE**

INTRODUCTION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

I.1 Introduction :

Un robot mobile est une machine automatique capable de se mouvoir dans un environnement donné. Ce chapitre représente une étude préliminaire du projet. Dans un premier temps, décrit l'histoire des robots mobiles. Par la suite, il se focalisera principalement sur les architectures de contrôle/commande qui leur sont dédiées, leurs types et leur classification.

I.2 Définitions Générales :

I.2.1 Historique de la Robotique mobile :

Le terme « *Robot* » a été introduit en 1920 par l'écrivain tchèque **Karel Capek** dans sa pièce de théâtre « *Rossum's Universal Robots* ». Ce terme, provenant du tchèque *ROBOTA* « *travail forcé* », désignait à l'origine une machine androïde capable de remplacer l'homme dans toutes ses tâches. En 1942, le mot « robotique » est apparu pour la première fois dans un roman intitulé « *Habillage* » par le scientifique et écrivain américain **Isaac Asimov**.

Selon l'Association Japonaise de Robots Industriels (*AJRI*), les robots sont répartis dans les classes suivantes :

- ❖ **Classe 1 : Robot de Manipulation Manuelle** : un robot à plusieurs degrés de liberté actionné par l'opérateur.
- ❖ **Classe 2 : Robot à Séquence Fixe** : robot de manipulation qui effectue les étapes successives d'une tâche en fonction d'une méthode prédéterminée, qui est difficile à modifier.
- ❖ **Classe 3 : Robot à Séquence Variable** : le même type de robot de manipulation que dans la classe 2, mais les étapes peuvent être modifiées facilement.
- ❖ **Classe 4 : Robot Playback** : l'opérateur humain effectue la tâche manuellement en conduisant ou en commandant le robot, qui enregistre les trajectoires. Cette information est rappelée lorsque cela est nécessaire, et le robot peut effectuer la tâche en mode automatique.
- ❖ **Classe 5 : Robot à Commande Numérique** : l'opérateur humain alimente le robot avec un programme de mouvement plutôt que de lui enseigner la tâche manuellement.
- ❖ **Classe 6 : Robot Intelligent** : un robot avec des moyens de comprendre son environnement, et la capacité de mener à bien une tâche malgré les changements dans les conditions ambiantes dans lesquelles celui-ci doit exécuter sa tâche.

I.2.2 Définition d'un robot :

Le Robot est une machine physique qui modifie matériellement son environnement pour atteindre le but qui lui est fixé : la tâche désirée [1], ou encore, c'est un manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils ou des dispositifs spécialisés [2]. On peut dire que le robot c'est un «corps» qui contient un «cerveau». Les *actionneurs* et *effecteurs* sont les organes du robot qui animent la structure mécanique ; la maîtrise de leurs commandes permet de faire réaliser des tâches prédéfinies par l'opérateur. Nous allons dans ce qui suit donner certaines définitions fondamentales.

I.2.3 Contrôle :

C'est une opération qui consiste à asservir les variables relatives au mouvement (qu'on notera x) à des valeurs désirées (notées x_d) ; par ce moyen, il est fait en sorte que la valeur x soit commandée à partir de la valeur désirée [3] et que l'on ait en fin de compte $x = x_d$. En d'autres termes, le contrôleur récupère l'information sensorielle (par des capteurs), prend des décisions intelligentes par rapport aux actes à accomplir, et effectue ces opérations en envoyant les commandes adéquates aux actionneurs.

I.2.4 Actionneurs :

Ce sont des mécanismes qui permettent à /aux effecteur(s) d'exécuter une action, de convertir les commandes logicielles (Software) en des mouvements physiques ; leur but primaire est de produire assez de force pour provoquer le mouvement du robot, celle-ci représente la transformation d'une énergie source en énergie mécanique [2].

La Technologie des actionneurs est étroitement liée à l'énergie de base utilisée (pneumatique, hydraulique, électrique) [4]. Il existe beaucoup d'actionneurs principalement réalisés à base de moteur électrique, ces derniers permettent à votre robot de réagir suivant ce que vous lui avez demandé (Figure I.1).



Figure (I.1) : Différents types d'actionneurs

I.2.5 Effecteurs :

Ce sont tous les mécanismes à travers lesquels le robot peut effectuer des changements propres à lui, ou relatifs à l'environnement ; ces changements se font grâce aux actionneurs.

I.2.6 Capteurs :

Ce sont des outils de perception qui permettent de gérer les relations entre le robot et son environnement. Il existe deux types de capteurs tels que : les capteurs proprioceptifs qui mesurent l'état mécanique interne du robot (comme les capteurs de position, de vitesse ou d'accélération), et les capteurs extéroceptifs qui recueillent des informations sur l'environnement (comme la détection de présence, mesure de distance... etc). Les capteurs ont comme fonction de lire les variables relativement au mouvement du robot pour permettre un contrôle convenable [2]. Il existe de nombreux types de capteurs qui nous permettent à notre robot d'avoir des informations sur l'extérieur (Figure I.2).



Figure (I.2) : Différents types de capteurs

Après avoir exposé les différentes définitions relatives aux robots en général, on s'intéresse spécialement aux plateformes mobiles.

I.3 Robot mobile :

De manière générale, on regroupe sous l'appellation *robots mobiles* l'ensemble des robots à base mobile (Figure I.3).

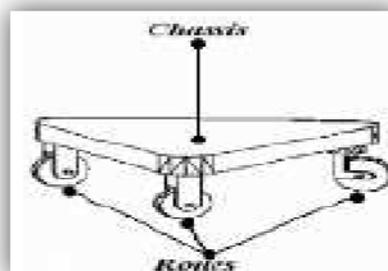


Figure (I.3) - Représentation d'un robot mobile

Ces machines sont constituées d'un châssis, et d'un ensemble de roues, ayant comme fonction la stabilité et la mobilité du système (nous n'allons nous intéresser qu'aux robots

mobiles à roues, en faisant abstraction des autres types de plateformes, comme les robots marcheurs, ou rampants). La particularité de ces robots est leur capacité à se mouvoir dans des environnements relativement grands (sans influencer sur leur constitution), grâce à leur système de locomotion, c'est pour cela que nous allons dans ce qui suit évoquer les différents types de roues utilisées en robotique mobile.

Les robots mobiles à plusieurs aspects, nous nous intéresserons à trois importants aspects : l'autonomie, l'intelligence et la relation robot-tâche-environnement

A. L'autonomie :

Il y a deux principales définitions de l'autonomie [5] :

- Comportement basique initialement programmé sans aide extérieur.
- Avoir le pouvoir de l'auto-gouvernance.

Les robots qui contiennent des contrôleurs et des blocs d'alimentation sont autonomes dans le premier cas, mais ça reste une faible autonomie. Cependant, pour faire face à des situations imprévues et s'adapter à des environnements changeants, la puissance de l'auto-gouvernance (« forte autonomie ») est nécessaire. L'autonomie dans ce cas signifie que la machine est capable de déterminer sa ligne de conduite par son propre raisonnement, plutôt que d'en suivre un prédéfini par des instructions. La forte autonomie exige la capacité de planifier et d'apprendre de l'expérience.

Un robot mobile autonome, a alors la capacité de se déplacer dans son environnement pour effectuer un certain nombre de tâches différentes, et est aussi capable de s'adapter aux changements de son environnement, apprendre de l'expérience et de modifier son comportement en conséquence, et de construire des représentations internes de son monde qui peut être utilisée pour des processus de raisonnement comme la navigation.

B. L'intelligence :

Nous pouvons lire dans les manuels de vulgarisation scientifique et les magazines à propos des machines intelligentes, et des robots intelligents une définition utilisable et claire de l'intelligence. L'intelligence se réfère au comportement, et l'aune à laquelle nous la mesurons est très dépendante de notre propre éducation, notre compréhension et notre point de vue. Cependant, notre définition de l'intelligence est liée au comportement humain. Nous nous considérons comme intelligent, et donc une machine qui fait ce que nous faisons doit être considérée comme intelligente aussi. Un exemple illustrant les différents types d'autonomie,

peut être donné au travers du robot "Sojourner" et "Opportunity" (Figure I.4) qui est le premier robot mobile à avoir roulé sur le sol martien. Le Sojourner dispose entre autres d'une batterie et d'un panneau solaire qui lui assure une autonomie énergétique.

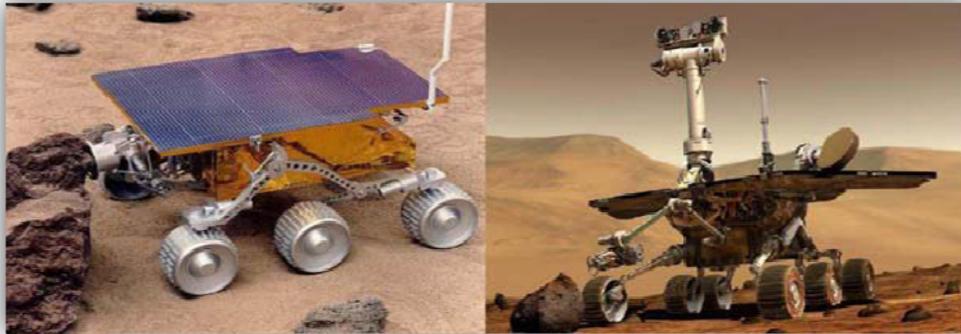


Figure (I.4) - Robot mobile "Sojourner" et "Opportunity" utilisés pour les missions Pathfinder et Viking de la NASA

C. La tripartite Robot Tâche Environnement :

Le contrôle des robots mobiles nécessite la juxtaposition de trois phases : la perception, la décision, et l'action. La perception construit un modèle même simple de l'environnement du robot, la décision utilise ce modèle pour générer des consignes de mouvement, et finalement l'action transforme ces consignes en commandes adéquates pour les effecteurs du robot. Un contrôle bien mené nécessite donc la maîtrise de ces trois phases [6].

Comme l'intelligence, le comportement d'un robot ne peut pas être évalué indépendamment de l'environnement du robot et de la tâche que le robot doit effectuer. Le robot, la tâche et l'environnement dépendent les uns des autres et s'influencent mutuellement (Figure I.5).

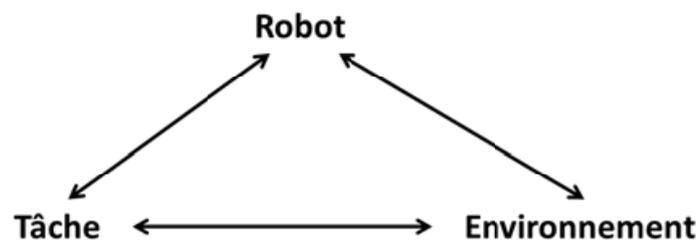


Figure (I.5) - La Relation entre le Robot, la Tâche et l'environnement.

I.4 Architecture Globale d'un Robot Mobile :

I.4.1 Classes de robots à roues :

Il existe plusieurs classes de robots à roues déterminées, principalement, par la position et le nombre de roues utilisées.

Nous citerons ici les quatre classes principales de robots à roues [7].

I.4.1.1 Robot Unicycle :

Un robot de type unicycle 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-holonyme, 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 I.6).

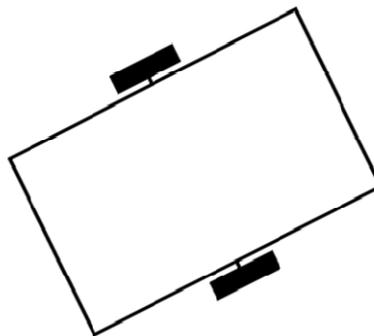


Figure (I.6) - Robot de type Unicycle

I.4.1.2 Robot Tricycle :

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

C'est un robot non holonyme. En effet, il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues axes. 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 I.7).

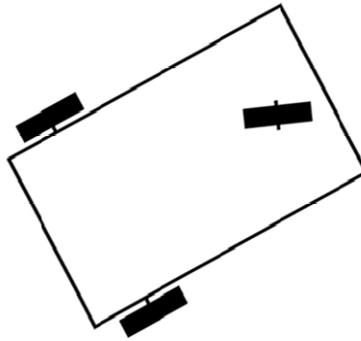


Figure (I.7) - Robot de type tricycle

I.4.1.3 Robot Voiture :

Un robot de type voiture est semblable au tricycle, il est constitué de deux roues axes 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 I.8).

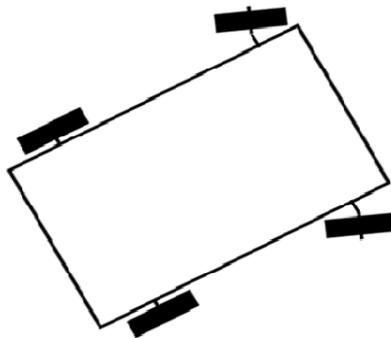


Figure (I.8) - Robot de type voiture

I.4.1.4 Robot omnidirectionnel :

Un robot omnidirectionnel est un robot qui peut se déplacer librement dans toutes les directions. Il est en général constitué de trois roues décentrées orientables placées en triangle équilatéral.

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 (I.9) .

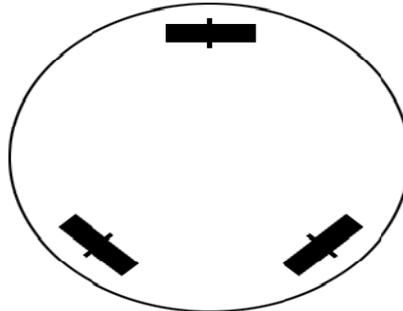


Figure (I.9) - Robot de type Omnidirectionnel

I.4.3 Comparaison des différents types :

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

Robot Unicycle	(-) Non-holonome (+) Stable (+) Rotation sur soi-même (+) Complexité mécanique faible
Robot Tricycle	(-) Non-holonome (-) Peu stable (-) Pas de rotation sur soi-même (+) Complexité mécanique modérée
Robot Voiture	(-) Non-holonome (+) Stable (-) Pas de rotation sur soi-même (+) Complexité mécanique modérée
Omnidirectionnel	(+) Holonome (+) Stable (+) Rotation sur soi-même (-) Complexité mécanique importante

Tableau (I.1) - Avantage & Inconvénient Des Robots

I.4.4 Composantes d'un Robot Mobile :

Le concept de robot implique la faculté de perception de l'environnement, l'analyse de ces informations, la prise de décision, et enfin l'action : la mise en œuvre et la correction

du comportement, en fonction des informations captée sur l'environnement. En cela, la perception de l'environnement constitue une fonction indispensable et caractéristique de tout système robotique. On distingue dans un robot mobile : la partie commande qui traite toutes les informations, les actionneurs qui effectuent les actions et les capteurs qui informent le robot ; comme l'indique le schéma synoptique représenté dans la Figure (I.10).

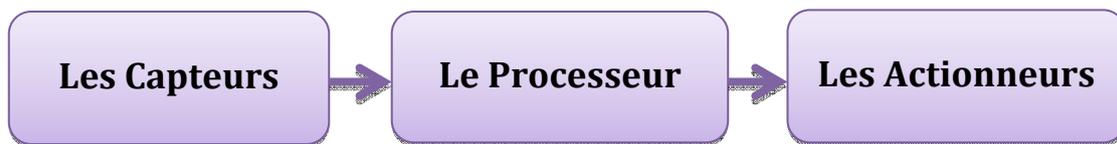


Figure (I.10) – Schéma Synoptique de principe d'un robot

A. Les capteurs :

Ils ont pour fonction d'acquérir les données provenant de l'environnement. Ils peuvent à la fois informer les robots sur le milieu extérieur et le renseigner sur ses propres actions, en vérifiant l'état de ses actionneurs. Ils sont donc l'élément indispensable à robot autonome pour savoir ce qu'il fait, ce qui se passe et prendre les bonnes décisions en conséquence. Les informations perçues ainsi que leur précision varient d'un capteur à un autre.

B. Les actionneurs :

Pour bouger à l'intérieur de son environnement et y intégrer, un robot est muni d'actionneurs. A titre d'exemple, un robot mobile est muni d'un ou plusieurs moteurs pouvant faire tourner ses roues. La plupart des robots mobiles sont actionnés par des moteurs à courant continu.

C. Les modules (logiciel) :

Afin de faire fonctionner un robot mobile, plusieurs modules (logiciel) sont mis à contribution. Ces modules permettent d'interpréter les données perçues par les capteurs pour y extraire les informations ou à traiter des commandes et générer d'autres commandes[8].

I.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a pu définir certaines notions fondamentales liées à la robotique en général, ensuite pour revenir au vif du sujet (robot mobile), on se base sur quelques définitions de notions relatives aux robots mobiles pour une meilleure compréhension de ce type de systèmes.

- [1] E. Dombre « Analyse des Robots manipulateurs »
Edition la Voisier .2001
- [2] W.Khalil .E Dombre . « Modélisation, Identification et
Commande de Robots »
Edition Hermés, 1999
- [3] C.Vibet « Robots Principes et Contrôles »
Edition ellipse, 1987
- [4] A. Pruski « Robotique Générales »
Edition ellipse, 1988
- [5] Websert. Webser'sthird New InternationalDictionary . En-
cyclopeadiaBirtannicaInc, Chicago 1981.
L.Adouane . Architecture de contrôle comportemental et
Réactif pour la coopération d'un groupe de robots
- [6] mobiles Architecture de contrôle hybride pour systèmes
multi- Robots mobiles. Thèse Doctorat ; laboratoire
d'automatique de Besançon (UMR CNRS 5696), 2005
- [7] B.Bayle .Robotique, 2008
- [8] Planification de taches pour robotique mobiles pour
l'obtention du grade de maitre ès sciences (MSC) facultés
université de Sherbrooke, 103page + annexe

II.1 Introduction :

Le travail élaboré dans ce chapitre, est scindé en deux parties. Dans la première, on va expliquer le principe de fonctionnement du robot. Une étude détaillée sur Arduino, module très utilisé dans le domaine de la robotique « la commande », est consacrée dans la deuxième partie.

II.2 Analyse Fonctionnelle du Robot :

On s'intéresse à la conception, et la commande d'un robot suiveur de ligne à base du module ArduinoUno, équipé de (02) capteurs infrarouge, une pile pour l'alimentation et des moteurs à courant continu pour l'entraînement en mouvement du robot. La (Figure II.1) présente l'expression fonctionnelle de besoin, pour la mise en œuvre du robot.

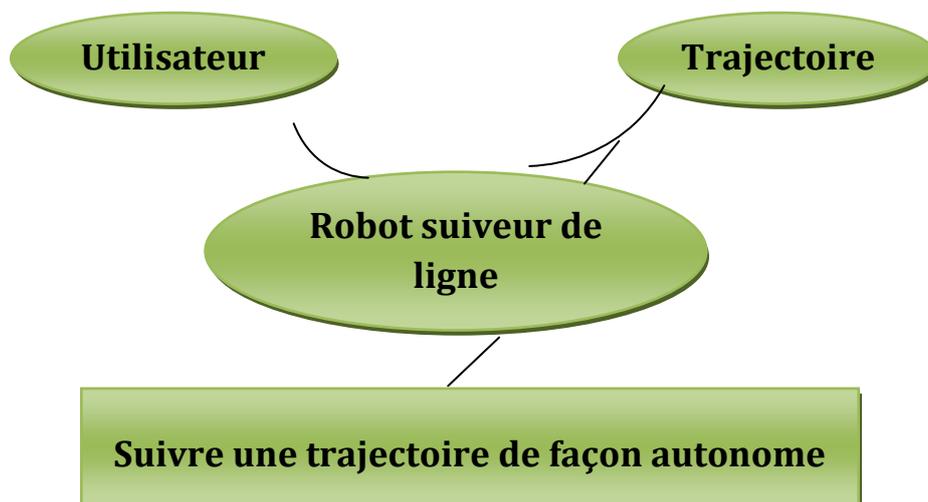


Figure II.1 : Expression fonctionnelle de besoin

II.3 Principe de fonctionnement du robot suiveur de ligne :

Le robot doit pouvoir suivre, de façon autonome, une ligne noire d'une largeur d'environ (xx) mm, tracée sur un fond blanc. Pour cela notre système détecte la ligne de trajectoire.

II.3.2 La détection d'une ligne :

On définit souvent une ligne comme un trait ou même une courbe, ce qui est peut-être plus exact car cette définition se résume à dire qu'une ligne est une suite de points. Certes, mais en réalité, on observe une ligne lorsque celle-ci a une épaisseur et est

suffisamment grande pour que notre œil puisse la voir. De plus il faut impérativement qu'elle ait une couleur assez différente du fond sur lequel elle est tracée.

A. Le principe de la détection de la ligne :

On sait qu'une radiation de longueur d'onde sera absorbée par un matériau, si celui-ci diffuse toutes les radiations sauf celle ayant cette longueur d'onde, et elle sera diffusée par un autre matériau diffusant des radiations dont une a pour longueur d'onde. Le cas de ce projet, les couleurs utilisées : le noir qui absorbe toutes les longueurs d'ondes dont les infrarouges, et le blanc qui, lui, diffuse toutes les longueurs d'ondes dont les infrarouges.

B. La disposition des capteurs :

Dans ce système on va disposer deux capteurs infrarouges alignés sur une ligne perpendiculaire (décalées de quelque centimètre par rapport au centre de robot) au sens de déplacement du robot (Figure II.2).

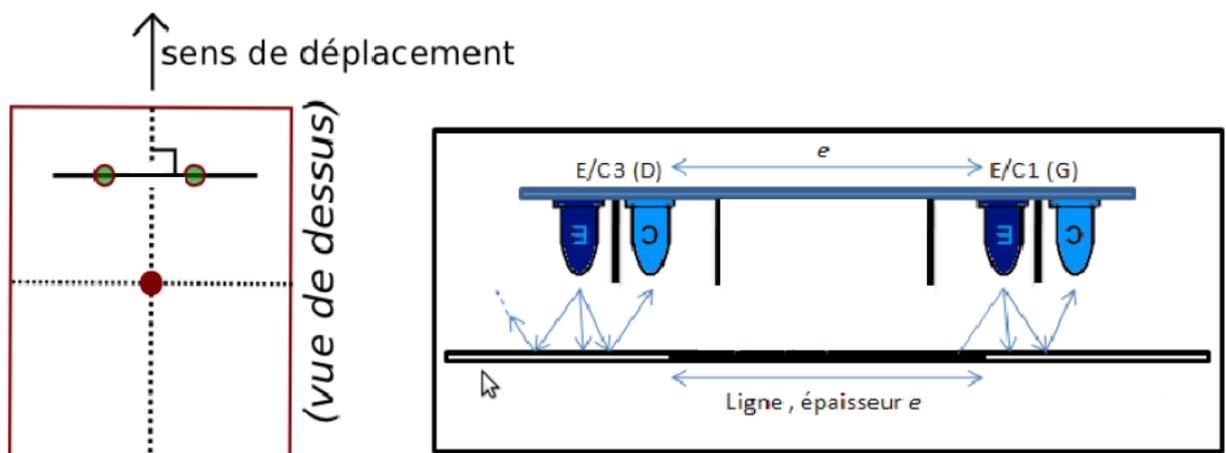


Figure II.2 : Disposition des capteurs pour un système aligné

II.3.2 Solution Retenue :

➤ Deux capteurs infrarouges sont fixés sous le robot. En fonction de la couleur de la surface sur laquelle se trouve le robot (blanche ou noire), un signal est envoyé à la partie commande (Circuit électronique Arduino). Ce signal est différent suivant la couleur de la surface : le noir absorbe la lumière infrarouge et le blanc la réfléchit, d'où un signal de type binaire (0 ou 1).

Dans le cas d'une surface Noire détectée par les deux capteurs, la partie commande envoie un ordre de mise en marche des deux moteurs (le robot avance normalement).

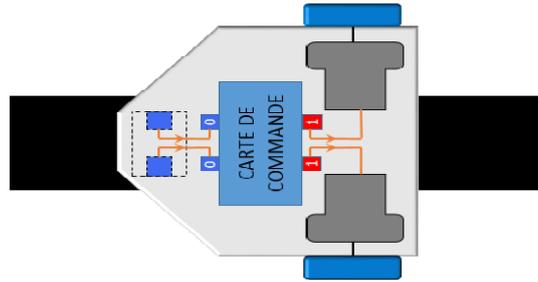


Figure II.3: Avancement du Robot en ligne droite

- Dans le cas d'une surface noire détectée par le capteur gauche et une surface blanche détectée par le capteur droite, la partie commande envoie un ordre de mise en marche du moteur droite et d'arrêt du moteur gauche (le robot avance en tournant à gauche).

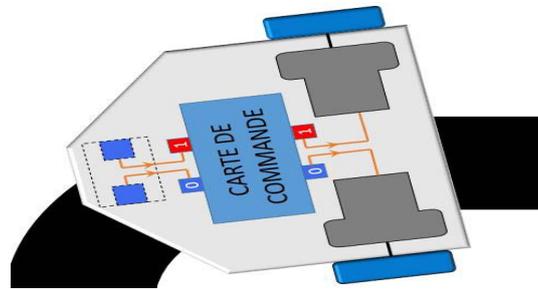


Figure II.4 :Avancement du Robot à gauche

- Dans le cas d'une surface blanche détectée par le capteur gauche et une surface noire détectée par le capteur droite, la partie commande envoie un ordre de mise en marche du moteur gauche et d'arrêt du moteur droite (le robot avance en tournant à droite).

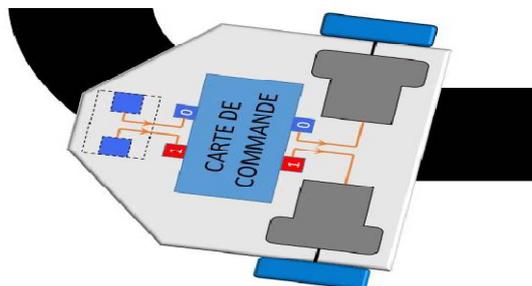


Figure II.5 :Avancement du Robot à droite

- Dans le cas d'une surface Blanche détectée par les deux capteurs, la partie commande envoie un ordre de mise en marche avant du moteur gauche et marche arrière du moteur droite (le robot tourne à droite autour de lui-même).

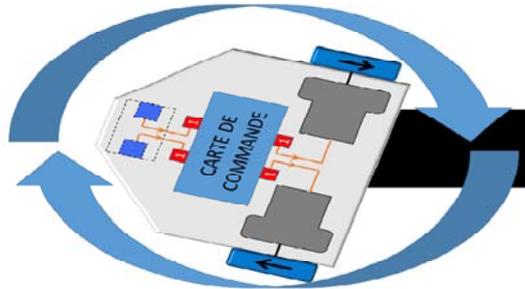


Figure II.6 : Robot cherche la ligne

II.4 L'Analyse du Système (générale& détaillé) :

L'analyse générale du fonctionnement du robot on peut le représenter dans un organigramme d'une manière générale comme le montre la (Figure II.7)le fonctionnement du robot globalement sans détaille.

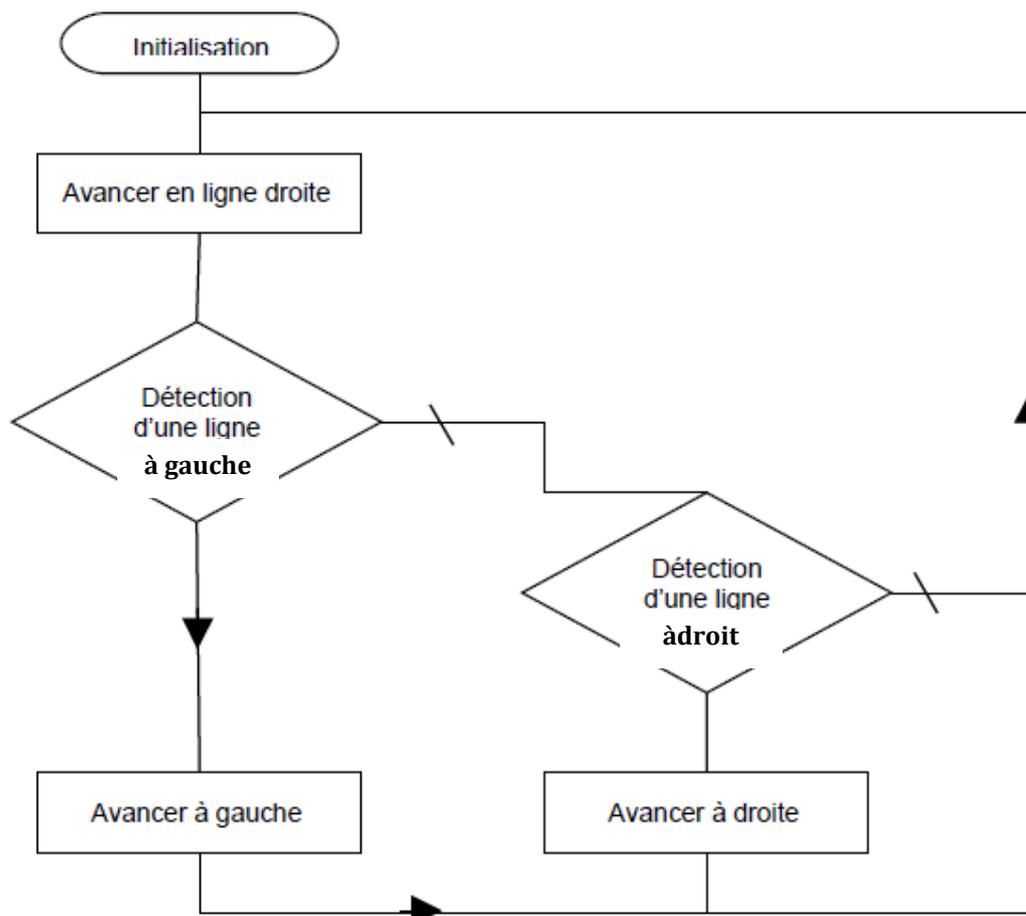


Figure II.7 : l'organigramme d'Analyse Générale

La (Figure II.8) montre le fonctionnement du robot globalement détaillée.

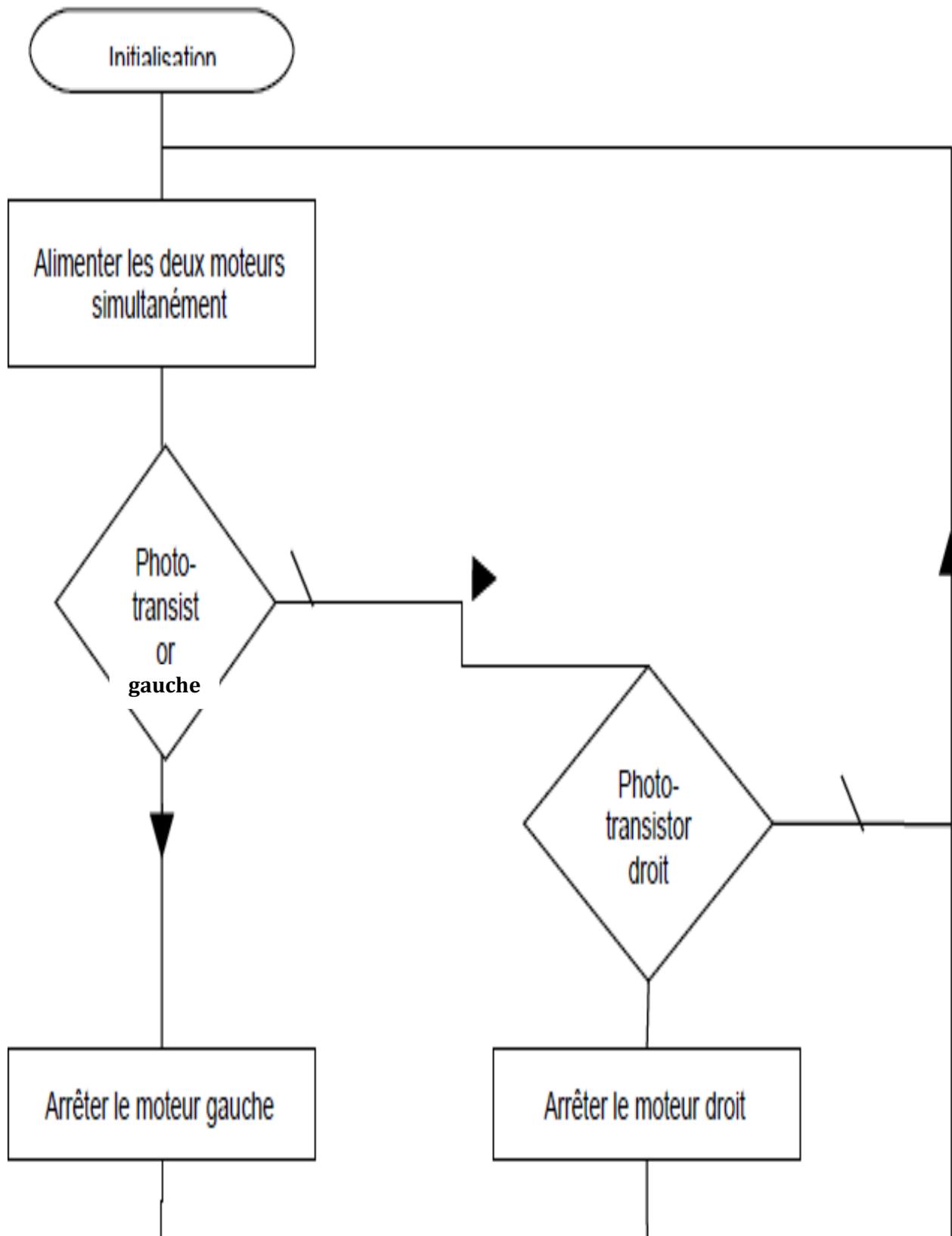


Figure II.8 : l'organigramme d'Analyse Détaillée

II.5 Schéma synoptique:

Le différent bloc fonctionnel est représenté dans la figure suivante :

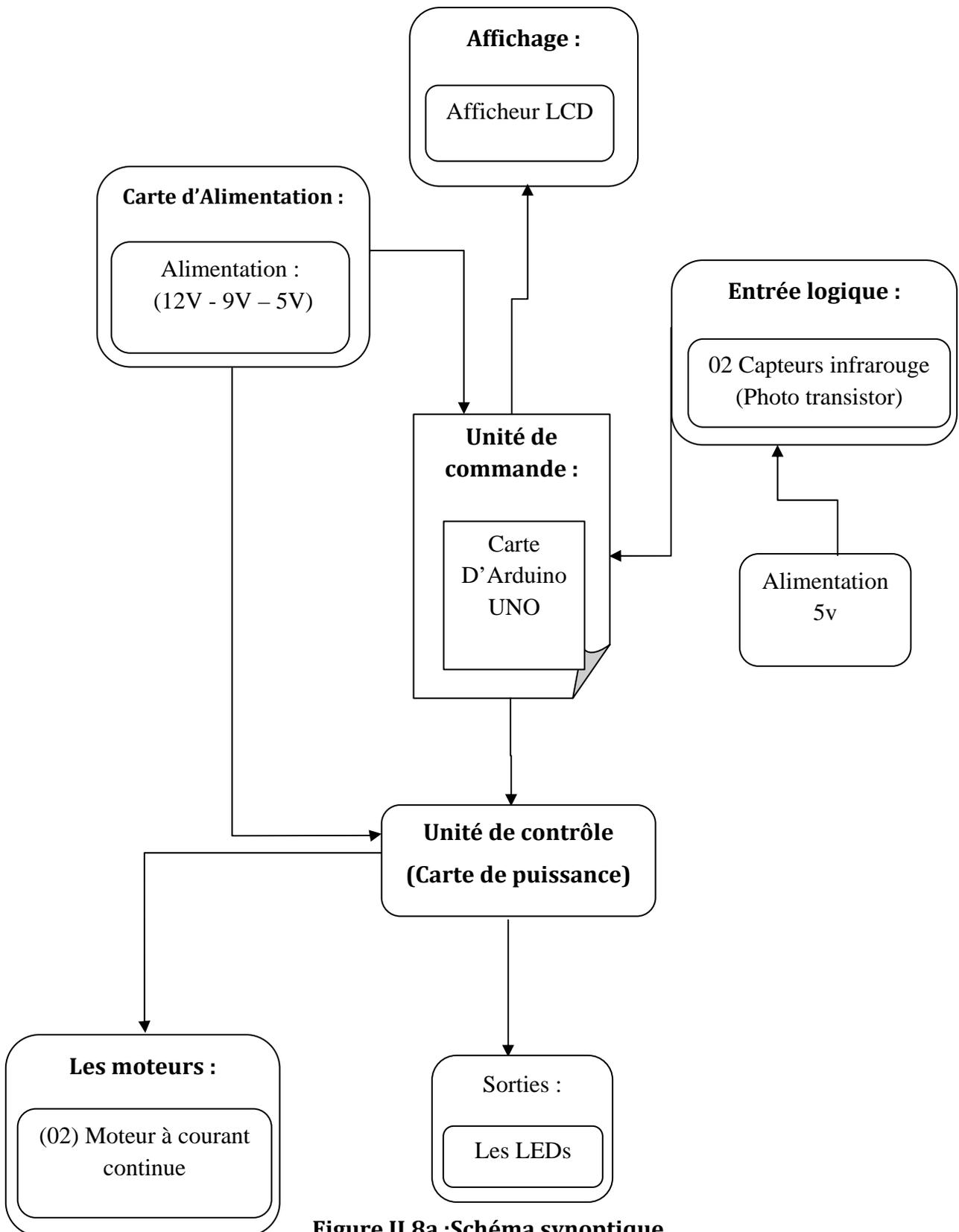


Figure II.8a :Schéma synoptique

II.6 Commande du Robot :

Le robot est un système de commande automatisé contenant deux parties, la partie commande et la partie opérative et ces deux parties reliées entre elles comme représenté ci-dessous (Figure II.9).

- ❖ Partie Opérative : cette partie contient Actionneur & Capteurs
- ❖ Partie Commande : cette partie contient des circuits électroniques « Carte Arduino , Carte de Commande et Carte d’Alimentation », La carte Arduino le coeur de la partie commande.



Figure (II.9) : Représentation du Système Automatisé d'un Robot

Ce système automatisé est basé sur un microcontrôleur « carte Arduino », ce dernier gère une tâche bien précise qu'on va l'expliquer par la suite.

II.7 Cartes Arduino :

II.7.1 Historique :

Le projet Arduino est issu d'une équipe d'enseignants et d'étudiants de l'école de Design d'Interaction d'Ivrea (Italie). Ils rencontraient un problème majeur à cette période (avant 2003 - 2004) : les outils nécessaires à la création de projets d'interactivité étaient complexes et onéreux (entre 80 et 100 euros). Ces coûts souvent trop élevés rendaient difficiles le développement par les étudiants de nombreux projets et ceci ralentissait la mise en œuvre concrète de leur apprentissage. Jusqu'alors, les outils de prototypage étaient principalement dédiés à l'ingénierie, la robotique et aux domaines techniques. Ils sont puissants mais leurs processus de développement sont longs et ils sont difficiles à apprendre et à utiliser pour les artistes, les designers d'interactions et, plus généralement, pour les débutants.

Chapitre II : Commande du Robot par une Carte Arduino

Leur préoccupation se concentra alors sur la réalisation d'un matériel moins cher et plus facile à utiliser. Ils souhaitaient créer un environnement proche de Processing, ce langage de programmation développé dès 2001 par Casey Reas et Ben Fry, deux anciens étudiants de John Maeda au M.I.T., lui-même initiateur du projet DBN .

En 2003, Hernando Barragan, pour sa thèse de fin d'études, avait entrepris le développement d'une carte électronique dénommée Wiring, accompagnée d'un environnement de programmation libre et ouvert. Pour ce travail, Hernando Barragan réutilisait les sources du projet Processing. Basée sur un langage de programmation facile d'accès et adaptée aux développements de projets de designers, la carte Wiring a donc inspiré le projet Arduino (2005).

Comme pour Wiring, l'objectif était d'arriver à un dispositif simple à utiliser, dont les coûts seraient peu élevés, les codes et les plans « libres » (c'est-à-dire dont les sources sont ouvertes et peuvent être modifiées, améliorées, distribuées par les utilisateurs eux-mêmes) et, enfin, « multi-plates-formes » (indépendant du système d'exploitation utilisé).

Conçu par une équipe de professeurs et d'étudiants (David Mellis, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Cuartielles, Massimo Banzi ainsi que Nicholas Zambetti), l'environnement Arduino est particulièrement adapté à la production artistique ainsi qu'au développement de conceptions qui peuvent trouver leurs réalisations dans la production industrielle.

Le nom Arduino trouve son origine dans le nom du bar dans lequel l'équipe avait l'habitude de se retrouver. Arduino est aussi le nom d'un roi italien, personnage historique de la ville « Arduin d'Ivrée », ou encore un prénom italien masculin qui signifie « l'ami fort ».

II.7.2 Présentation de la Carte :

Arduino est un ensemble d'outils matériel et logiciel pour le prototypage électronique et l'apprentissage de la programmation des Micro-Contrôleurs. Les schémas électroniques des cartes Arduino et les codes sources pour la partie développement des programmes, sont distribués librement et téléchargeables gratuitement. L'environnement Arduino a été conçu pour être utilisé facilement par les débutants sans expérience de la programmation ou de connaissances en électronique [9].



Figure (II.10) : Exemple de carte électronique

Avec une carte Arduino, vous pouvez construire des modules qui peuvent commander la lumière et le son, mesurer une distance ou une température et piloter des moteurs, des LED(s) ou des relais.

Les utilisations sont quasiment infinies et en voici quelques exemples :

- Des robots,
- Des instruments de musique,
- Des animations lumineuses,
- Des jeux interactifs et ludiques,
- Des gadgets originaux ou futiles,
- Des bijoux électroniques pour costumes et chapeaux en tout genre,
- Des générateurs de morse pour radio amateur,
- Une station météo,
- Une régulation pour chauffage,
- Un module de poursuite du soleil pour optimiser l'orientation d'un panneau solaire.

II.7.3 Différents modèles d'Arduino :

Il existe plusieurs types de carte Arduino , chaque carte à sa propre dimension , taille de mémoire ,intensité du courant ...etc [10] , voir les (Tableau II.1) et (Tableau II.2)

Chapitre II : Commande du Robot par une Carte Arduino

	UNO	UNO R3	PRO	LEONARDO
Dimensions	53 mm x 68 mm	53 mm x 68 mm	53 mm x 68 mm	53 mm x 68 mm
Microcontrôleur	ATmega328	ATmega328	ATmega328	ATmega32u4
Tension de fonctionnement	5V	5V	5V	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V	7-12V	7-12V	7-12V
Tension d'alimentation(limites)	6-20V	6-20V	6-20V	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)	20 (dont 7 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	6	6	6	12
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA
Intensité maxi disponible par broche E/S (3.3V)	50 mA	50 mA	50 mA	50 mA
Mémoire Programme Flash utilisés par le bootloader	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) dont 2 KB	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) dont 2 KB	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) dont 2 KB	32 KB (ATmega32u4) dont 4 KB sont
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	1 KB (ATmega168) ou 2 KB (ATmega328)	1 KB (ATmega168) ou 2 KB (ATmega328)	1 KB (ATmega168) ou 2 KB (ATmega328)	2,5 KB (ATmega32u4)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	512 bytes (ATmega168) ou 1 KB (ATmega328)	512 bytes (ATmega168) ou 1 KB (ATmega328)	512 bytes (ATmega168) ou 1 KB (ATmega328)	KB (ATmega32u4)
Vitesse d'horloge	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz

Tableau (II.1) - Caractéristiques Cartes Arduino «UNO-UNO R3-PRO-LEONARDO »

PRO mini	MEGA	DUE
-----------------	-------------	------------

Dimensions	33 mm x 18 mm	53 mm x 101 mm	53 mm x 101 mm
Microcontrôleur	ATmega168	ATmega2560	AT91SAM3X8E
Tension de fonctionnement	3,3V ou 5V	5V	3.3 V
Tension d'alimentation (recommandée)	3.35 -12 V (3.3V model)	7-12V	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	5 - 12 V (5V model)	6-20V	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)	54 (dont 15 disposent d'une sortie PWM)	54 (dont 12 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	6	16	12
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA	40 mA	130 mA
Intensité maxi disponible par broche E/S (3.3V)	50 mA	50 mA	800 mA
Mémoire Programme Flash	16 KB (ATmega168) dont 2 KB sont utilisés par le bootloader	256 KB dont 8 KB sont utilisés par le bootloader	512 KB (application)
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	1 KB (ATmega168)	8 KB	96 KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	512 bytes (ATmega168)	4 KB	-----
Vitesse d'horloge	8 MHz	16 MHz	84 Mhz

Tableau (II.2) – Caractéristiques Cartes Arduino «PRO mini-MEGA-DUE»

Dans le projet en question, la carte de type « **Arduino UNO** » est utilisée selon les besoins requis, plus en augmente les actions du notre Robots le nombre d'entrées va augmenter aussi ; dans ce cas il faut choisir un autre type de carte Arduino à plus d'entrées et plus d'espace mémoire et d'autres caractéristiques.

II.8 Architecture de la carte de commande :

La carte de commande du robot mobile, est architecturée au tour du module Arduino associé à d'autres circuits intégrés. Dans cet esprit est présentée une étude descriptive de ces différents composants.

II.8.1 Architecture interne du module Arduino :

Nous avons présenté dans cette partie l'étude globale du module ArduinoUno, comme le montre la (Figure II.11).

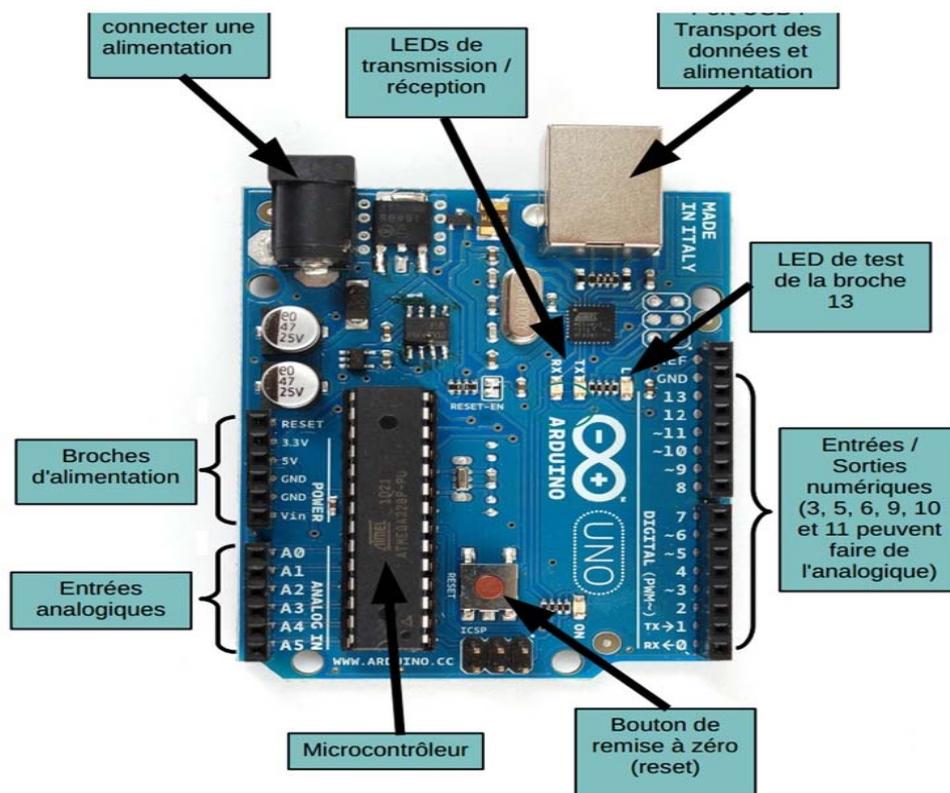


Figure (II.11) : Brochage de la carte Arduino Uno

II.8.2 La carte Arduino le cœur de la partie commande :

La carte Arduino gère la fonction principale de cette partie commande appelée « CAN » « Convertisseur Analogique Numérique ». Cette fonction a pour but de convertir les signaux logiques en entrée, en signaux numériques. C'est cette carte qui permet de faire la liaison entre les cartes d'acquisitions et les moteurs.

Cette carte a pour cœur un microcontrôleur, ici un Atmega 328, qui lui intègre le programme qui gère la fonction CAN. Mais la fonction CAN n'est pas spécifique au

Chapitre II : Commande du Robot par une Carte Arduino

microcontrôleur puisqu' elle est issue de la programmation que nous pouvons télécharger dans ce dernier. En plus de gérer cette fonction il envoie et reçoit des signaux numériques ou analogiques dans plusieurs entrées et sorties (« ANALOG IN » et « DIGITAL », cf. photo carte). En conclusion cette carte électronique peut gérer beaucoup de fonctions (contrôle de LEDs, Digits, enceintes, écran, moteur, réseaux, ...). Comme nous montre (Figure II.12).

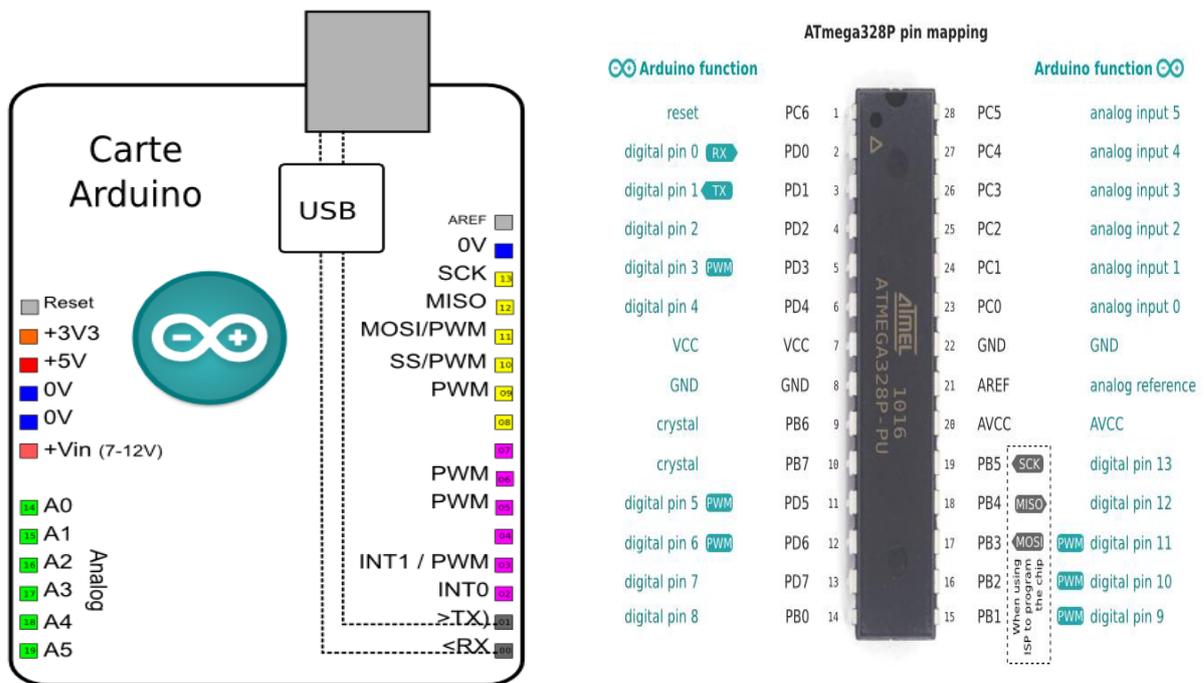


Figure (II.12) : Brochage de la carte Arduino et « Mapping » du microcontrôleur

II.8.3 Programmation de la carte :

La programmation est un code qui va dicter des ordres au microcontrôleur, on la télécharge dans ce dernier pour qu'il puisse suivre les consignes dictées par le programme. Pour ce faire on utilise un logiciel nommé Arduino qui peut vérifier et compiler plusieurs programmes, l'avantage est de pouvoir vérifier le programme édité avant de le compiler vers le microcontrôleur.

Ce programme est codé en langage C, c'est un langage de programmation impératif pour la carte. Son avantage est qu'il intègre des fonctions préinstallées dans une seule ligne de code grâce à des bibliothèques. Leur programmation est décomposée en trois étapes comme nous le montre (Figure II.13).



Figure (II.13) : Les Etapes de Programmation sous Arduino en Langage C

II.9 Conclusion :

Ce chapitre, présente le principe de fonctionnement du système automatisé (schéma synoptique) dans différents cas possibles et leur commande avec la carte « Arduino UNO », pour la mise en œuvre du robot en marche c'est à dire il suit la trajectoire tracée d'une façon autonome.

III.1 Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'architecture et de la conception du projet en question, la conception est décomposée en trois parties essentielles (Electronique, Mécanique et Informatique) et avant de présenter ces trois types de conception, on doit commencer par décrire l'architecture de l'application principale à travers les différentes vues dynamiques.

III.2 Organigramme d'activités :

Dans cette partie nous présentons le diagramme d'activité lié à tout le système.

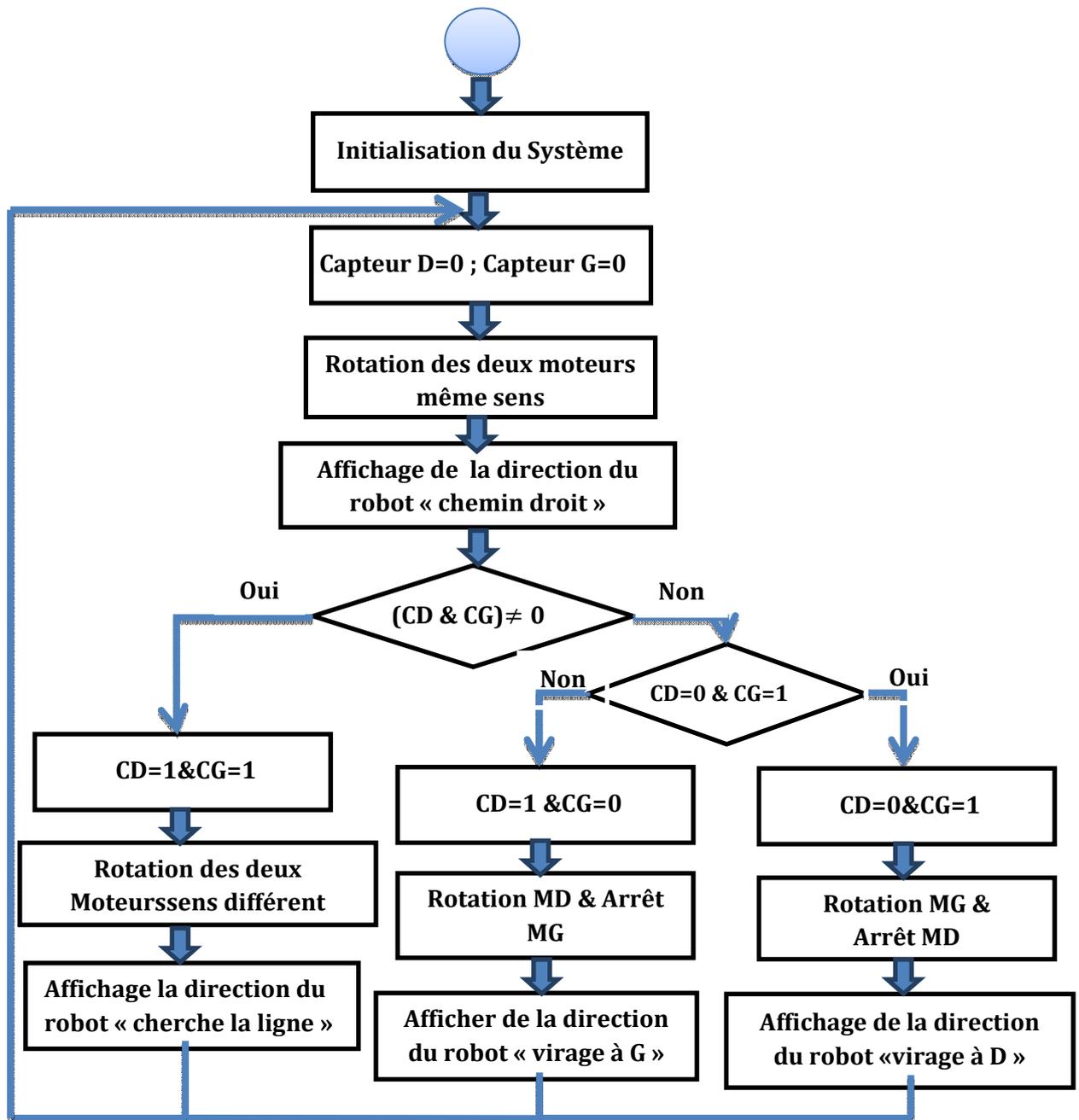


Figure III.1 : Organigramme d'Activités

III.3 Conception Electronique :

Dans ce type de conception on va voir les cartes et les composants utilisé dans les deux parties du système automatisé (Commande & Opérative) avec détail.

III.3.1 Présentation des composants (Partie commande) :

Cette partie est composée des deux cartes électroniques et chaque carte a son propre rôle et les deux sont complémentaires.

A. La Carte de Commande à Base d'Arduino :

Cette carte est la base de la commande du système, elle contient des entrées au niveau (Input 12 & Input 13) qui viennent de la carte des capteurs qu'on va voir par la suite, et suivant les états de ces entrées elle va envoyer des ordres (sorties) à la carte de contrôle au niveau (Output 8, Output9, Output10, Output11).

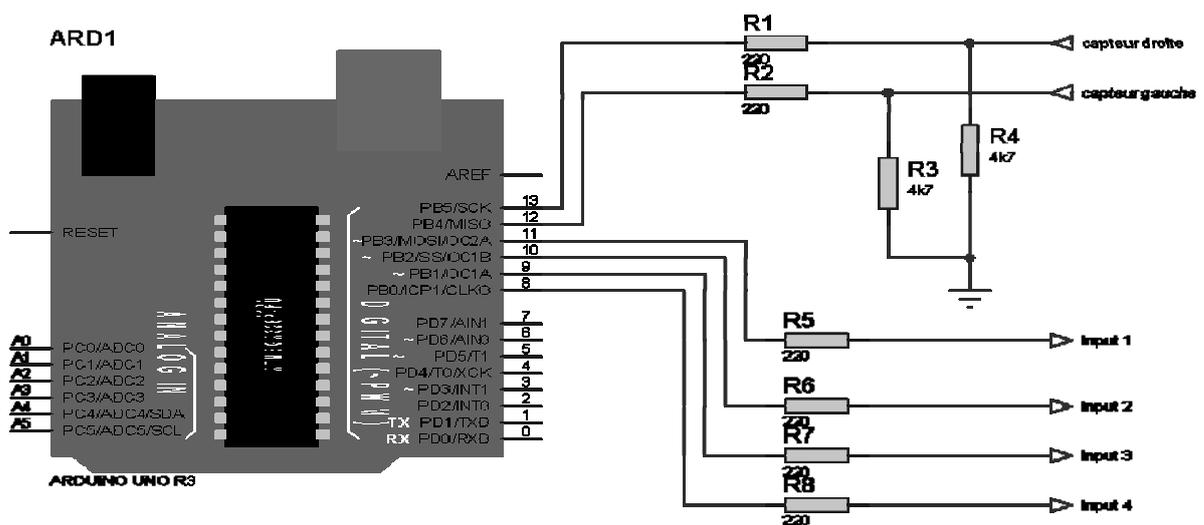


Figure III.2 : Carte De Commande à Base D'Arduino

B. La Carte contrôle Moteur :

Cette carte va contrôler les ordres qui viennent de la carte d'Arduino (Output 8, Output9, Output10, Output11) qui sont des entrées de la carte de contrôle (Input 1, Input 2, Input 3, Input 4), et plus précisément sont des entrées de driver moteur « L298 ». Voir la (Figure III.3)

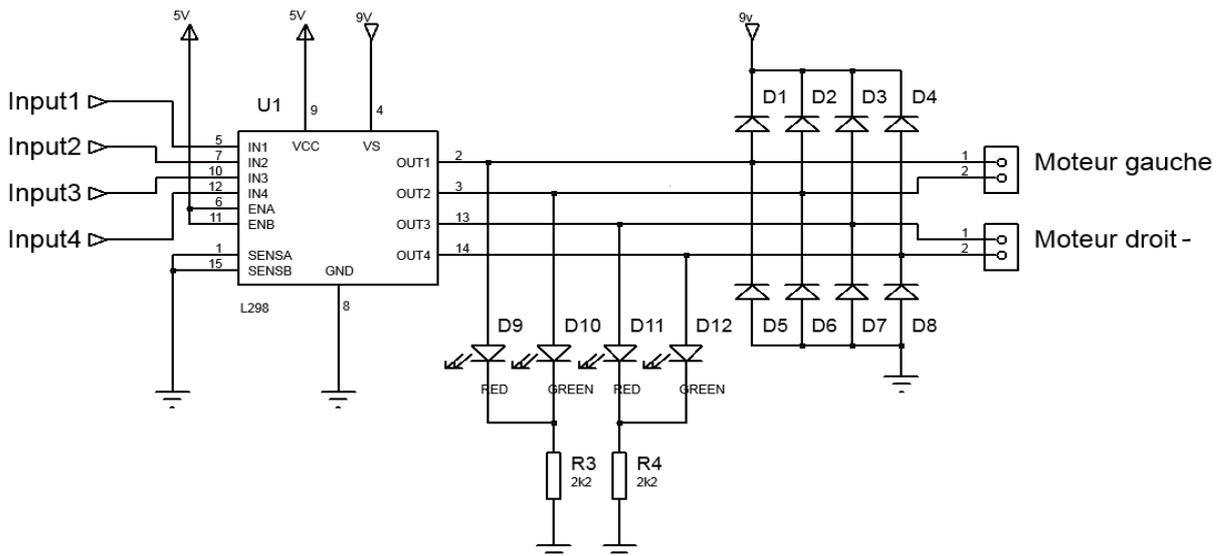


Figure III.3 : La Carte de Contrôle Moteur

❖ **Driver Moteur L298 :**

La tension de sortie d'Arduino n'étant pas suffisante pour alimenter les moteurs directement, il faut passer par le driver L298 (Figure III.4) qui permettra d'alimenter les deux moteurs. Le L298 est un double pont en H avec interface logique, mais il est nécessaire d'ajouter les diodes de roues libres, car elles ne sont pas intégrées.

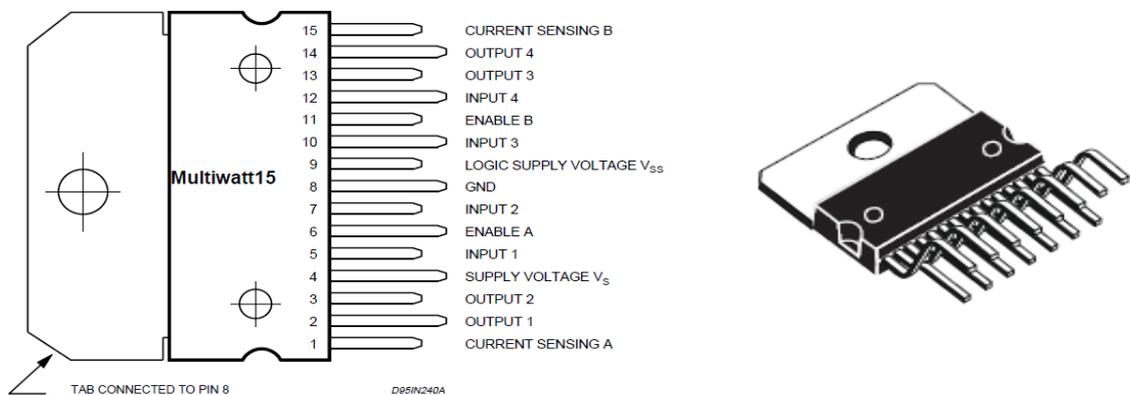


Figure III.4 :Hacheur L298

L'ATmega328 délivre une tension de 40mA par sortie, d'où le choix du L298 pour pouvoir alimenter les 2 moteurs cependant celui-ci consomme beaucoup de courant (1A en fonctionnement normal et 2A en charge maximal) Ce qui nous oblige à rajouter une alimentation qui fournit suffisamment de courant, mais permet d'empêcher les perturbations sur le microcontrôleur, en effet ce dernier n'influera que sur la tension.

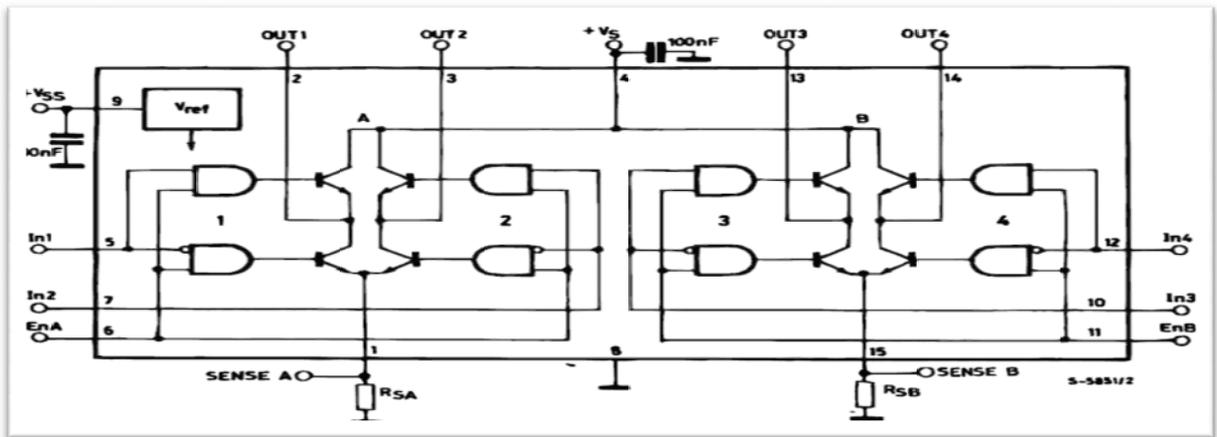


Figure III.5 : Schéma interne du L298

❖ Principales caractéristiques:

1. Tension d'alimentation du circuit logique : 5 V
2. Tension d'alimentation du circuit puissance : 0 V jusqu'à 48 V (nous serons à 5 V)
3. Tension minimale de sensibilité MLI : 2.3 V
4. Courant maximal du circuit puissance 3A

Et pour Alimenter les deux moteurs de notre robot voir le tableau suivant :

Entées			Moteur
Enable A	Input 1	Input 2	
0	x	x	Roue libre
1	0	0	Stop
1	0	1	Sens 1
1	1	0	Sens 2
1	1	1	Stop

Tableau (III.1) - Table de vérité pour un Moteur

III.3.2 Présentation des composants (Partie Opérative) :

A. Circuit Capteur CNY70:

Le CNY70 est un capteur infrarouge sensible à la couleur, en effet il est au niveau logique haut (5V) lorsqu'il perçoit une ligne blanche et au niveau bas pour du noir. Le niveau de tension varie selon la surface et la couleur utilisée. Le capteur doit être, en outre, placé très proche du sol pour capter de manière optimale.

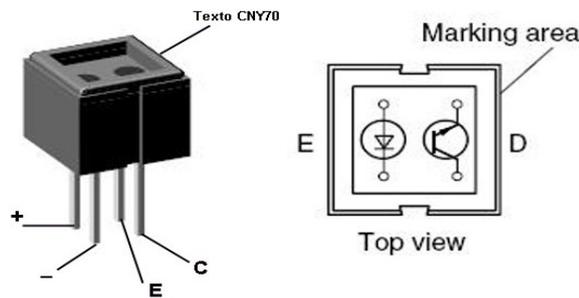


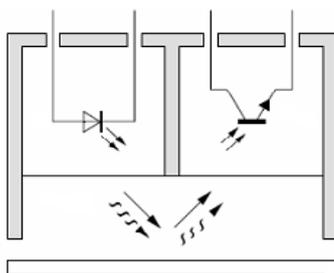
Figure III.6 : Schéma de principe du CNY70

❖ Principe de fonctionnement du capteur infrarouge :

Les deux capteurs utilisés seront à la fois émetteurs et récepteurs de rayons infrarouges. De manière simplifiée, ils transforment l'intensité des ondes infrarouges reçues en une tension proportionnelle à celle-ci qui est transférée à la carte de commande Arduino aux ports (12-13). Cette émission de rayons infrarouges est invisible à l'œil humain car la longueur d'ondes λ , qui différencie les multiples radiations, est inférieure à **800 (nm)** or, le spectre visible par l'Homme est situé à l'intervalle : **$400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$** .

Ce type de capteurs détecte soit :

- **une couleur claire** : l'extérieur de la ligne (la couleur du contreplaqué), dans ce cas les infrarouges émis seront presque en intégralité réfléchis donc la tension en sortie du capteur sera élevée.
- **une couleur foncée** : la ligne à détecter, dans ce cas les infrarouges émis ne seront pas réfléchis ou presque donc la tension en sortie sera faible.



Capteur au-dessus de l'aggloméré

Le support, de part de sa couleur claire, renvoie une grande partie des rayons émis. Le phototransistor est saturé. V_{ce} est élevé.

Figure III.7 : L'absence de ligne

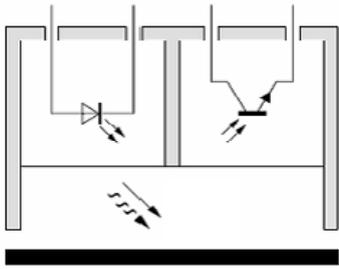


Figure III.8 :Présence de Ligne

Capteur au-dessus de la ligne

Le support de part, de sa couleur foncée, n'envoie pas pratiquement d'infrarouge. Le phototransistor tend à être bloqué. V_{ce} est faible.

❖ Principales caractéristiques :

Émetteur

1. Tension d'alimentation nominale : 1.25 V
2. Tension d'alimentation maximale : 1,6 V
3. Courant d'alimentation : 50 mA

Récepteur

1. Tension de sortie nominale : 5 V
2. Tension de sortie maximale : 5 V
3. Courant de sortie nominal : 100 μ A
4. Courant de sortie maximum : 1mA

B. Les motoréducteurs :

Les motoréducteurs sont des moteurs à courant continu mais avec un réducteur. Celui-ci va réduire la vitesse de rotation du moteur grâce à un système d'engrenages. On peut contrôler la vitesse de robot pour optimiser ses capacités. Dans ce cas on a pas besoin de faire varier la tension ce qui simplifie encore le robot pour les mêmes capacités.

Pour la conception de ce projet les moteurs utilisés : mo-réducteur (MINILOR - 45045), ce dernier est monté avec quatre modules différents qui ont chacun une réduction de (3-4-5-6). Voir la (Figure III.10).



Figure III.9 :Moto Réducteur (MINILOR - 45045)

❖ Caractéristique du Moteur (MINILOR -45045) :

- Alimentation par pile ou par transformateur
- Possibilité de construire d'autres réducteurs
- Plusieurs tensions d'alimentation de différente vitesse de rotation

Tension	Vitesse de Sortie
6V	16 T/min
12V	32 T/min
18V	48 T/min
24V	64 T/min

Tableau (III.2) - Variation de Vitesse par rapport tension

❖ Rapport de réduction :

- **Calcul** : multiplier les rapports des modules entre eux.
- Possibilité de ne mettre que 1,2 ou 3 modules.
- **Montage** : empiler les modules choisis et les maintenir par 4 vis

❖ Vitesse de sortie du Motoréducteur :

On peut calculer la vitesse de sortie d'un motoréducteur par la formule suivante :

$$\text{vitesse de sortie (T /min)} = \frac{\text{vitesse du moteur}}{\text{Rapport de réduction}}$$

III.3.3 L'écran d'affichage :

Nous avons décidé d'ajouter un écran LCD au projet car, bien qu'il ne soit pas indispensable au bon fonctionnement du robot, il nous permettra de faciliter et détecter le sens de trajectoire du robot mobile (chemin droit, virage à droite, virage à gauche, recherche de la ligne).



Figure III.10 : L'écran D'affichage LCD 16*2

III.4 Conception Informatique :

III.4.1 Le logiciel et la carte Arduino :

Pour programmer la carte Aduino, on utilise le logiciel Arduino prévu à cet effet. C'est un logiciel libre et gratuit développé pour Windows, Mac et Linux. Ce logiciel présente une interface épurée et permet de développer facilement des programmes qui peuvent être transférés sur la carte en branchant celle-ci sur un port USB. Le langage utilisé par le logiciel est basé sur le C, auquel s'ajoutent des instructions spécifiques au langage Arduino. Le logiciel dispose d'une banque de données d'exemples très riches qui permettent d'utiliser des morceaux de codes pré-écrit.

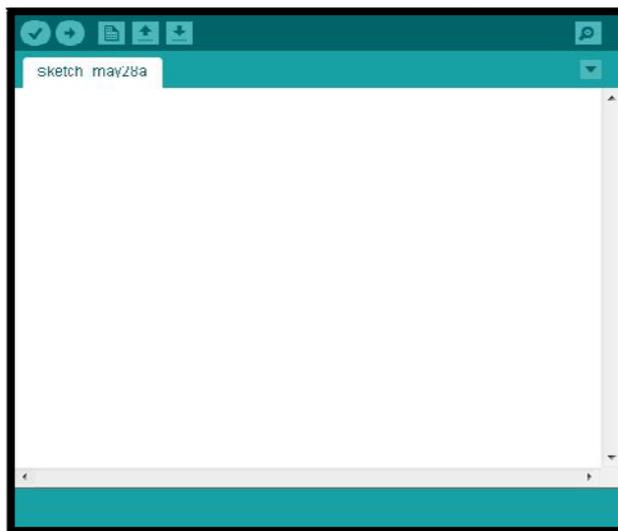


Figure III.11 : Capture D'écran du Logiciel Arduino

III.4.2 Description du programme :

Le programme développé pour ce projet se découpe en fonctions, incluant loop et setup :

- fonction ligneDroite () : Void
- fonction virageGauche () : Void
- fonction virageDroite () : Void

La fonction ligneDroite se charge de la gestion de la ligne droite et de la rectification de trajectoire en ligne droite. Les fonctions virageDroite et virageGauche se chargent d'effectuer un virage lorsque la ligne se courbe. Ces fonctions sont des fonctions non bloquantes, c'est à dire qu'elles s'exécutent sur une durée finie, et elles ne peuvent pas bloquer le programme. Ces fonctions sont appelées dans la fonction loop.

III.4.3 Le Développement :

La conception informatique c'est l'étape la plus importante dans ce projet, par ce que c'est un ensemble d'ordres envoyés par la carte de commande Arduino , ces derniers seront reçu par le système électrique et le système mécanique.

Pour la programmation du microcontrôleur **ATmega328**, il est impératif d'utiliser le logiciel **Arduino Software** Version **1.6.3 (Mars 2015)**, ce logiciel c'est un Outils de développement servant à créer des programmes en langage C, à les compiler, puis à envoyer le programme vers le microcontrôleur.

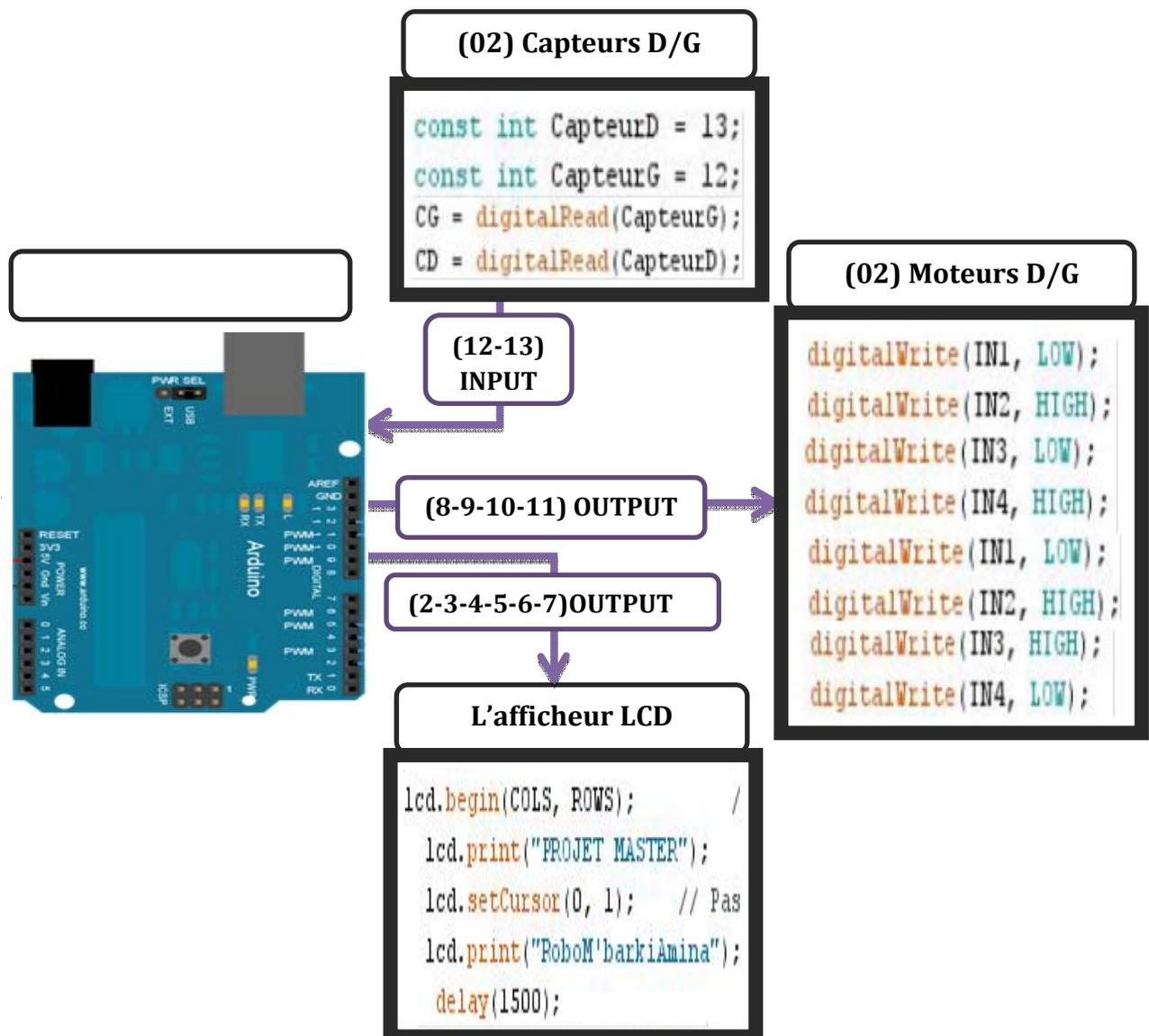


Figure III.12 : Diagramme de Conception Informatique

Le diagramme de conception de ce projet montre les trois grandes parties qui représentent chacune une tâche liée l'un à l'autre.

III.5 Conception Mécanique :

Tout d'abord il faut choisir la motorisation, les deux moteurs utilisés dans le projet « MINILOR-45045 ». Il est nécessaire de savoir quelques caractéristiques mécaniques.

III.5.1 Données établies :

Il existe quelques caractéristiques mécaniques qu'il faut prendre en considération :

Caractéristiques	Données	Méthode de Résolution
Poids du robot	1kg	Poids estimé avant réalisation
Diamètre des roues	5,1 cm	mesuré
Dimension du châssis	210*150*8	Mesure des cartes
Axe moteur	3mm	Contrainte du moteur

Tableau (III.3) – Caractéristiques Mécaniques du Robot

III.5.2 Modélisation et Conception :

- Le projet de conception du robot a été modélisé grâce au logiciel **SolidWorks** afin de répondre à certaines contraintes et de trouver les solutions techniques adaptées au fur et à mesure de l'avancement de projet.
- Les dimensions utilisées pour réaliser le châssis c'est grâce aux dimensions des deux cartes électroniques (carte d'alimentation, carte de contrôle et la batterie) qui seront placées au-dessus du châssis.
- Le robot sera propulsé par les deux moteurs **Minilor**, et la roue bille sera donc placée à l'avant. on fait ce choix pour éviter en cas de blocage des roues que le châssis ne se lève pas pour ne pas entraîner un risque de dégradation.
- La roue bille est fixée avec des vis qui permettent de régler la hauteur avec les deux roues d'arrière, afin d'ajuster l'inclinaison du robot.
- Les cartes électroniques doivent également être fixées avec le même type de vis sur le dessus du châssis.
- Les capteurs sont fixes dans un support avec des vis, ce dernier est réglable (horizontalement & verticalement) pour l'adapter avec différentes épaisseurs de ligne et faciliter le réglage de distance entre le capteur et le sol.

III.6 Conclusion :

La conception détaillée permis d'avoir une vision plus précise sur le sujet et une compréhension plus profonde des tâches à réaliser. Elle mène également à prévoir les besoins matériels et logiciels nécessaires pour atteindre l'objectif.

Ce chapitre présente les différents diagrammes conceptuels du projet. Ces diagrammes vont être la base sur laquelle sera réalisèle projet, cette phase sera détaillée dans le chapitre suivant.

IV.1 Introduction:

Ce chapitre représente dans un premier lieu, les étapes de réalisation pratique (Software & Hardware) électronique, mécanique et informatique détaillées. Par la suite on va représenter le robot de façon finale électrique & mécanique.

IV.2 Organisation du travail :

La réalisation de ce projet nécessite de tracer un organigramme de réalisation, pour bien définir la relation entre les trois types de réalisation.

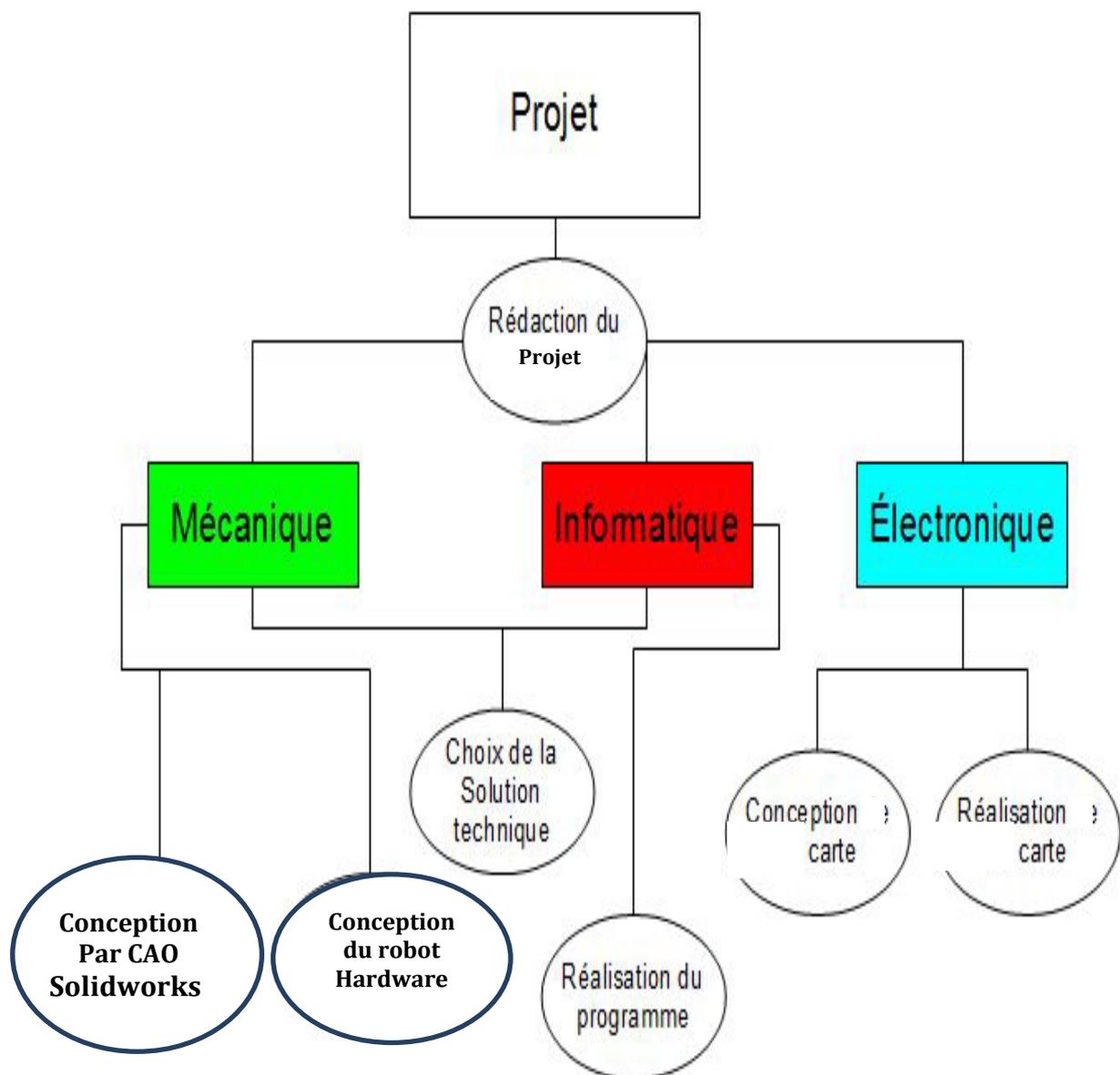


Figure IV.1 :L'organigramme de travail

IV.3 Réalisation Informatique :

Cette partie présente l'environnement de développement du travail, c'est à dire les outils informatiques logiciels « logiciels ».

1. Arduino :

Arduino est composé de deux éléments. Un objet et un logiciel : une carte électronique et une plateforme de développement qui va permettre de programmer cette dernière. Arduino, a été conçu pour être accessible à tous par sa simplicité. Mais il peut également être d'usage professionnel, tant les possibilités d'applications sont nombreuses.

2. « ISIS » Proteus :

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de détecter certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

3. « ARES » Proteus :

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le typon de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

4. Solidworks :

SolidWorks est un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés.

Un dossier complet contenant l'ensemble des fichiers relatifs à un même système constitue une maquette numérique.

IV.4 Réalisation Matérielle :

IV.4.1 Réalisation électrique :

Cette réalisation représente les schémas développés de la conception électronique et leur teste dans le projet présenté.

IV.4.1.1 Réalisation d'un circuit imprimé :

A. Matériel nécessaire :

- ❖ Plaque d'époxy pré-sensibilisé simple face
- ❖ La scie à métaux pour découper l'époxy
- ❖ Un sachet de révélateur
- ❖ Du perchlore de fer liquide ou en granulés à diluer (lire la doc fournie avec pour la préparation)
- ❖ Une insoleuse (par défaut une simple ampoule de 100 Watts avec une plaque de verre peu convenir)
- ❖ Une mini-perceuse avec des forets 1.5 et 2mm.

B. Le typon :

Un typon est une image du circuit imprimé. Les pistes sont en noir et le reste doit être transparent à la lumière.

La méthode utilisée est d'imprimer le typon sur une feuille blanche et verser l'huile de cuisine sur les deux faces pour la rendre transparente à la lumière.

C. L'insolation :

Le typon est placé sur la plaque pré sensibilisée simple face (dimensions L*) coté résine après avoir enlevé le film protecteur, l'ensemble est exposé pendant 3mn au UV dans une insoleuse.



Figure IV.2 : l'insoleuse

D. Révélation :

Le révélateur doit être mis dans une bassine en plastique ou en verre, le temps de révéler le circuit imprimé, puis devra être remis dans son récipient de stockage juste après usage. La température optimale d'utilisation de ce produit est généralement de (20 à 24)°C.

Le temps de révélation peut varier de quelques secondes à quelques dizaines de seconde, mais cela reste rapide dans tous les cas, et est parfaitement visible. Pendant qu'on remue (délicatement) la bassine, On voit apparaître petit à petit le cuivre nu (couleur rose) aux endroits exposés aux UV, c'est à dire aux endroits qui ne doit pas subsister à l'étape de gravure finale.

E. La gravure :

La gravure va permettre au cuivre non protégé par la couche de résine (issu de la révélation) de se dissoudre. Plonger le circuit dans un bain de perchlorure de fer à 50 °C pendant le temps nécessaire à la dissolution en agitant fortement. Le perchlorure de fer est un acide toxique et corrosif pour la peau mais aussi pour la tuyauterie. Ne pas laisser trop longtemps le circuit dans le bain sinon tout sera dissous. Bien rincer après gravure. Le nettoyage du circuit se fait avec de l'acétone ou du dissolvant à ongle.

F. Perçage :

Dans cette étape on perce les pastilles du circuit imprimé avec une machine électrique à percer, la mini perceuse.



Figure IV.3 : Perceuse

G. Soudage :

La technique du soudage nécessite une technique suivante : préchauffer la pastille et la patte avec le fer pendant un bref délai, et seulement ensuite appliquer le fil d'étain. On doit avoir l'étain fondre et se positionner tout seul autour de la patte. Retirer le fil puis le fer.

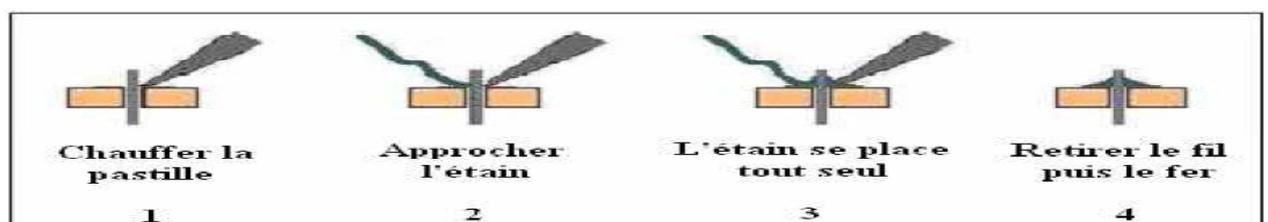


Figure IV.4 : Soudage

IV.4.1.2 Réalisation Des Cartes :

A. Schéma développé des cartes :

❖ Carte d’Alimentation :

La Carte d’alimentation utilisée dans ce présent projet a trois tensions différentes selon les besoin de la réalisation, chaque cartes du système à son propre tension, **12volt** pour la carte d’Arduino, **9volt** pour la carte de contrôle et **5volt** pour les cartes d’acquisition (care de capteur). Voir la (Figure VI.5)

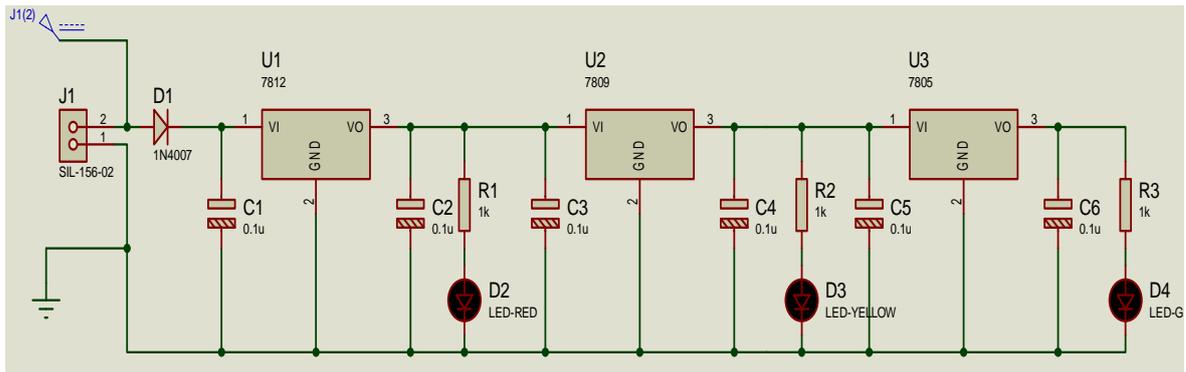


Figure IV.5 : Schéma Développé de la Carte d’Alimentation

❖ Carte Commande Arduino UNO:

La carte ArduinoUNO est l’esprit de ce projet, elle fait la relation entre Arduino(SOFT) et l’électronique (HARD) (voir Chapitre 2 et 3).

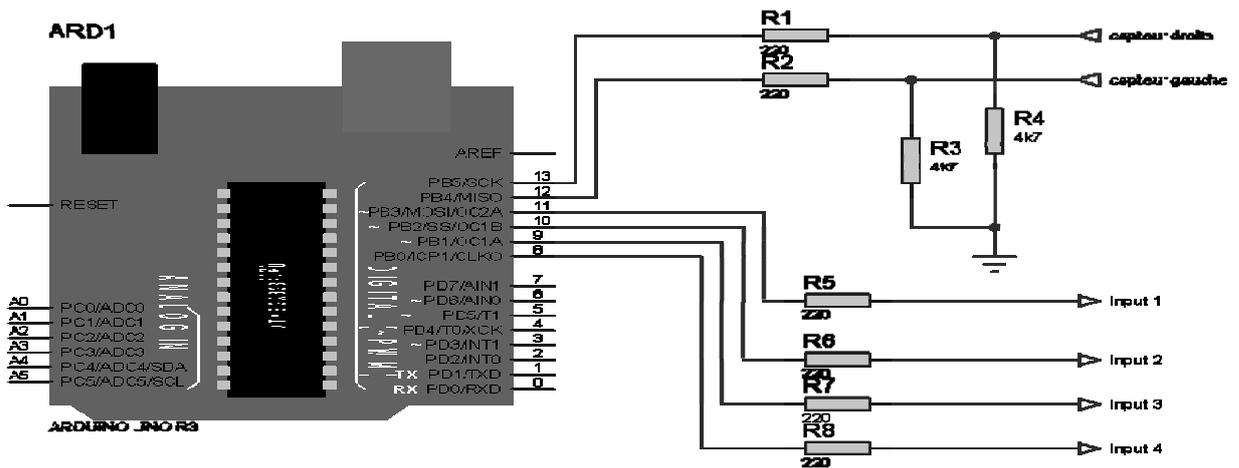


Figure IV.6 : Schéma Développé de la carte Arduino (Carte de Commande)

❖ Carte Contrôleur moteur :

Il existe plusieurs driver qui permettent de contrôler un robot, cette carte est réalisée avec le driver **L298** double pont en H, ce dernier va alimenter les deux moteurs.

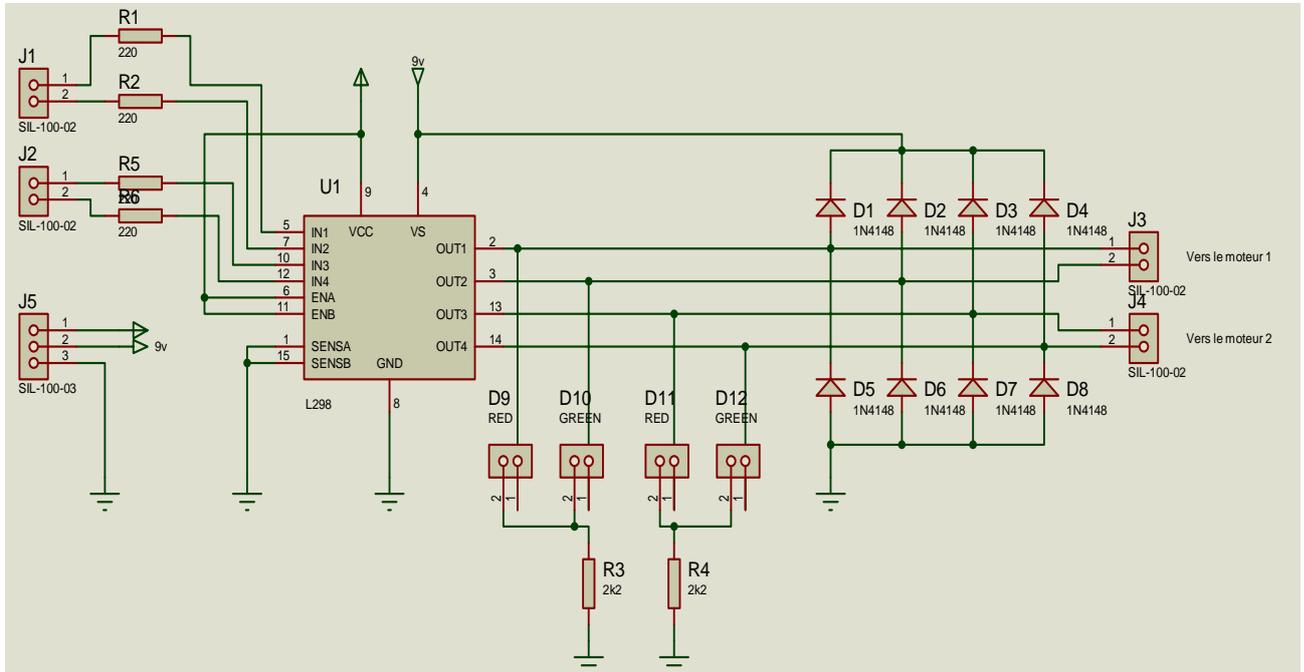


Figure IV.7 : Schéma Développé de la carte de contrôle (L298)

❖ Cartes d'Acquisitions (Carte Capteur Gauche & Carte Capteur Droit):

Dans ce projet, la détection de trajectoire se fait à travers deux capteurs **CNY70** ; l'un pour la carte capteur du côté Droit et l'autre pour la carte du côté capteur gauche.

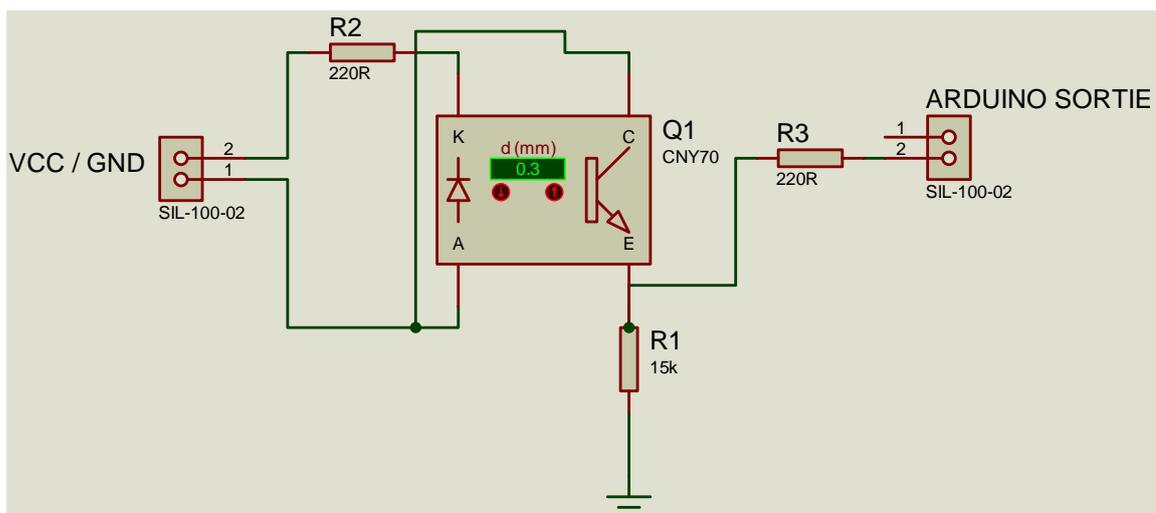


Figure IV.8 : Schéma Développé de la carte d'Acquisition

❖ Cartes d’Affichage LCD :

Après détection de trajectoire, la carte de commande envoie des signaux à l’afficheur LCD, ces signaux sont des messages qui indiquent le type de la trajectoire (chemin droit, virage à droite, virage à gauche, recherche de la ligne). Pour cela on réalise cette carte avec le brochage indiqué dans la (Figure IV.14). (Voir chapitre III)

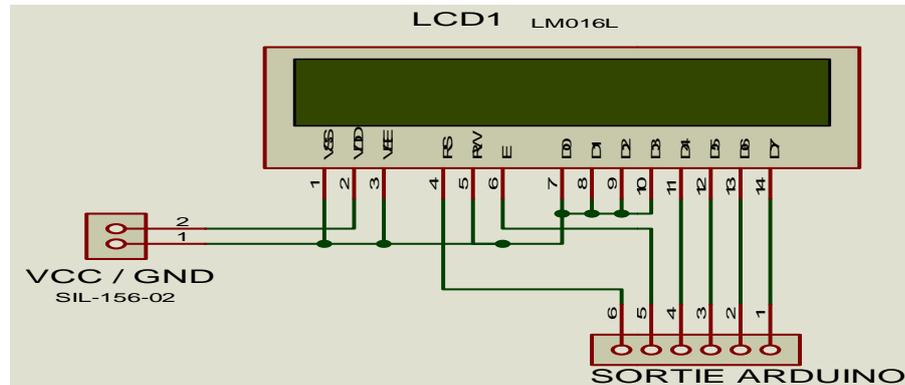


Figure IV.9 : Schéma Développé de la carte d’Affichage

B. Schéma d’Implémentation des Composants :

Cette étape est juste une petite phase de soudage qui consiste à implémenter les composants sur les quatre cartes en utilisant le schéma électrique associé à chaque carte.

❖ Carte d’Alimentation :

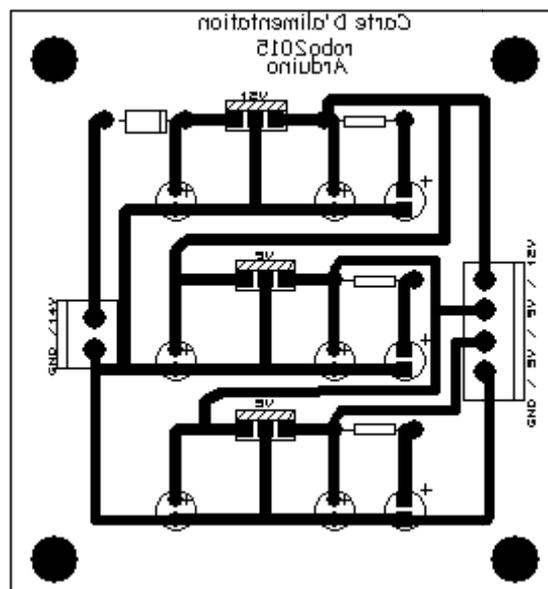


Figure IV.10: Schéma d’Implantation des Composants « L’alimentation »

❖ Cartes d’Affichage LCD :

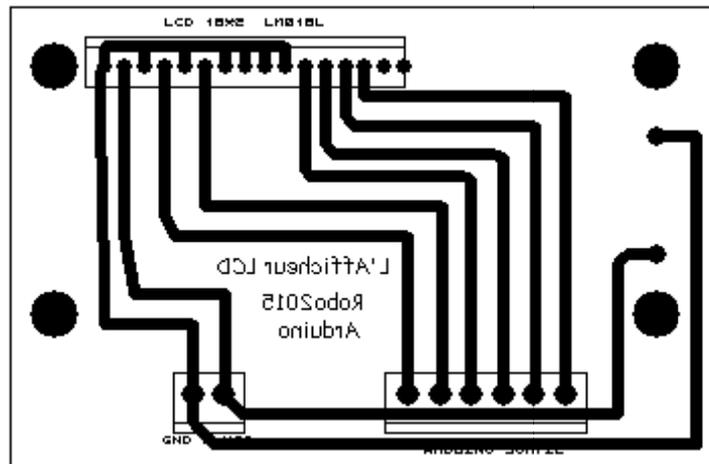


Figure IV.13: Schéma d’Implantation de l’Afficheur « LCD »

C. Réalisation des Typon:

La réalisation des circuits imprimés (le typon) a été faite grâce au logiciel (ISIS-ARES) Proteus 8 professionnelle.

❖ Carte d’Alimentation :

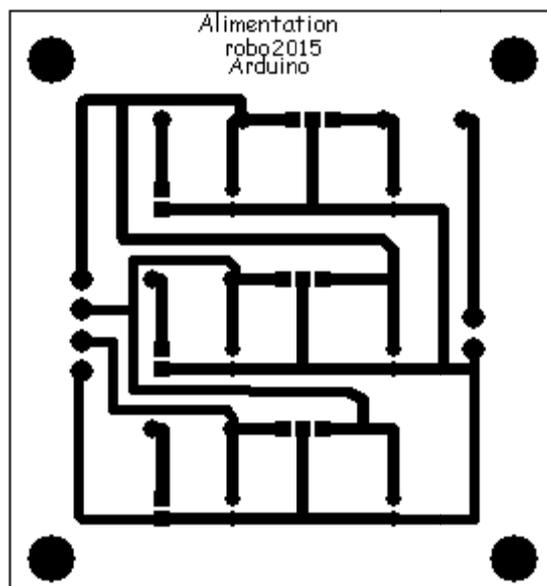


Figure IV.14 : Typon de la Carte d’Alimentation

❖ Carte Contrôleur moteur :

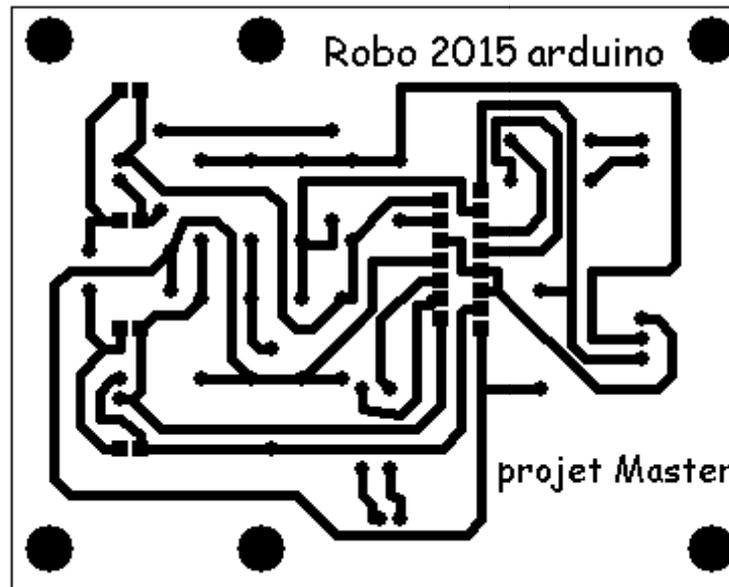


Figure IV.15 : Typon de la Carte de Contrôle

❖ Cartes d'Acquisitions :

La figure suivant représente cotée cuivrée pour une seule carte d'acquisition soit du côté gauche ou du côté droite puis en utilisant le même schéma développé.

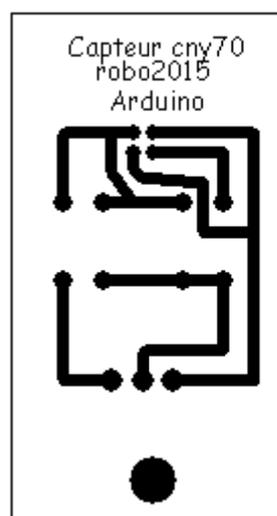


Figure IV.16 : Typon de la Carte D'acquisition (Capteur)

❖ Cartes d’Affichage LCD :

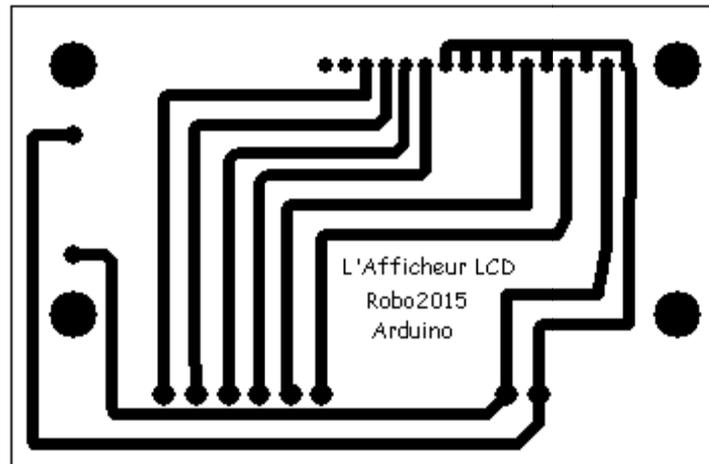


Figure IV.17 : Typon de la Carte de l’Afficheur LCD

IV.4.1.3 Tests et résultats :

Après la réalisation des cartes, il est nécessaire de faire des tests sur toutes les cartes. Après chaque test, il faut comparées les résultats obtenu pratiquement avec les résultats de consigne.

A. Test Carte d’Acquisition :

Le test de la carte consiste à mesuré les tensions au son capteur « émetteur de la photo transistor ». Chaque couleur détecté est soit claire ou foncé par le capteur **CNY70**, elle va donner une tension adéquate. Pour la couleur **Blanc** la tension affiché sur le multimètre est de **4.81 V**, et pour la couleur **Noir** le multimètre affiché une tension de **0.05 V**. Les résultats sont satisfaisants ce qui implique un bon fonctionnement de la carte. (voir chapitre III ; paragraphe III.3.2).

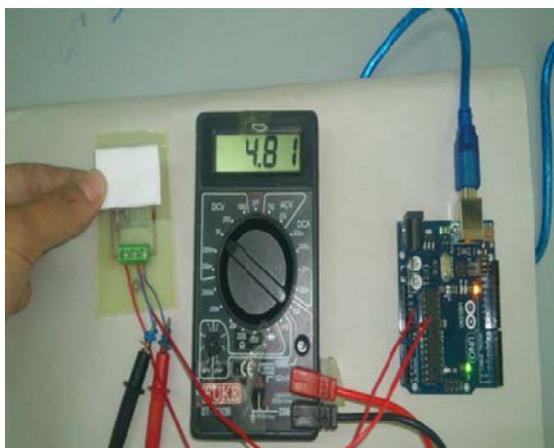


Figure IV.18: Tension mesurée

« Détection la Couleur Blanc »



« Détection la Couleur Noir »

B. Test Carte D'affichage LCD :

Le test de la carte est fait sur les types de messages à afficher dans les différents cas étudiés.

- ✓ Message « Chemin Droit » : les deux capteurs détectent la couleur Noir.

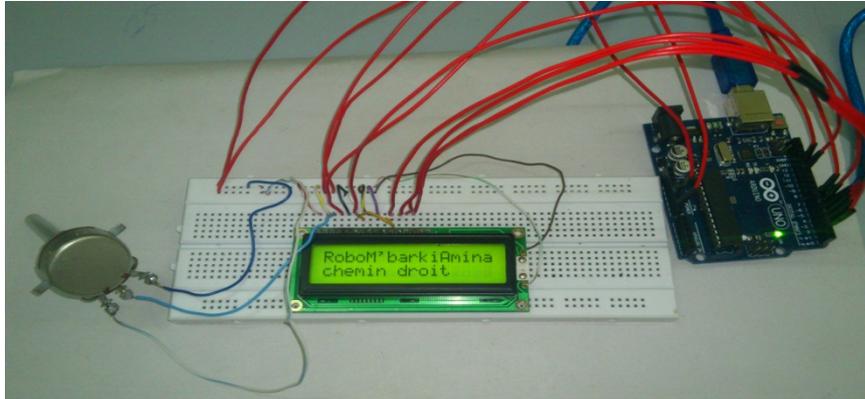


Figure IV.20: Test de l'Afficheur pour le Message « Chemin Droit »

- ✓ Message « Virage Droit » : le capteur doit détecter la couleur Noir et l'autre la couleur Blanche.

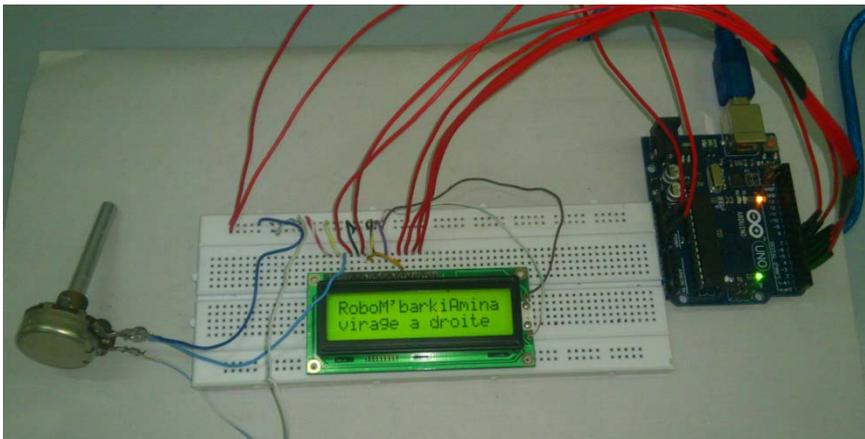


Figure IV.21: Test de l'Afficheur pour le Message « Virage à Droite »

- ✓ Message « Virage à Gauche » : le capteur gauche détecte la couleur Noir et l'autre la couleur Blanche.

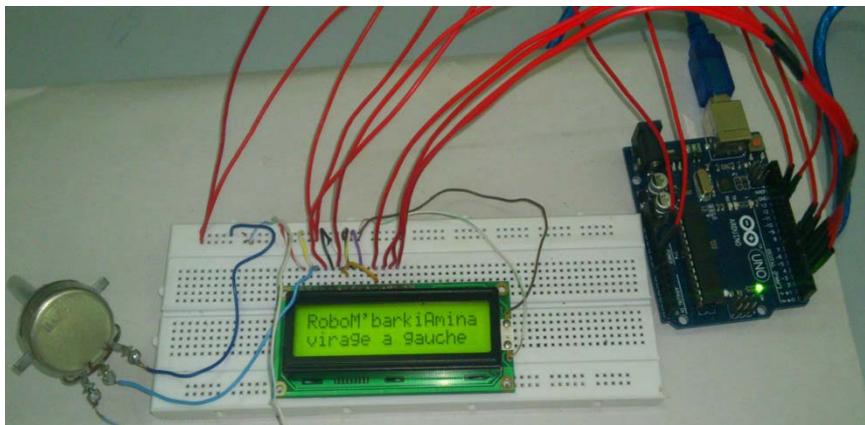


Figure IV.22 : Test de l'Afficheur pour le Message « Virage à Gauche »

- ✓ Message « Cherche la Ligne » : les deux capteurs détectent la couleur Blanche.

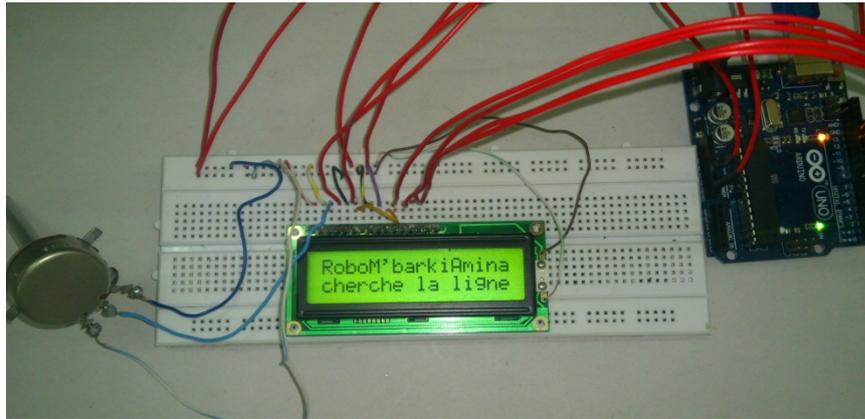


Figure IV.23: Test de l'Afficheur pour le Message « Cherche la Ligne »

C. Test de la Carte D'affichage LCD avec la Carte Capteur CNY70 :

- ✓ Message « Chemin Droit » : les deux capteurs détectent la couleur Noir.

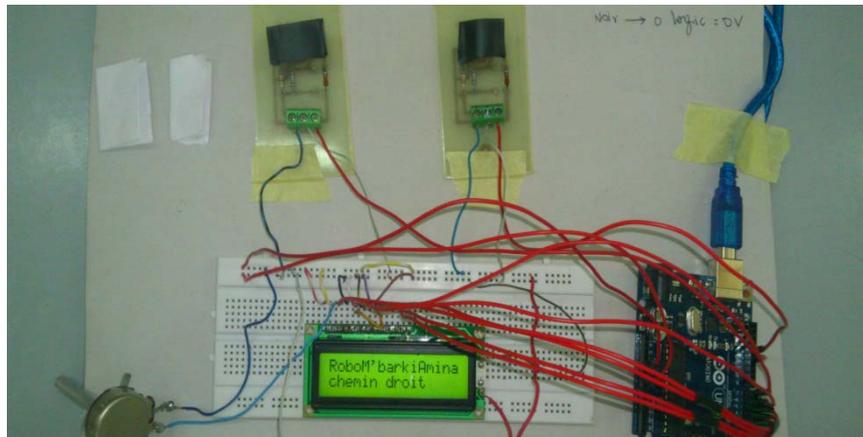


Figure IV.24: Test de l'Afficheur & les deux Capteurs pour le Message « Chemin Droit »

- ✓ Message « Virage à Droite » : le capteur doit détecte la couleur Noir et l'autre la couleur Blanche.

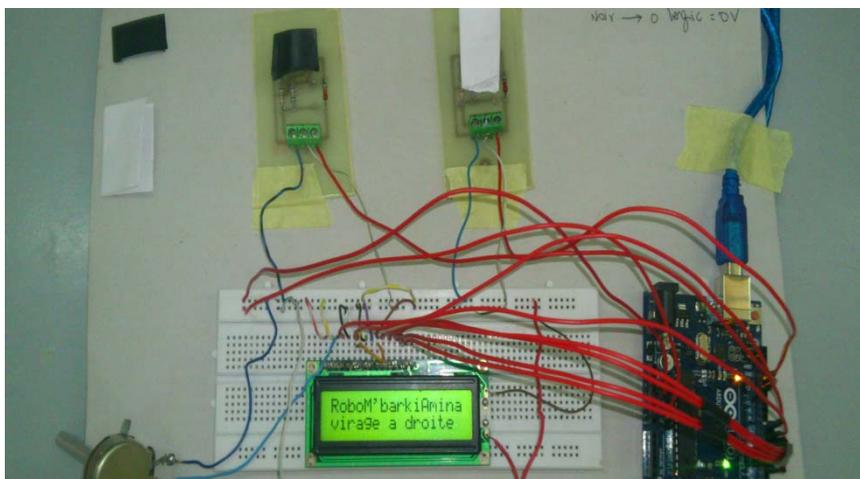


Figure IV.25: Test de l'Afficheur & les deux Capteurs pour le Message « Virage à Droite »

- ✓ Message « virage à gauche » : le capteur gauche détecte la couleur Noir et l'autre le Noir.

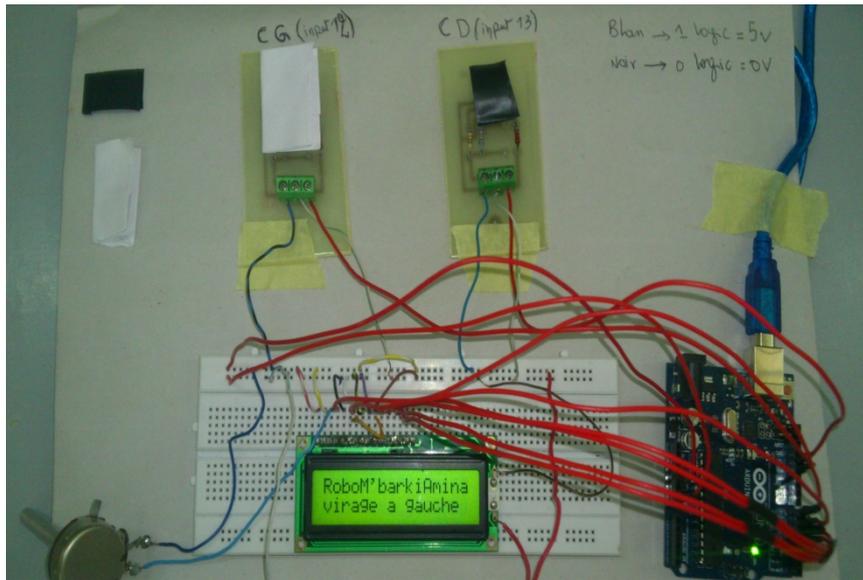


Figure IV.26: Test de l’Afficheur & les deux Capteurs pour le message « Virage à Gauche »

- ✓ Message « cherche la ligne » : les deux capteurs détectent la couleur Blanche.

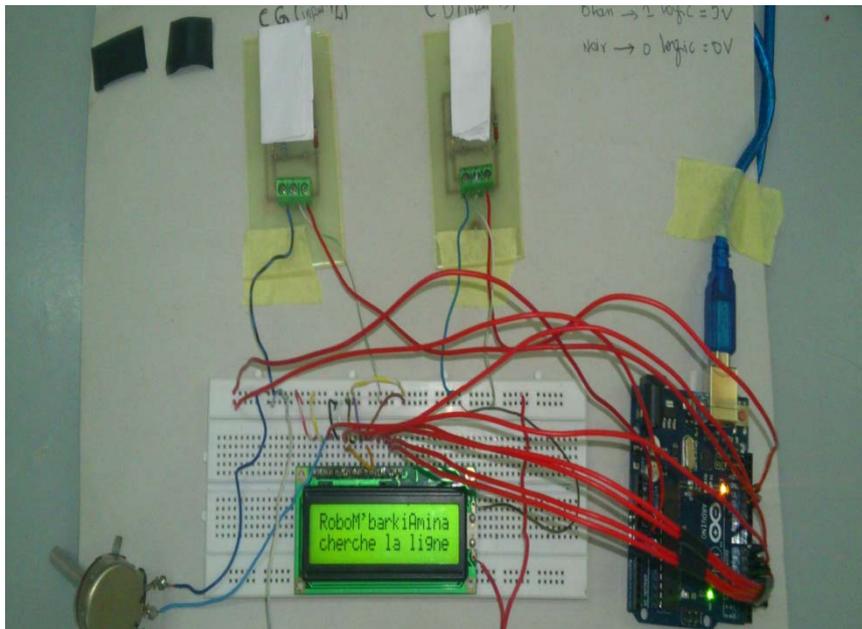


Figure IV.27: Test de l’Afficheur & les deux Capteurs pour le message « Cherche la ligne »

D. Test de la Carte de Contrôle :

Le test de cette carte c’est des tensions mesurées de d’entrée et sortie du driver moteur **L298**. Le tableau ci-après (Tableau IV.1) résulte tous les cas possible qu’on peut les voir « bon fonctionnement ».

Les Entrées du L298 (volts)				Les Sorties du L298 (volts)			
Input 1	Input 2	Input 3	Input 4	Output 1	Output 2	Output 3	Output 4
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	5	0	0	0	9
0	0	5	0	0	0	9	0
0	0	5	5	0	0	9	9
0	5	0	0	0	9	0	0
0	5	0	5	0	9	0	9
0	5	5	0	0	9	9	0
0	5	5	5	0	9	9	9
5	0	0	0	9	0	0	0
5	0	0	5	9	0	0	9
5	0	5	0	9	0	9	0
5	0	5	5	9	0	9	9
5	5	0	0	9	9	0	0
5	5	0	5	9	9	0	9
5	5	5	0	9	9	9	0
5	5	5	5	9	9	9	9

Tableau (IV.1) : Résultat de teste L298

IV.4.1.4 Nomenclature : on doit citer les composants de chaque carte.

Les Cartes	Les Composant Utilisés
Carte d’Alimentation	Résistances : 1K Ω (3) Condensateur : 0.1 μ F (6) Régulateurs : 7812 ; 7809 ; 7805 LED : Rouge ; Vert ; Jaune Diode : 1N4007 Connecteur ; Bornier
Carte de Commande	Carte Arduino UNO ; Câble USB ; Câble d’Alimentation
Carte de Contrôle	Résistances : 2,2K Ω (2), 220 Ω (4) LED :Rouge (2) ; Vert (2) Diode : 1N4007 (8) Driver Moteur : L298 Connecteur
Carte D’acquisition	Résistance : 15K Ω (2), 220 Ω (2) ,180 Ω (2) Capteur : CNY70 (2)
Carte d’Afficheur	L’afficheur LCD (16*2) ; Connecteur ; Bornier

Tableau (IV.2) : Liste des Composant Pour Chaque Carte

IV.4.2 Réalisation Mécanique :

Ce type de réalisation représente les différents vus des pièces de la conception mécanique Software « **Solidworks** » et Hardware.

IV.4.2.1 Présentation du robot software :

Cette partie présente les différents vus des pièces du robot en 2Dimension et 3Dimension.

A. **Châssis** : le support de placement des cartes

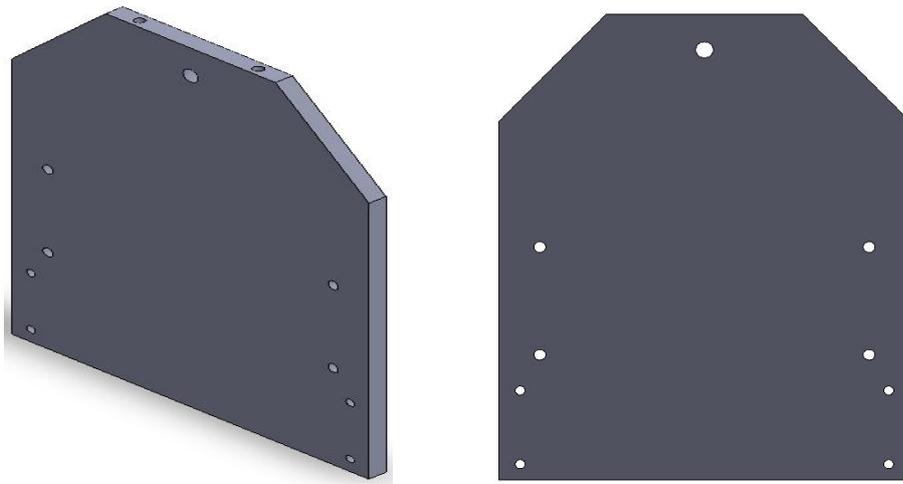


Figure IV.29:Châssis du Robot« Vu de face »

B. **Pièce fixant le moteur** :sur le quel en fixe un moteur avec des vis.

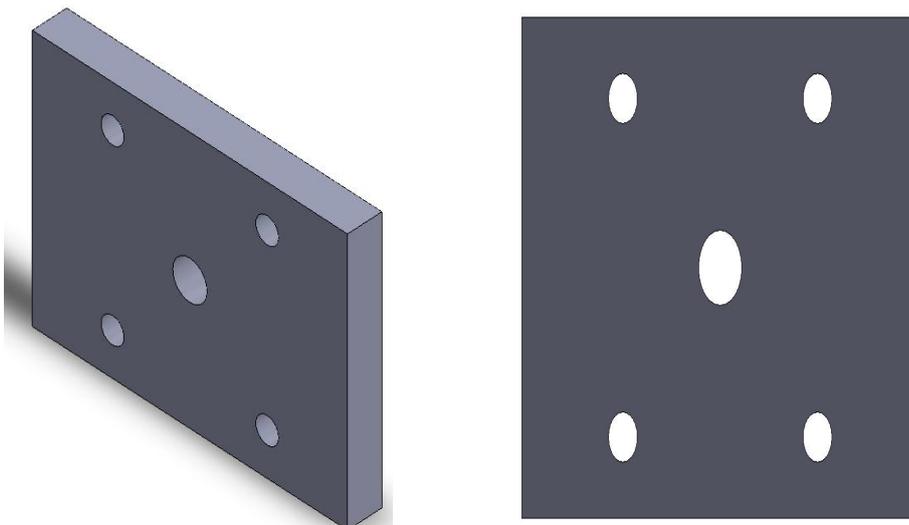


Figure IV.30:Pièce qui fixe le moteur sur le Châssis

- C. Pièce fixant l’Afficheur** : cette pièce fixée au-dessus de châssis pour installer l’afficheur.

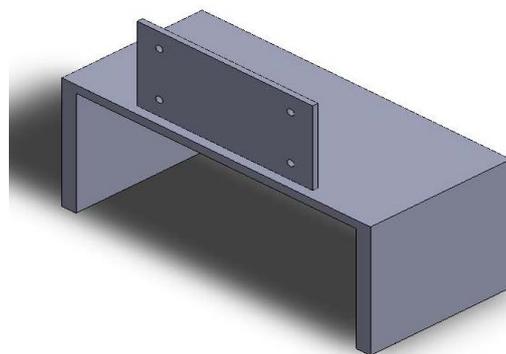


Figure IV.31: Pièce qui fixe l’Afficheur

- D. Pièce Fixant les Cartes d’Acquisition (capteur)** : cette pièce, permet de rendre le robot à l’utilisation standard pour des épaisseurs de trajectoire réglable.

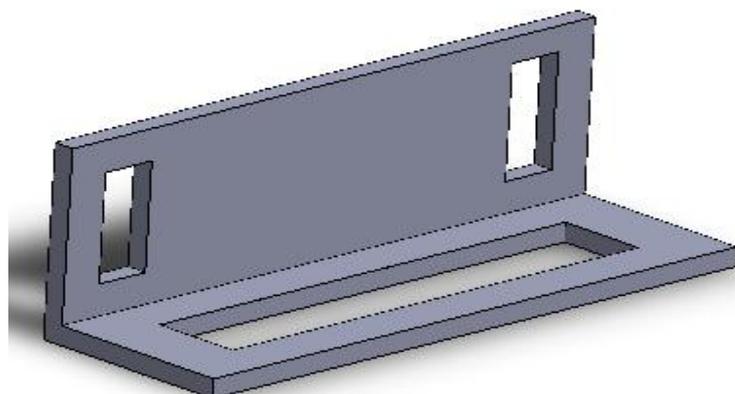


Figure IV.32: pièce qui fixe les cartes D’Acquisitions

- E. L’assemblage des pièces** : dans la figure en dessous permettre de définir le robot après l’assemblage des pièces.

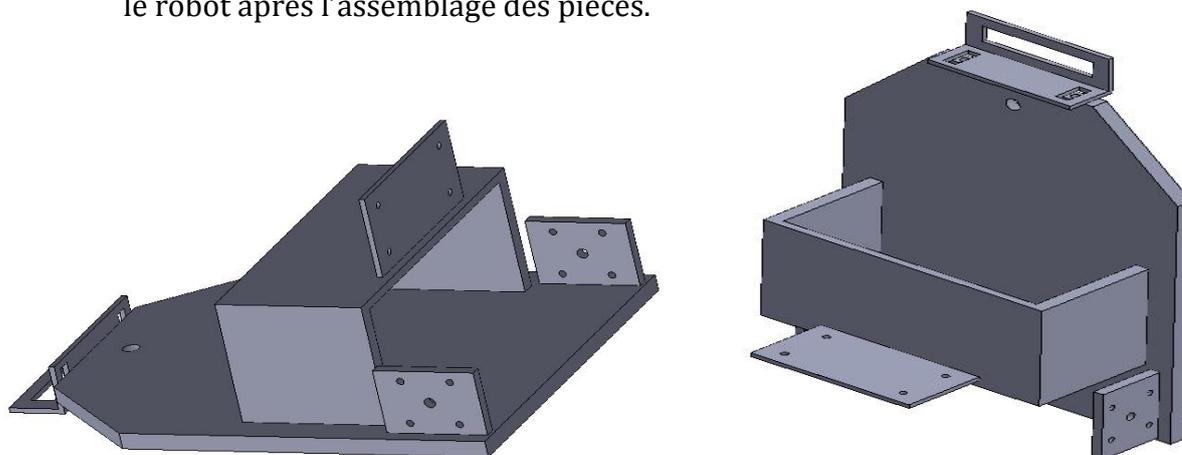


Figure IV.33: L’Assemblage des Pièces

F. Les vus du robot : la figure qui vient par la suite, présente les différents vus du robot après l'assemblage des pièces.

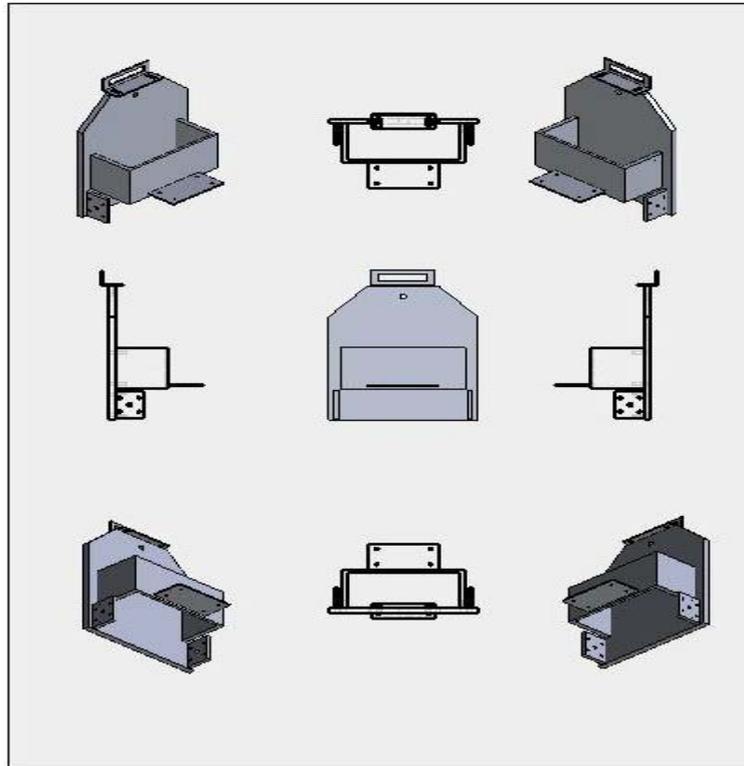


Figure IV.34: Les vus du Robot

IV.4.1.2 Présentation du Robot Hardware :

Cette partie présente le produit final après l'assemblage des pièces et placement de la roue bille.



Figure IV.35: le Robot

IV.4.1.3 Liste de Matériel Utilisé :

Dans la réalisation mécanique on a besoin de la matière d'œuvre « Aluminium » par ce que il est rigide et moins lourd et d'autre matériel.

- Plaque d'aluminium
- (02) moteur réducteur
- (02) Roues & pneu
- Roue bille
- Carcasse à former
- Les visse

IV.5 Perspective :

- Ce travail peut être fonctionné si en utilisant d'autre type de carte pour la commande.
- On peut le commandée le robot par Bluetooth
- On peut utiliser des panneaux photovoltaïque pour alimenter le robot au lieu d'utilisé une batterie dans ce cas on va diminuer le poids du robot.
- On peut aussi utiliser un jeu de lumière ou bien des messages vocaux dans les deux coté droite et gauche pour la signalisation de direction.

Si on cherche des améliorations à ce projet système il existe plusieurs solutions, donc on a essayé de citer quelque perspective qu'on peut le réaliser.

IV.6 Conclusion :

On a consacré ce chapitre pour la réalisation du robot mobile à l'aide des outille informatique (les logiciel), mécanique (matière d'œuvre, les moteur,...) et électronique (les composant,les appareils de mesure, ...).

On a passé par quatre étapes essentielles : programmation des actions de système, réalisation des cartes électronique, réalisation les pièces du robot (coté mécanique) et finalement l'étape d'assemblage de tous les parties.

On à présenter Les étapes de la réalisation des cartes (coté électronique) et Les résultats des tests qui font sur toutes les cartes est indiquent le bon fonctionnement du système.