

---

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 حطب البليدة  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA  
كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie  
قسم الإلكترونيك  
Département d'Électronique



## Mémoire de Master

Mention Électronique  
Spécialité : Automatique

Merbah amira

&

Berkane yacine

---

Commande des mouvements d'un robot mobile par logique  
floue

---

Proposé par : kased

Année Universitaire 2016-2017

## Remerciements

---

Je tiens d'abord à remercier Allah le tout puissant pour m'avoir donné le courage et la patience

Je tiens tout particulièrement à remercier mon promoteur monsieur kAZED pour ses conseils très précieux et la confiance qu'il m'a accordée tout au long de mon travail de thèse. Je vous remercie de m'avoir donné l'opportunité de m'exprimer sur un sujet aussi intéressant ainsi que pour la liberté d'action et la confiance que vous m'aviez concédées

Je souhaite remercier les membres du jury de m'honorer de leur présence lors de cette soutenance de thèse

Je souhaiterais faire part de ma reconnaissance, à tous mes enseignants de mon cursus scolaire qui n'ont ménagé aucun effort pour m'aider

Je remercie ma maman chérie et mon super papa d'être toujours là pour moi, à mon frère et ma sœur pour leur soutien.

Merci à toute ma famille et mes amis.

---

ملخص:

في قلب تطوير هذا المشروع سوف نقوم بتصميم روبوت محمول متنقل و مستقل مزود بنظام تحديد الموقع بواسطة كاميرا. سيتم تثبيت هذا الأخير بجانب الروبوت. إحداثيات موقع الروبوت تكون نتيجة معالجة الصور في الكاميرا. طبقتنا على هذا الروبوت وحدة تحكم كاشف غامض قادرة على تسهيل مهمة التقلّب بشكل مستقل.

كلمات المفاتيح: روبوت. مستقل. المنطق الضبابي.

---

**Résumé :**

Au cour de l'élaboration de ce projet nous allons concevoir un robot mobile autonome muni d'un système de localisation par une caméra. Cette dernière sera installée à coté du robot. les coordonnées de la position du robot issues par la caméra au cour du traitement des images.

Nous avons appliqué à ce robot un contrôleur flou réactif capable de faciliter la tache de navigation d'une manière autonome.

**Mots clés :** robot mobile, autonome, logique floue .

---

**Abstract :**

In the course of the development of this project we will design a mobile robot autonomous equipped with a system of location by a camera. The latter will be installed next to the robot. The coordinates of the position of the robot coming from the camera during the processing of the images.

We have applied to this robot a reactive fuzzy controller capable of [of making easier](#) the navigation task in an autonomous way.

**Keywords :** mobil robot, autonome, fuzzy logique

---

# Liste de matières

1.1 Les robot mobiles :	2
1.1.1Introduction:	2
1.2Définition d'un robot mobile :	2
1.2.1Classification d'un robot mobile :	2
1.3 Domaine d'application:	2
1.4 Les avantages et les inconvénients de robot	2
1.4.1 Les avantages	4
1.4.2Les inconvénients :	4
1.5 Les moyens de perception en robotique mobile :	4
1.6Les types de robots mobiles :	5
1.6.1Les robots à chenilles :	5
1.6. 2Les robots marcheurs:	5
1.6.3 Robot humanoïde :	5
1.6.4 Robot hexapode :	6
1.6.5 Les robots mobiles à roues:	6
1.6.5.a Robot uni-cycle:	6
1.6.5.b Robots de type « tricycle » :	7
1.6.5.c Robots de type « voiture » :	7
1.6.5.d Robots à roues omnidirectionnelles:	7
1.7 La localisation en robotique mobile :	8
1.7.1 la localisation relative ou à l'estime :	9
1.7.1.a l'odométrie :	9
1.7.1.b les systèmes inertiels :	10
1.7.2 la localisation absolue :	10
1.7.2.a les ultrasons	10
1.7.2.b infrarouge (IR) :	11
1.8 Navigation autonome des robots mobiles :	11
1.8.1La navigation réactive :	12
1.8.1.aLa Navigation vers un but visible (objet) :	12
1.8.1.b La Navigation vers un point dans l'espace:	12

1.8.2	les techniques de navigation :	13
1.8.2.a	Planification de mouvement :	13
1.8.2.b	Localisation :	13
1.8.2.c	Suivi de trajectoire :	13
1.8.2.d	Évitement réactif d'obstacles :	13
1.9	Conclusion	14
2.	Présentation générale d'un robot	14
2.1	La structure mécanique :	14
2.1.2	Le bloc moteur :	17
2.2	La partie électronique :	18
2.2.1	La carte de commande :	19
2.2.2	La carte de puissance :	21
2.2.2.a	le pont en H :	22
2.2.2.b	Le circuit de puissance L298 (le pont en H) :	22
2.2.3	Batterie :	23
2.2.4	capteur :	24
2.2.6.a	: Capteur infra rouge :	24
2.2.7	Capteur de vision (cmucam05) :	25
2.2.7.a	Filtrage d'image :	25
2.2.7.b	Communication de Pixy avec USB :	26
2.3	Conclusion :	26
3.1.	définition du problème :	28
3.2	contrôleur par logique flou (FLC)	29
3.2.1	Logique classique et logique floue :	29
3.2.2	Valeurs analogiques et logique floue :	30
3.2.3	Les concepts de bases	31
3.2.3.a	les variables et les valeurs linguistiques :	31
3.2.3.b	Univers de discours :	32
3.2.3.c	fonction d'appartenance :	32
3.2.4	Commande floue :	33
3.2.4.a	La fuzzification :	34

3.2.4.b Règles (inférences): .....	34
3.2.4.c Défuzzification : .....	35
3.3 régulateur PID : .....	36
3.3.1 Régulation en vitesse :.....	37
3.4. Conclusion : .....	38
4.2.comment choisir les règles :.....	40
4.3 Implémentation :.....	41
4.4.Conclusion : .....	47

## **Introduction générale :**

La robotique mobile cherche depuis des années à rendre une machine mobile autonome face à son environnement pour qu'elle puisse sans intervention humaine accomplir les missions qui lui sont confiées. Le spectre des missions que les roboticiens veulent voir accomplir par leurs machines est immense : exploration en terrain inconnu, manipulation d'objets, transport automatisé, etc. De grand progrès ont été accomplis dans tous les domaines de la robotique : perception et modélisation de l'environnement, commande automatique des actionneurs, planification de mouvements, ordonnancement de tâches, gestion de l'énergie,... Bien que la machine autonome parfaite, capable de s'adapter à de nombreuses situations et capable d'estimer ses possibilités d'actions, n'existe pas encore, des applications concrètes des techniques de robotique mobile ont été réalisées. Ces applications très remarquables ne sont toutefois que des cas particuliers pour lesquels des solutions plus ou moins spécifiques ont été développées. En effet, les problèmes posés par la navigation autonome d'un véhicule sont très nombreux et font l'objet de plusieurs recherches. En simplifiant, une machine autonome peut être définie comme étant l'association d'une intelligence artificielle avec des capacités de perception et de modélisation de son environnement et de son propre état, elle doit être aussi dotée de capacités d'actions sur son propre état et sur son environnement. Toutes ces capacités sont nécessaires mais chacune amène ses difficultés.

Dans ce travail, nous avons voulu réaliser un robot gardien de buts permettant la détection et le suivi d'une balle colorée tout en évitant les obstacles.

En employant nos connaissances, nous avons fait un contrôleur flou afin de générer la consigne de vitesse et envoyer au robot pour atteindre son but.

on s'intéresse à la navigation d'un robot mobile à roues. Plus précisément à la poursuite d'une balle colorée par un robot mobile à commande floue.

Ce mémoire est organisé comme suit : **Le premier chapitre** : une introduction générale à la robotique mobile à roues. Il présente les aspects de perception, de localisation et de contrôle des robots autonomes. **Le deuxième chapitre** : présente la conception et la réalisation (mécanique, Électronique et électronique) de robot. **Le troisième chapitre** : résume toutes les notions de base nécessaires à la compréhension du domaine de la logique floue, ainsi que les outils nécessaires à la mise en œuvre d'un système

d'inférence. **Le quatrième chapitre** : Nous terminons le mémoire par les simulations et les résultats pratique, avec une conclusion générale sur l'ensemble de cette étude et nous proposons des perspectives à notre travail. Nous terminerons notre travail par une conclusion générale récapitulant ce qui a été fait et exposant les perspectives de notre travail.





# **Chapitre 1**

## **Les robot mobiles :**

### **1.1.1 Introduction:**

Un robot est un dispositif mécatronique (mécanique, électronique et informatique) capable d'effectuer des tâches et de manipuler les objets selon un programme de façon automatique. Ils sont utilisés pour remplacer les humains dans des situations où ces derniers sont incapables d'effectuer le travail, des situations plus dangereuses, de haute précision ou répétitives.

Généralement l'image que l'on se donne d'un robot est celle d'un système mécanique articulé devant effectuer les opérations telles que le soudage, la peinture, la manutention dans les ateliers de l'industrie automobile, ... etc.

### **1.2 Définition d'un robot mobile :**

Un robot mobile est un véhicule doté de moyens de locomotion qui lui permettent de se déplacer, suivant son degré d'autonomie. Il peut être doté de moyens de perception et de raisonnement aussi.

#### **1.2.1 Classification d'un robot mobile :**

La classification des robots mobiles se fait suivant plusieurs critères (degré d'autonomie, système de locomotion, énergie utilisée ...). La classification la plus intéressante, et la plus utilisée est selon leur degré d'autonomie.

Un robot mobile autonome est un système automoteur, doté de capacités décisionnelles, de moyens d'acquisition et de traitement de l'information qui lui permettent d'accomplir un certain nombre des tâches sous contrôle humain réduit.

### **1.3 Domaine d'application:**

Le domaine d'application des robots mobiles est vaste, nous présentons quelques applications dans le tableau suivant :

<b>Militaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- surveillance, patrouille</li> <li>- pose d'explosifs</li> <li>- manipulation de munitions</li> </ul>
<b>Chimique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- surveillance de site</li> <li>- manipulation de matériaux toxiques</li> </ul>
<b>Médecine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- assistance d'urgence</li> <li>- aide aux handicapés physiques, aux aveugles</li> </ul>
<b>Sécurité civile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- neutralisation d'activité terroriste - déminage - pose d'explosif - surveillance de munitions</li> </ul>
<b>Sous-marine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pose de câbles</li> <li>- recherche de nodules</li> <li>- recherche de navires immergés</li> <li>- inspection des fonds marins</li> </ul>
<b>Agricole</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cueillette de fruits</li> <li>- traite, moisson, traitement des vignes...</li> </ul>
<b>Espace</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- exploration</li> </ul>
<b>Nettoyage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coque de navire</li> <li>- nettoyage industriel</li> </ul>
<b>Industriel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- convoyage</li> <li>- surveillance</li> </ul>

**Tableau1.1.** domaines d'utilisation des robots mobiles.

## **1.4 Les avantages et les inconvénients de robot**

### **1.4.1 Les avantages**

- Les robots ont de nombreux avantages. Exemple : productivité, sécurité, fiabilité et rentabilité.
- Pour les entreprises, les robots industriels sont à l'image du salarié parfait. Ils travaillent rapidement et peuvent réaliser des tâches répétitives tout au long de la journée, sans pause, sans aucune fatigue, sans erreur, sans maladie, aussi pendant la nuit, dans n'importe quelle condition de travail.
- Les robots ils n'ont pas besoin de formation, les mises à jour logicielles ou matérielles sont faciles.
- Les robots n'auront pas besoin de salaire ni d'une retraite, ni invalides.

Les robots ont la possibilité d'embarquer des charges très lourdes et la possibilité de déplacements à très haute vitesse

### **1.4.2 Les inconvénients :**

- Un robot peut également être mal programmé et peut aussi tomber en panne ce qui peut également avoir des conséquences dans la production et ralentir le fonctionnement de l'entreprise.
- Le manque de pouvoirs prendre une décision
- Le prix d'un robot, la plupart des robots coutent plusieurs milliers de dollars, donc beaucoup d'entreprises n'ont pas les moyens d'en acheter.
- Acheter un robot revient à licencier un ou plusieurs ouvriers et diminue le nombre de postes disponibles dans une entreprise se qui cause de chômage en quelque sorte.

## **1.5 Les moyens de perception en robotique mobile :**

La perception est un domaine crucial de la robotique. C'est autour de ce concept qu'est bâtie la structure d'un robot apte à exécuter des tâches complexes ou à évoluer dans un univers inconnu ou mal connu. L'élément de base du système de perception est le capteur qui a

pour objet de traduire en une information exploitable des données représentant des caractéristiques de l'environnement. Les moyens utilisés pour la perception de l'environnement sont nombreux. Nous citons:

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

## **1.6 Les types de robots mobiles :**

Pour déplacer un robot mobile sur une surface, il faut au moins deux degrés de liberté, donc deux moteurs. Et c'est aussi la combinaison du choix des roues et de leur disposition qui confère à un robot son mode de locomotion, Il existe quatre types de structures mécaniques assurant la motricité:

### **1.6.1 Les robots à chenilles :**

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

### **1.6. 2 Les robots marcheurs:**

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

### **1.6.3 Robot humanoïde :**

Un robot humanoïde ou androïde est un robot dont l'apparence générale rappelle celle d'un corps humain. Généralement les robots humanoïdes ont un torse avec une tête, deux bras et deux jambes, bien que certains modèles ne représentent qu'une partie du corps, par

exemple à partir de la taille certains robots humanoïdes peuvent avoir un visage avec des yeux et une bouche.

#### 1.6.4 Robot hexapode :

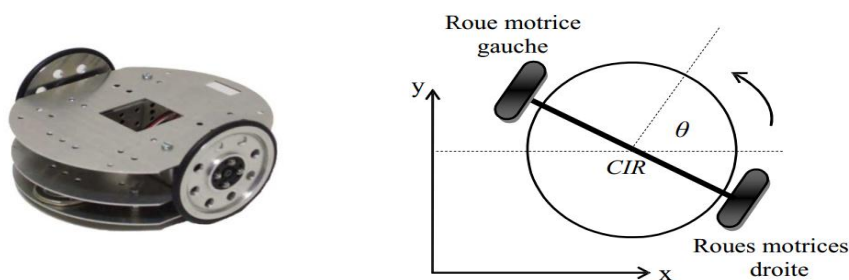
Un robot hexapode est un dispositif mécatronique à base fixe ou mobile dont la locomotion est fondée sur trois paires de pattes, les hexapodes sont considérés plus stables que les robots bipèdes du fait que dans la plupart des cas, les hexapodes sont statiquement stables. De ce fait, ils ne dépendent pas de contrôleurs en temps réel pour rester debout ou pour marcher.

#### 1.6.5 Les robots mobiles à roues:

Pour la résolution de notre problème, nous allons nous concentrer sur l'étude des robots à roues. La mobilité par roues qu'on va étudier est la structure mécanique la plus communément appliquée. Cette technique assure selon l'agencement et les dimensions des roues un déplacement dans toutes les directions avec une accélération et une vitesse importantes. Le franchissement d'obstacles ou l'escalade de marches d'escaliers est possible. On trouve plusieurs types des roues :

##### 1.6.5.a Robot uni-cycle:

Un robot uni-cycle est un robot mobile dont le mouvement est basé sur deux roues entraînées séparément placées de part et d'autre du corps du robot. On peut ainsi changer de direction en faisant varier la vitesse relative de rotation des roues et donc ne nécessite pas de mouvement de braquage supplémentaire.



**Figure 1.1. Robots uni-cycle**

### 1.6.5.b Robots de type « tricycle » :

Constitué de deux roues fixes de même axe et d'une roue centrée orientable placée sur l'axe longitudinal du robot. Le mouvement est conféré au robot par deux actions (la vitesse longitudinale et l'orientation de la roue orientable) ;



Figure 1.2. Robot tricycle

### 1.6.5.c Robots de type « voiture » :

essieu arrière non orientable muni de deux roues non orientables et libres en rotation et deux roues avant centrées orientables.

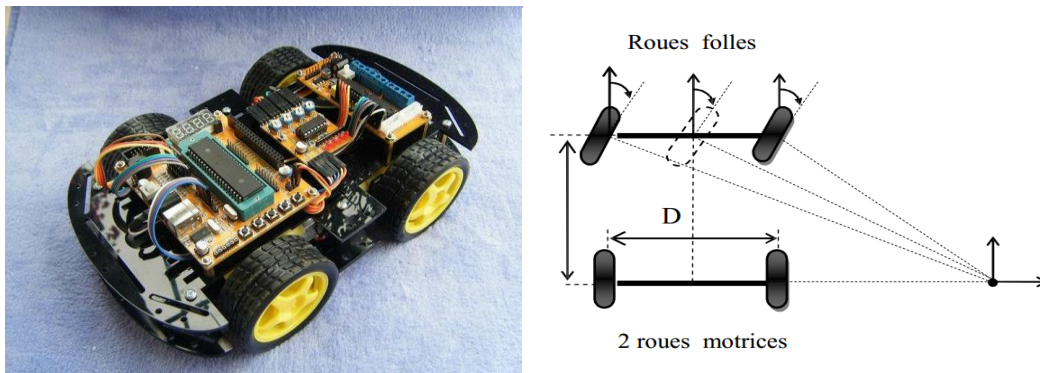
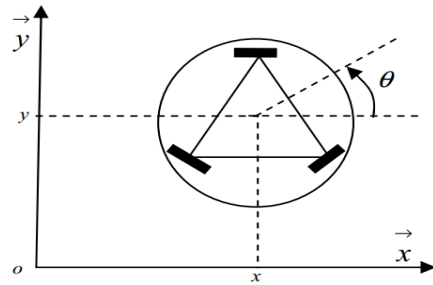


Figure 1.3. Robot Voiture

### 1.6.5.d Robots à roues omnidirectionnelles:

Un robot mobile est dit omnidirectionnel si l'on peut agir indépendamment sur les vitesses (vitesse de translation selon les axes  $x$  et  $y$  et vitesse de rotation autour de  $z$ ). D'un point de vue cinématique il n'est pas possible avec des roues fixes ou des roues centrées orientables. On peut en revanche réaliser un robot omnidirectionnel en ayant recours à un ensemble de trois

roues décentrées orientables ou de trois roues suédoises disposées aux sommets d'un triangle



équilatéral [1].

**Figure 1.4** Robot mobile omnidirectionnelles

## 1.7 La localisation en robotique mobile :

Quelque soit le type de robot, holonome ou pas, la connaissance de sa position dans son environnement est importante pour s'y déplacer. Souvent, la localisation se restreint aux robots mobiles navigants sur un plan 2D. Localiser le robot revient alors à déterminer les coordonnées cartésiennes pour la position. De façon plus formelle, la tâche de localisation consiste à calculer la transformation de passage d'un repère lié au robot à un repère lié à l'environnement. Le système de localisation est l'ensemble constitué par les capteurs et les logiciels de traitement de données utilisé par le robot pour estimer de manière autonome son déplacement ou sa situation dans l'espace[2].

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

- du mobile dans l'environnement.
- D'éléments particuliers de l'environnement par rapport au mobile.

La localisation est essentielle pour la mise en œuvre d'un robot autonome. En effet, il est souvent indispensable pour gérer les déplacements d'un véhicule de savoir où il est situé par rapport à son objectif. Pour réaliser cette tâche des multiples capteurs peuvent être utilisés.

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

- La localisation relative, basé sur l'utilisation de capteurs proprioceptifs.
- La localisation absolue, basée sur l'utilisation de capteurs extéroceptifs.



L'attitude (angle) d'un axe du mobile avec une direction fixée constitue une seconde information sur la localisation .

## **1.9 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons résumé toutes les notions de base nécessaires à la compréhension du domaine de la robotique mobile, ainsi que les techniques de localisation et de navigation d'un robot autonome. Nous allons, dans le prochain chapitre, citer les différents composants pour réaliser ce robot mobile.



# Chapitre 2 Présentation générale de robot

---

## 2.Présentation générale d'un robot :

Comme nous l'avons déjà indiqué dans l'objectif du travail présenté au début de ce mémoire, le robot mobile réalisé doit être autonome et capable de se localiser en permanence dans son environnement. C'est-à-dire que le robot doit être équipé d'un système de localisation et doit aussi avoir un système sensoriel pour la détection d'obstacle. Le robot doit aussi effectuer des missions de navigation, il s'agit de se déplacer d'une position à une autre en évitant les obstacles. Nous avons donc choisi d'équiper le robot mobile :

deux capteurs ultrason pour la détection d'obstacles et de caméra (cmucams5) pour que le robot puisse recevoir les coordonnées du point de destination, nous avons aussi choisi de l'équiper de deux actionneurs (moteurs), afin de bien accomplir sa mission de navigation.

Nous avons trois parties principales à travailler sur le robot :

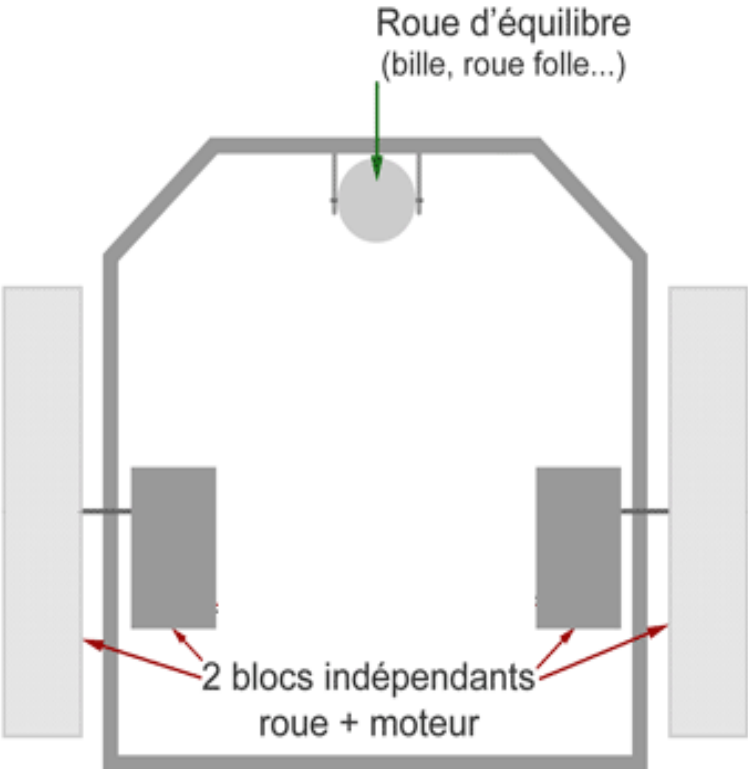
la partie mécanique auquel les différents capteurs et actionneurs sont fixés, la partie informatique (codes et algorithmes) c'est la partie commande du robot, et la partie électronique qui consiste donc à faire la liaison entre la commande et la partie mécanique. Les différents aspects liés à la réalisation du robot mobile sont présentés dans la suite.

### 2.1 La structure mécanique :

Le châssis du robot est en alu cobande, sa plate forme rectangulaire de dimension (28cm/24cm).

# Chapitre 2 Présentation générale de robot

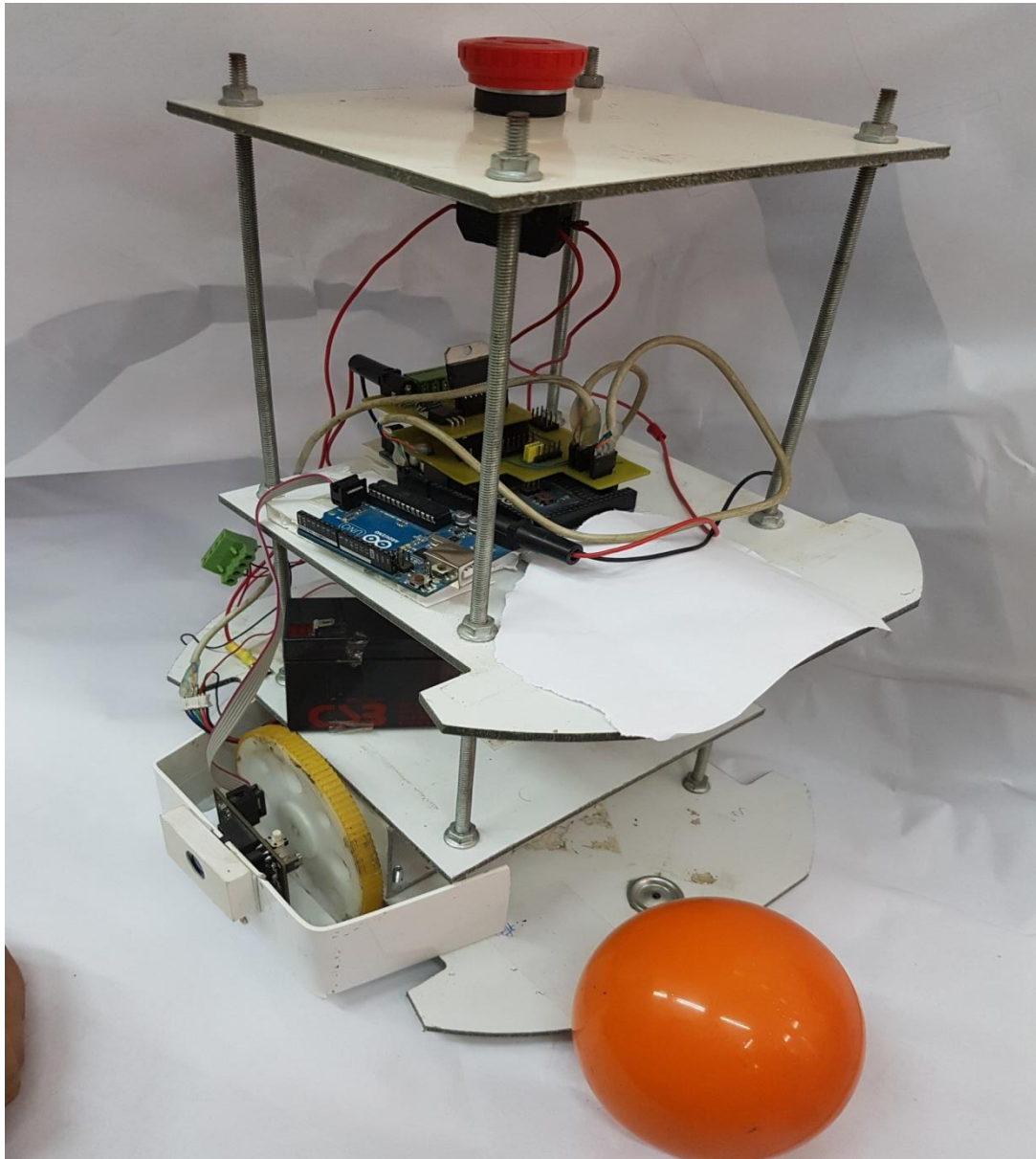
---



**Figure.2.1.plate forme de robot.**

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

---



**Figure2.2.châssis de robot.**

Notre robot est équipé de deux moteurs MG 30 à CC reliés à deux roues motrices pour assurer le déplacement de la base mobile dans la ligne. Une batterie, deux cartes arduinoUno et Mega et un 'interrupteur électrique général qui sert d'un bouton d'arrêt d'urgence.

Les roues sont également en plastique et positionnées en arrière du robot afin d'équilibrer celui-ci.

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

---



**Figure.2.3.les roues du robot.**

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 avant.

### **2.1.2 Le bloc moteur :**

Chacune des deux roues de notre robot mobile est couplée à un moteur à courant continu. le moteur à courant continue est le moyen de base par lequel une énergie électrique est transformé en une énergie mécanique.



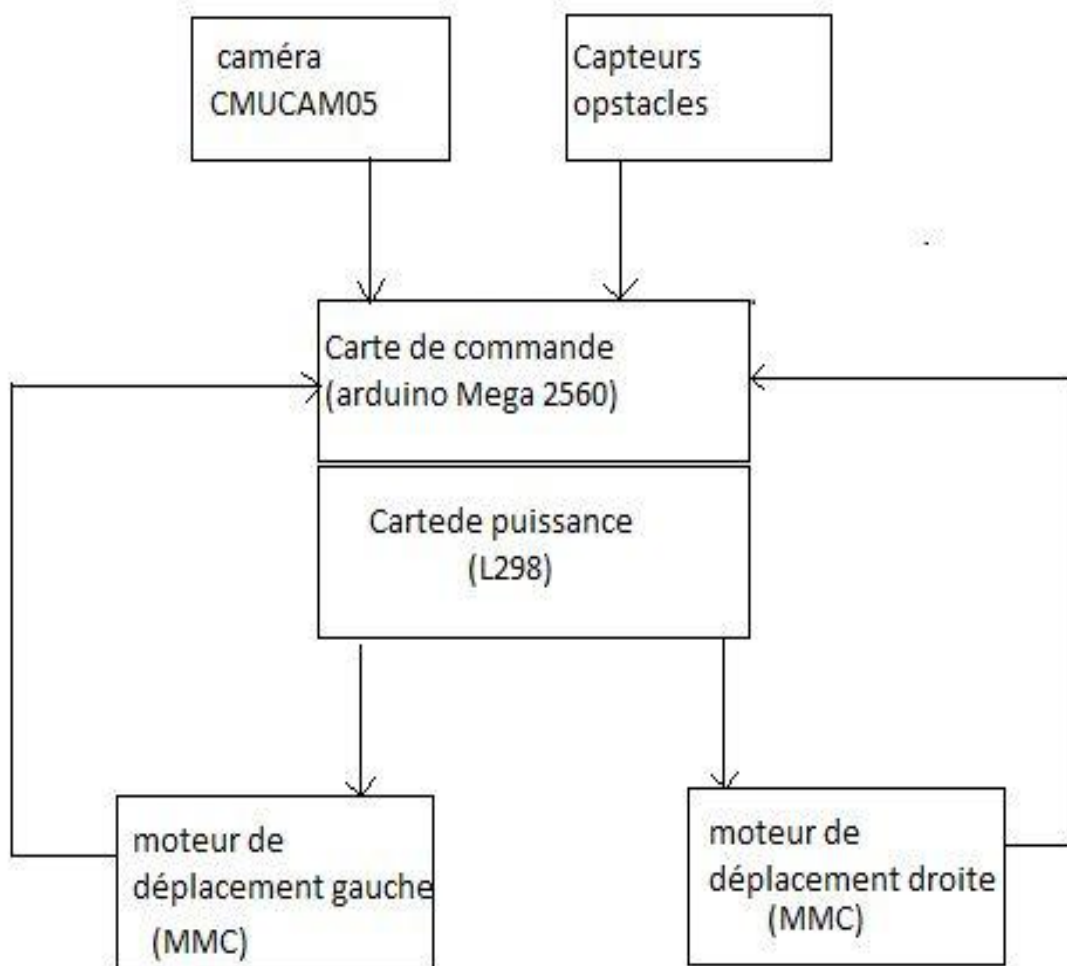
**Figure.2.4.moteur.**

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

### 2.2 : La partie électronique :

Dans la conception d'un robot, la partie électronique joue un rôle très important dans le fonctionnement du système.

Pour la mise en marche de tous les systèmes mécanique, notre robot doit disposer de plusieurs cartes électroniques qui assurent le bon fonctionnement de celui-ci telles que la carte de commande et la carte de puissance, ainsi que les différents capteurs.



**Figure 2.5.**partie électronique de notre robot

# Chapitre 2 Présentation générale de robot

---

## 2.2.1 La carte de commande :

La carte de commande permet le contrôle et la gestion de toutes les autres cartes, c'est-à-dire récupère les informations des capteurs puis elle effectue leur traitement, en fonction de ces informations, elle délivre les commandes adéquates aux autres cartes pilotant les différents moteurs du robot.

Il existe plusieurs moyens qui nous permettent de commander un robot, parmi eux : les microprocesseurs, les microcontrôleurs, les automates programmables, etc.

Dans notre cas nous avons choisi un microcontrôleur, qui est suffisamment puissant pour commander notre robot, il s'agit de la carte Arduino Uno.

Le modèle Uno de la série ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEGA de référence ATMEGA328. Le microcontrôleur ATMEGA238 est à 8 bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C.

L'Arduino Uno est doté de 14 broches d'entrée/sortie numérique (dont 6 peuvent être utilisées comme sortie PWM), de 6 entrées analogiques, d'un oscillateur en cristal de 16 MHz, d'une connexion USB, d'une prise d'alimentation, d'une embase ICSP et d'un bouton de réinitialisation. Il contient tout ce qui est nécessaire pour prendre en charge les microcontrôleurs.

Elle peut être alimentée par la connexion USB ou par une alimentation électrique externe. L'alimentation électrique est automatiquement sélectionnée. L'alimentation externe (non-USB) peut provenir d'un adaptateur CA/CC ou d'une batterie. L'adaptateur peut être connecté en branchant une prise de centre positif 2,1 mm dans la prise de courant de la carte. Les broches de raccordement d'une batterie peuvent être insérées dans les barrettes mâles Gnd et Vin du connecteur POWER. La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 12 volts[4].



## Chapitre 2 Présentation générale de robot

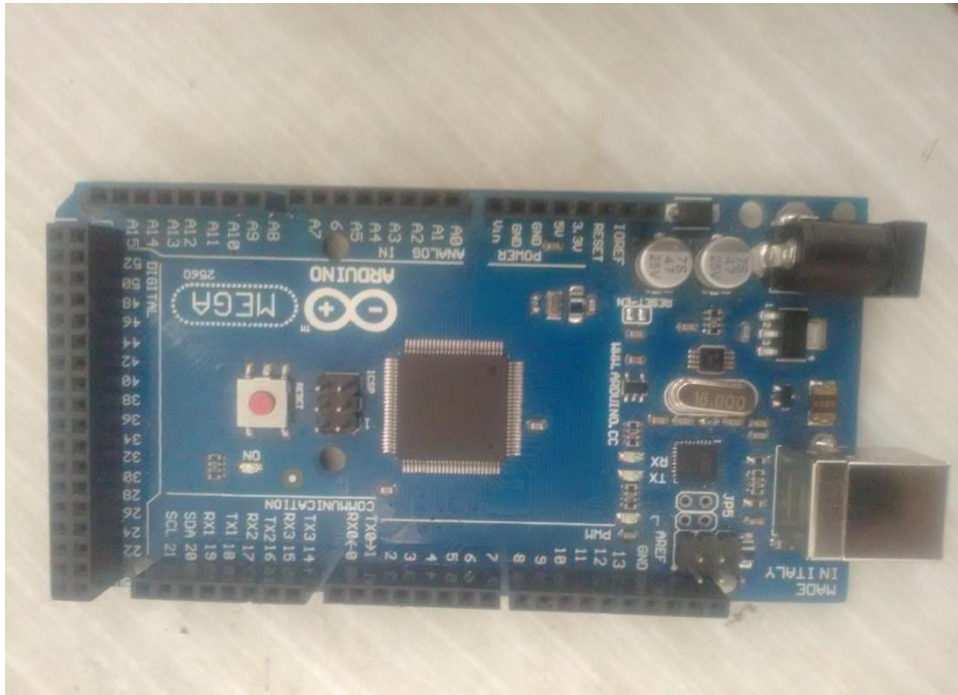


Figure 2.6. Arduino UNO.

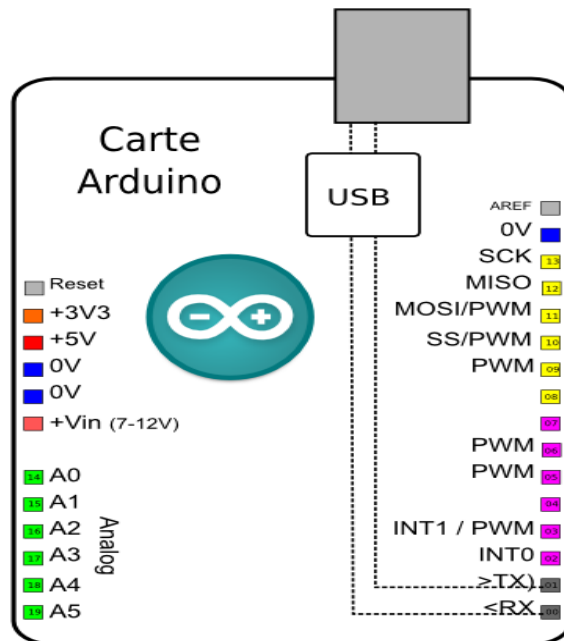


Figure 2.7. Brochage de la carte Arduino Uno.

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

---

### 2.2.2 La carte de puissance :

La carte de puissance joue le rôle d'une carte d'interface entre la carte de commande et la partie motrice, elle nous permet de commander les moteurs DC suivant les ordres fournis par la carte de commande.

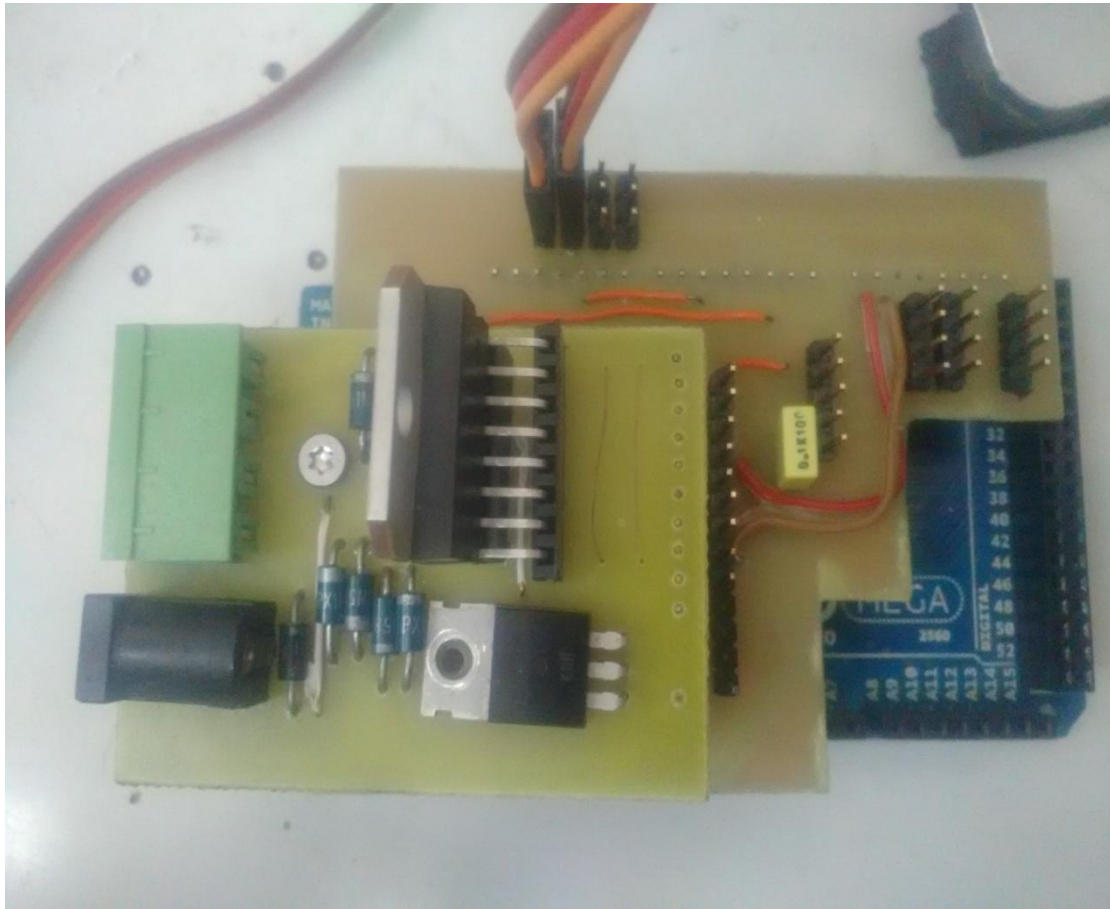


Figure.2.8.carte de puissance.

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

### 2.2.2.a le pont en H :

Les moteurs électriques ont besoin de courant important par rapport à la sortie maximale d'un microcontrôleurs. Un moteur ne marcherait pas si on le branchait directement à la sortie d'un microcontrôleurs .

La première fonction du pont en H est de fournir des courants suffisants aux moteurs en permettant leur contrôle par le microcontrôleurs. Une autre fonction est de pouvoir inverser la tension aux bornes du moteur pour inverser le sens de rotation.

Inverser le sens d'un courant est une tâche simple dans les circuits électrique, il suffit de bien placer quelque interrupteurs. On utilise des transistors à la place d'interrupteurs parce qu'un transistor peut aussi amplifier un courant et est plus facile à contrôler par des signaux numérique ou analogiques.

### 2.2.2.b Le circuit de puissance L298(le pont en H) :

C'est un module de pilotage de moteurs à double pont en H il pilote directement la vitesse d'un ou deux moteurs à courant continu DC dans les deux sens de rotation, avec une interface de sortie sous 5V, on a besoin pour ces circuit interne une alimentation de 5V.

Il peut également contrôler un moteur pas à pas bipolaire.

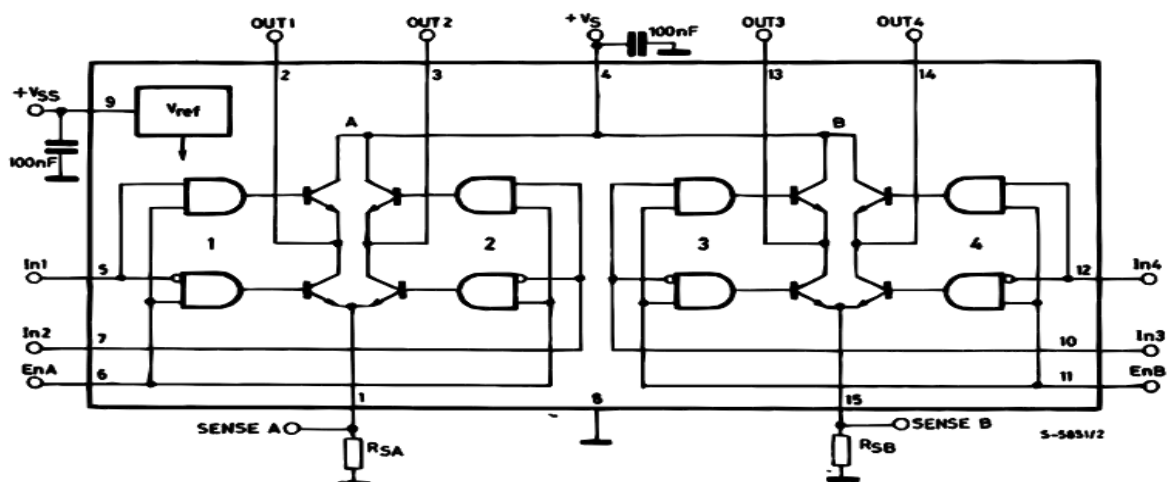
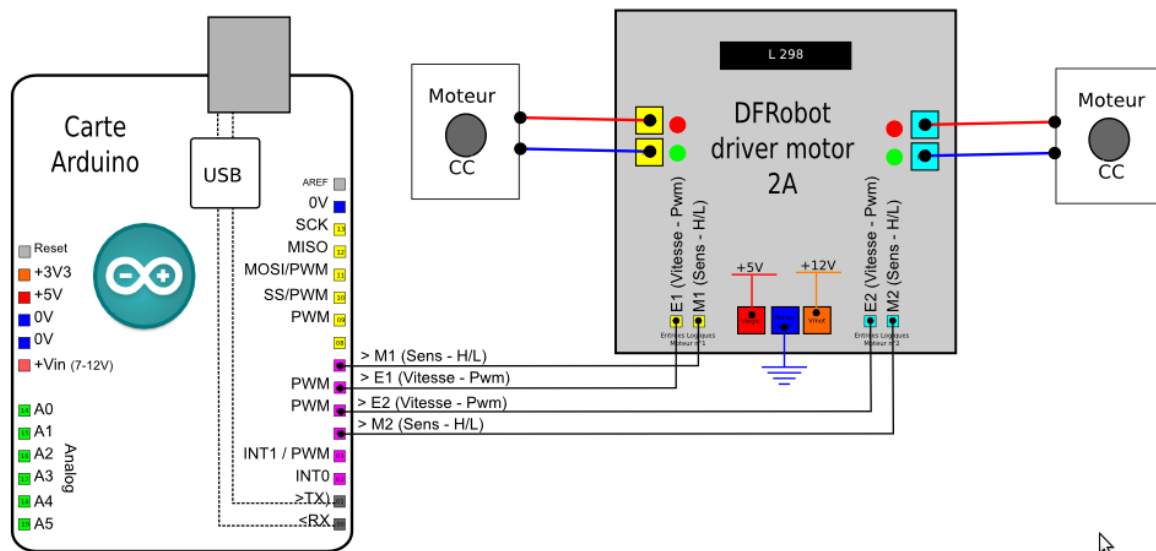


Figure2.9.Schéma interne du L298.

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

Ce hacheur étant commandé en signaux PWM, nous avons raccordé directement les sortie MLI du microcontrôleur sur les robot 5 et 6 de la carte Arduino.

Nous avons choisi de brancher le moteur droit du robot sur les pattes 5 et 8du composant et le moteur gauche sur les pattes 6 et 7.



**Figure2.10. Schéma de montage du L298.**

Utilise 3 entrées par pont IN1,IN2 et ENABLE, le codage de ses entrées est comme suite :

- Si ENABLE=0 : le moteur est libre(aucun courant ne passe).
- Si IN1=1 et IN2=0 : il tourne dans un sens.
- Si IN1=0 et IN2=1 : il tourne dans l'autre sens.
- Si IN1=IN2 : frein moteur.

La PWM et les ponts en H sont très adaptés au pilotage de moteur à courant continu.

Il existe plusieurs méthode pour commander un moteur DC :

- Commander son sens de rotation par un relai monté en tout ou rien ou bien un transistor.
- Commander sa vitesse par variation de la tension à ses bornes ou par génération des signaux PWM.

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

---

### 2.2.3 Batterie :

Pour rendre le robot autonome il faut bien entendu une batterie, celle de notre projet a une énergie de 4A.h sous 12V.

Cette batterie a l'avantage de fournir la puissance nécessaire au besoin de notre carte et d'avoir l'autonomie adéquate pour la durée du parcours, cependant elle est encombrante et pesante.

### 2.2.4 capteur :

Les capteurs ont une place importante dans le système de traitement d'un robot. Ils peuvent à la fois informer le robot sur le milieu extérieur et l'informer sur ses propres actions en vérifiant l'état de ses actionneurs. Ils sont donc l'élément indispensable à un robot autonome pour savoir ce qu'il fait, ce qui se passe et prendre les décisions en conséquence .

#### 2.2.6.a : Capteur infra rouge :

Ce capteur se compose d'un couple émetteur/récepteur. L'émission s'effectue par diode électroluminescente infrarouge (longueur d'onde  $\lambda$ : 950nm). Le récepteur est une photodiode ou un phototransistor, sensible au flux lumineux rétrodiffusé par la cible. Trois paramètres sont à prendre en compte pour la réalisation d'un tel capteur [5]:

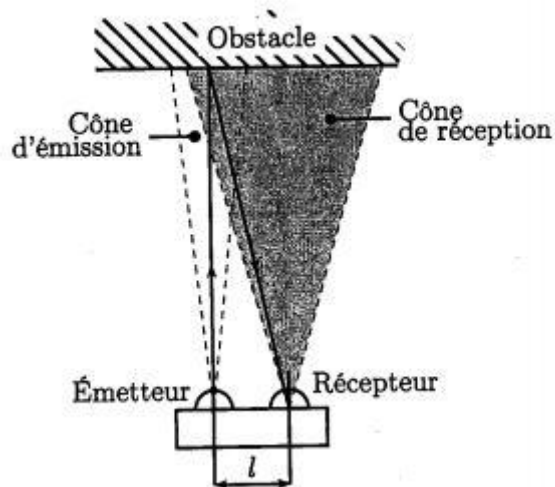
- la distance entre émetteur et récepteur .
- l'inclinaison des axes émetteur et récepteur.
- l'ouverture du faisceau à l'émission et à la réception.



**Figure.2.11.capteur infrarouge.**

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

---



**Figure 2.12. conception d'un capteur infrarouge.**

### **2.2.7 Capteur de vision (cmucam05):**

- La caméra pixy est un capteur vision (image) utilisée pour effectuer une tâche telle que la détection et le suivi de couleur d'un objet (la balle orange).
- Elle effectue les différents traitements des images numériques pour détecter et suivre la balle et envoie uniquement les informations utiles au microcontrôleur (la position, et la distance de la balle).
- Pixy se souvient de 7 signatures de couleurs différentes, et un algorithme va les identifier.
- La camera possède son propre logiciel appelé : Pixymon.

### **2.3. Conclusion :**

Au cours de la présentation de ce projet nous avons pu d'abord acquérir beaucoup de connaissances, premièrement, on commence par étudier les différents types de robots mobiles et les méthodes de localisation et de navigation, ensuite faire la présentation

## Chapitre 2 Présentation générale de robot

---

mécanique et électronique pour la conception et la réalisation de ce robot, ce qui nous a aidé à enrichir nos connaissances et grandir notre expérience pratique.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter notre architecture de contrôle pour une navigation autonome d'un robot pour atteindre son objectif, et éviter les obstacles de différentes formes.

# Chapitre3 contrôle

## 3.1.Définition du problème :

Avant d'établir les lois de contrôle qui vont être utilisées, il convient de définir de manière détaillée les fonctionnalités attendues.

Soit le robot dans une certaine position A, et soit une position désirée B. nous cherchons à Trouver une loi de contrôle permettant de passer de la position A à la position B avec :

- Le centre de robot doit être en même droite avec la balle .
- La variation de vitesse doit être synchronisé avec le changement de position et de la distance de la balle.
- Le dérapage des roues doit être évité (pour rester en roulement sans glissement) .

Pour résoudre ces problèmes nous allons travailler avec les deux contrôleurs suivants :

- Un contrôleur flou(FLC) pour trouver la consigne (la vitesse) .
- Un contrôleur PID pour contrôler la vitesse des moteurs de robot .

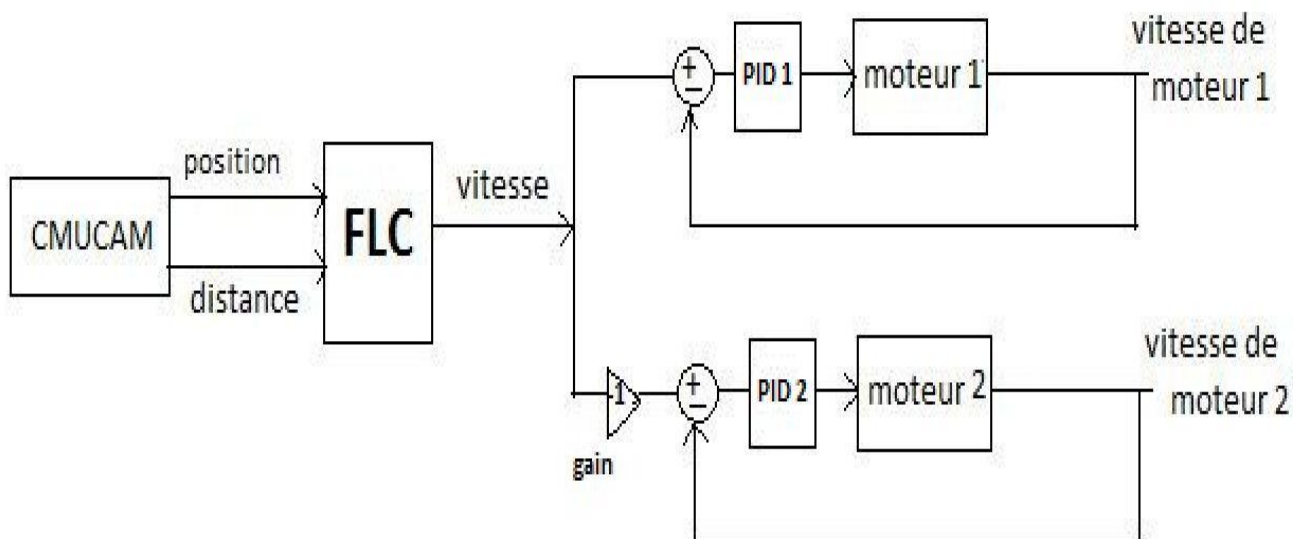


Figure3.1.organigramme de fonctionnement de robot

## 3.2contrôleur par logique flou (FLC)



# Chapitre3 contrôle

---

la plupart des problèmes rencontrés sont modélisable mathématiquement. Mais ces modèles nécessitent des hypothèses parfois trop restrictives. rendant délicate l'application au monde réel. Les problèmes de ces derniers doivent tenir compte d'informations imprécises, incertaines. prenons l'exemple d'une climatisation: si on veut obtenir une température fraîche, on peut se demander quelle gamme de température conviendra (la demande est imprécise); de plus la fiabilité des capteurs entre en jeu (la mesure de la température ambiante est incertaine). On voit apparaître la difficulté d'interprétation des variables linguistiques comme : frais, chaud...ainsi que du traitement de ces données entachées d'incertitude.

De nombreuses applications sont alors développées dans divers domaines, là où aucun modèle déterministe n'existe ou n'est pratiquement implémentable, ainsi que dans des situations pour lesquelles l'imprécision sur les données rend le contrôle par des méthodes classiques impossible, d'où la naissance de la commande par la logique floue. Un axe qui nécessite des outils conçus à base de cette nouvelle logique entre autre le régulateur flou. Ce dernier qui est venu remplacer le régulateur classique (qui convient à la logique classique).

Cette théorie de la logique floue permet la représentation et le traitement de connaissances imprécises aux approximations. décrire le comportement dynamique d'un système inconnu ou mal défini.

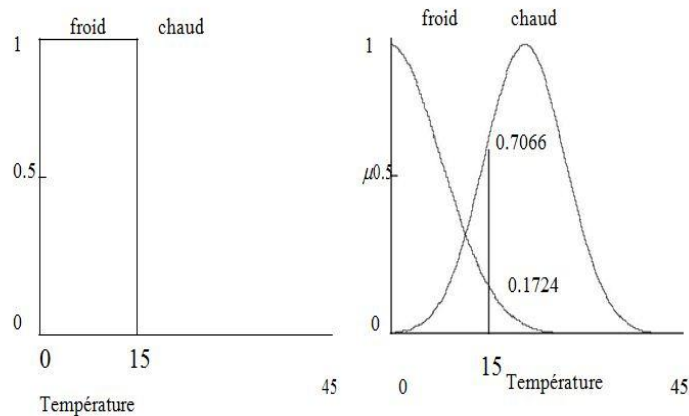
Ce chapitre décrit les concepts de base, où nous donnons un aperçu sur les ensembles flous, principe de la logique floue à savoir la notion des règles floues et le contrôleur qu'on va l'utiliser dans notre étude.

## **3.2.1 Logique classique et logique floue :**

Dans le cadre de la logique classique, une proposition est soit vraie, soit fausse (1 ou 0). Par exemple, la logique classique peut facilement partitionner la température d'une pièce en deux sous-ensembles, «moins de 15 degrés» et «15 degrés ou plus». La figure 1.1a montre le résultat de cette partition. Toutes les températures de moins de 15 degrés sont alors considérées comme appartenant à l'ensemble «moins de 15 degrés». On leur affecte une valeur de 1. Toutes les températures atteignant 15 degrés ou plus ne sont pas considérées comme appartenant à l'ensemble «moins de 15 degrés». On leur attribue une valeur de

# Chapitre3 contrôle

0. Cependant, le raisonnement humain s'appuie fréquemment sur des connaissances ou des données inexactes, incertaines ou imprécises. Une personne placée dans une pièce dont la température est soit de 14.95 degrés soit de 15.05 degrés, ne fera certainement pas de distinction entre ces deux valeurs. Cette personne sera pourtant capable de dire si la pièce est «froide» ou «chaude», sans pour cela utiliser de température limite ni de mesure précise.



(a) Deux ensembles selon la logique classique (b) Deux ensembles selon la logique floue

**Figure 3.2. classification des températures d'une pièce en deux ensembles.**

La logique floue permet de définir des sous-ensembles, comme «froid» ou «chaud», en introduisant la possibilité pour une valeur d'appartenir plus ou moins à chacun de ces sous-ensemble

### 3.2.2 Valeurs analogiques et logique floue :

Lorsqu'on mesure une grandeur physique, on obtient une valeur qui peut ensuite être utilisée dans une série de calculs. Les grandeurs physiques sont en général continues (sauf par exemple en physique quantique) et le résultat de la mesure est un nombre réel. Dans bon nombre de systèmes de régulation ou de commande, on utilise directement la valeur de la mesure en tant qu'entrée du contrôleur.

Pourtant, réaliser une mesure sans tenir compte de sa précision est indigne d'un bon physicien. elle peut également être incertaine puisque aucun appareil de mesure n'est

## Chapitre3 contrôle

---

parfaitement fiable : un capteur défectueux peut continuer à fournir une mesure erronée sans que le système de régulation en soit informé.

La logique floue permet de faire intervenir les notions d'imprécision et d'incertitude dans un système. Cela permet par exemple de faire intervenir une température «d'environ 15 degrés» dans un contrôleur flou. L'incertitude et l'imprécision peuvent également être prises en compte dans le cadre de la logique floue quand on utilise une connaissance issue d'un expert humain.

### 3.2.3 Les concepts de bases

Dans cette section, nous décrivons rapidement les définitions fondamentales de la théorie de la logique floue.

Logique floue basée sur des variables floues dites variables linguistiques à valeurs linguistiques dans l'univers du discours U. Chaque valeur linguistique constitue un ensemble flou de l'univers du discours.

#### 3.2.3.a les variables et les valeurs linguistiques :

La théorie de la logique floue basée sur la notion de variables linguistiques prenant des valeurs linguistiques ou floues. une variable linguistique représente un état de système à régler ou une variable de réglage dans un contrôleur flou.

Chaque valeur constitue un ensemble flou de l'univers de discours. Une variable linguistique est généralement caractérisée par :

- Un nom de la variables linguistiques.
- Un ensemble des valeurs linguistiques qui peut prendre la variable linguistique.
- L'univers de discours .

# Chapitre3 contrôle

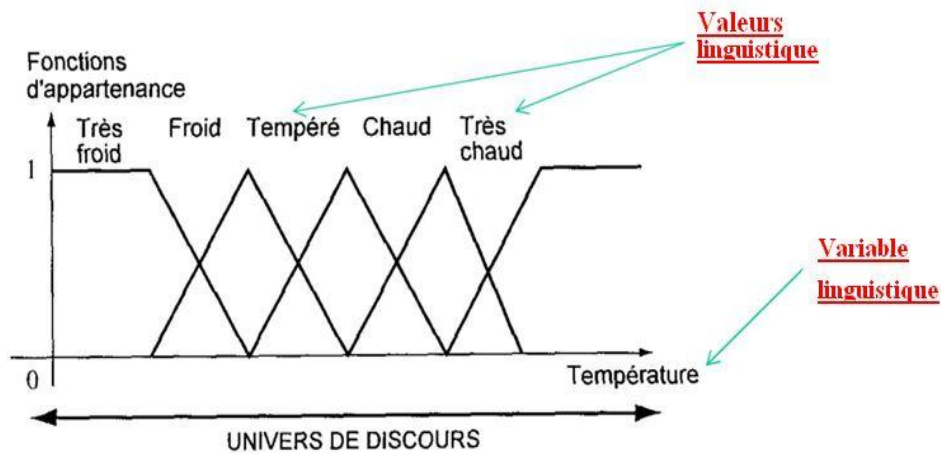


Figure 3.3. Représentation des valeurs et variables linguistiques.

## 3.2.3.b Univers de discours :

c'est l'ensemble des valeurs réelles (intervalle numérique) qui peut prendre la variable floue en générale il est noté par des lettres majuscules U, W...

les valeurs linguistiques seront projetées dans l'univers de discours pour définir le sous-ensemble associé à chaque valeur linguistique.

Exemple :

Gamme de température de 0°C à 200°C.

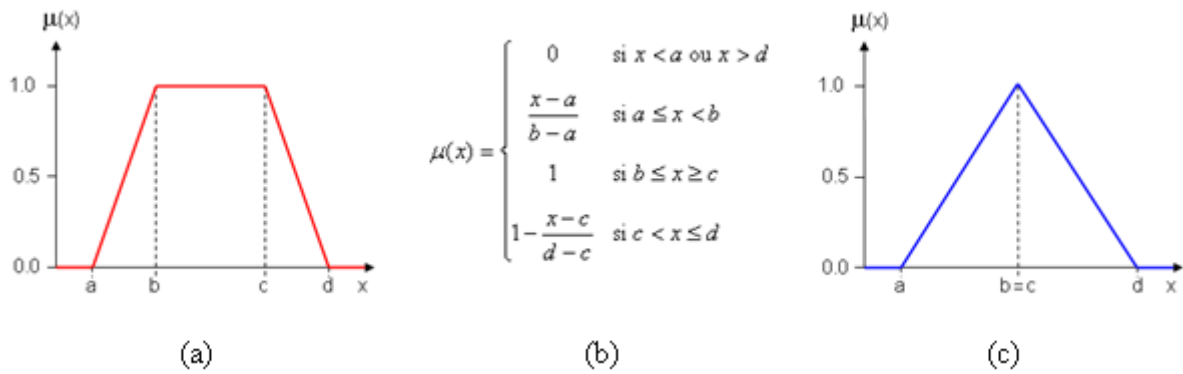
## 3.2.3.c fonction d'appartenance :

Il s'agit d'établir une relation entre le degré de vérité (degré d'appartenance) de la variable floue et la grandeur d'entrée correspondante les sous-ensembles flous sont ceux caractérisés par une fonction d'appartenance notée  $\mu$  définie sur  $[0,1]$ .

Dans notre étude nous utilisons pour les fonctions d'appartenance les fonctions suivantes :

- Fonction trapézoïdale: elle est définie par quatre paramètres (a,b,c,d) (figure.3.4.a).
- Fonction triangulaire : elle est définie par trois paramètres (a,b=c,d) qui déterminent les coordonnées des trois sommets. (figure.3.4.c).

# Chapitre3 contrôle



**Figure 3.4.les fonctions d'appartenance les plus utilisées**

Le choix des formes des fonction d'appartenance est arbitraire la forme la plus fréquemment utilisée en commande floue est la forme triangulaire et trapézoïde.

Le nombre de fonction d'appartenance est généralement impaire et se répartissent autour e zéro, en générale on introduit pour une variable linguistique trois cinq ou sept en ensemble flous.

Les fonction d'appartenance peuvent être symétrique non symétrique , équidistance et non équidistance.

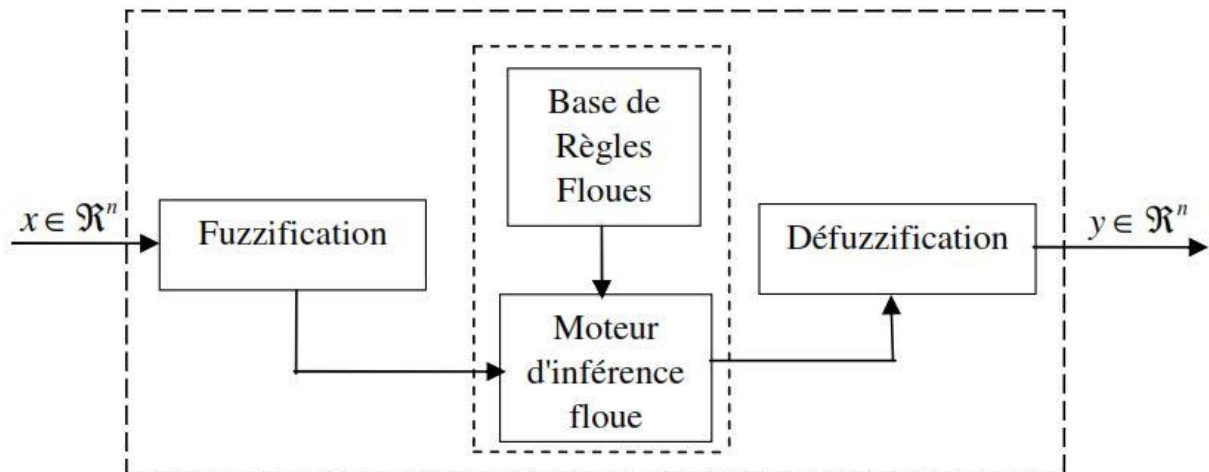
### 3.2.4 Commande floue :

Parmi les nombreuses applications de la logique floue, la commande floue s'avère être le champ d'application le plus actif .

Il existe trois modules pour un régulateur a logique floue.

- la fuzzification des entrées.
- l'inférence floue selon une base de règle.
- la fuzzification des sortie.

L'architecture d'un contrôleur flou et donnée par le schéma suivant :



**Figure3.5.architecture d'un contrôleur flou**

### 3.2.4.a La fuzzification :

La fuzzification est l'étape qui consiste en la quantification floue des valeurs réelles d'une variable. cette fuzzification est une phase délicate du processus mis en œuvre par la logique floue. Elle est souvent réalisée de manière itérative et requiert de l'expérience.

Pour fuzzifier, il faut donner:

1. L'univers du discours : Plage de variations possibles de l'entrée considérée.
2. Les fonctions d'appartenances de chacune de ces ensembles floue.

### 3.2.4.b Règles (inférences):

Une base de règles floues lie les grandeurs d'entrées transformées en variables linguistiques grâce à la fuzzification à la variable de sortie fuzzifiée. Ces règles peuvent être utilisées en parallèle ou enchaînées dans certaines applications. D'une manière explicite, l'inférence est décrite à l'aide d'un certains nombres de règles.

Le mécanisme d'inférence le plus utilisé est celui de Mamdani qui est une simplification de mécanismes plus généraux basés sur « l'implication floue ». Pour l'évaluation des règles, dans le mécanisme de Mamdani illustré sur Figure 3.7 on associe Max à l'opérateur logique « OU », Min à l'opérateur logique « ET » et un complément à 1 pour l'opérateur logique « NON ».

## Chapitre3 contrôle

---

Après l'opération de fuzzification et la définition des variables linguistiques et les fonctions d'appartenances correspondantes, chaque règle est activée avec un degré d'activation qui est une combinaison logique des propositions de son prédicat. Ces degrés d'activation vont permettre de déterminer la conclusion de chaque règle. Une fois que toutes les règles d'une sortie sont appliquées, l'ensemble flou global de sortie est construit par agrégation des ensembles flous obtenus.

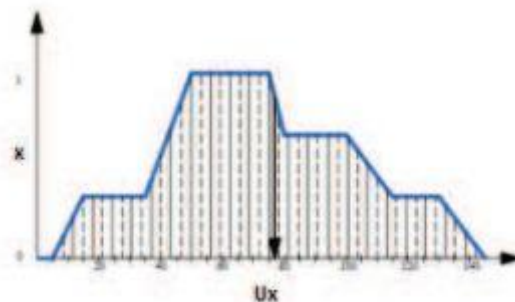
### 3.2.4.c Défuzzification :

L'ensemble flou de sortie est déterminé à la fin de l'inférence, mais il n'est pas directement utilisable. Il est alors nécessaire de passer du « monde flou » au « monde réel » et ainsi obtenir une valeur numérique précise qui sera appliquée au système. C'est la défuzzification. Il existe plusieurs méthodes de défuzzification parmi elles on trouve :

-la Technique du centre de gravité :

Elle consiste à tracer sur le même diagramme les différentes courbes correspondant à chacune des règles, et à calculer le centre de gravité de la zone commune, suivant la relation générale .

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^m Z_i \mu(Z_i)}{\sum_{i=1}^m \mu(Z_i)}$$



**Figure 3.7.** Défuzzification par la méthode de centre de gravité.

# Chapitre3 contrôle

---

## 3.3 régulateur PID :

Le contrôleur PID (Proportionnel , Intégral ,Dérivateur) est un système de contrôle en boucle fermée très largement utilisé en pratique notamment pour ses bonnes performances

dans un grand nombre d'applicationsmais aussi pour sa relative facilité d'implémentation dans des systèmesembarqués.

Un régulateur PID remplit essentiellement trois fonctions[7] :

1. Il fournit un signal de commande  $u(t)$  en tenant compte de l'évolution du signal de sortie  $y(t)$  par rapport à la consigne  $w(t)$ .
2. Il élimine l'erreur statique grâce au terme intégrateur.
3. Il anticipe les variations de la sortie grâce au terme dérivateur.

Le régulateur PID classique relie directement le signal de commande  $u(t)$  au signal d'écart  $e(t)$ . Sa description temporelle est la suivante :

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \right).$$

$K_p$  : le gain proportionnel.

$T_i$  : gain intégral.

$K_d$  :gain dérivatif.

Le rôle principal du gain  $k_p$  est la diminution du temps de réponse, mais une augmentation trop importante de celui-ci peut mener à une instabilité du système.

Le rôle principal du gain  $k_i$  est la suppression de l'erreur en régime stationnaire, une augmentation du gain permet une suppression plus rapide de l'erreur mais peut mener à des oscillations.

Le rôle principal du gain  $k_d$  est la diminution des dépassements, le gain  $K_d$  agissant en quelque sorte par anticipation grâce à la présence de la dérivée. Remarquons qu'il faut être vigilant dans le cas d'une mesure bruitée du signal d'erreur car un des effets secondaires de la



## Chapitre3 contrôle

---

dérivation est justement d'augmenter ce bruit, la présence d'un gain important peut donc mener à une instabilité.

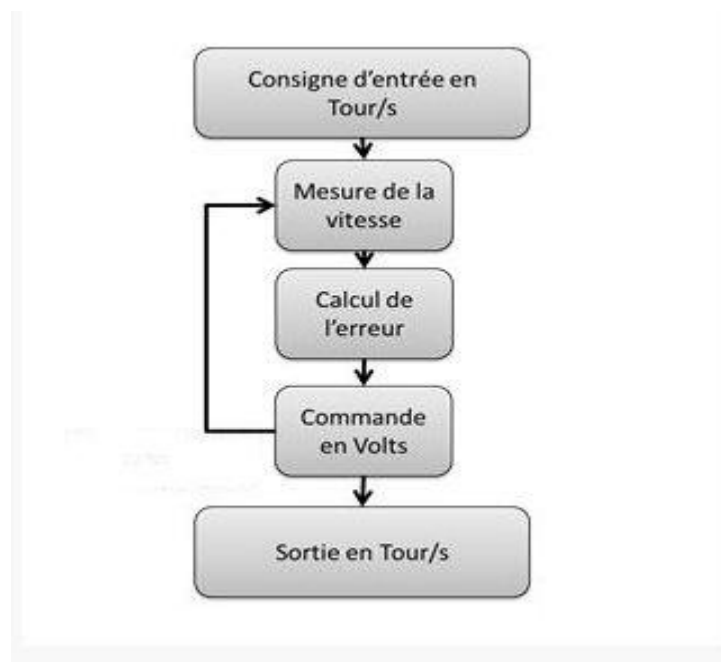
avec l'écart défini comme suit :

$$e(t) = w(t) - y(t)$$

### 3.3.1 Régulation en vitesse :

Le problème qui nous occupe est donc la régulation locale en vitesse d'un moteur à courant continu. Le contrôleur PID vu ci-dessus est particulièrement bien adapté à ce problème.

Le schéma fonctionnel d'un processus réglé à l'aide d'un tel régulateur est donné à la figure



**Figure3.8.**Le schéma fonctionnel d'un régulateur PID.

# Chapitre3 contrôle

---

## 3.4.Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre les différents contrôleurs que nous avons utilisés pour la navigation autonome de notre robot afin d'atteindre son objectif.

Au premier le contrôleur flou, nous avons rencontré la variété des notions de la logique floue, on a commencé par une définition des variables linguistiques en comparant par les variables classiques, ainsi que les ensembles flous et les fonctions d'appartenance, la fuzzification et les règles d'inférence, en dernier lieu les méthodes de défuzzification.

Ensuite nous avons passé au contrôleur linéaire PID, nous avons vu les définitions de ces paramètres, et le rôle de chaque gain, finalement nous avons présenté l'application de ce régulateur pour commander la vitesse de moteur à courant continu.

Dans le dernier chapitre nous allons appliquer ces contrôleurs et voir les résultats obtenus.

### 4.1. Implémentation :

#### PixyMon

Le PixyMon est un logiciel officiel du pixy, qui sert à visualiser l'image aperçue par la caméra 'pixy' en temps réel, le choix de la couleur désignée, ainsi il permet de changer le seuil de la binarisation.

La caméra 'pixy' communique avec le logiciel par le USB (Universal Serial Bus), après la configuration de la pixy, un code est chargé sur l'Arduino qui sert à recevoir les données de la caméra (centre de gravité, surface par exemple). Les étapes suivantes illustrent la détection de la couleur choisie (boule orange dans ce cas) :

#### Etape 1 :

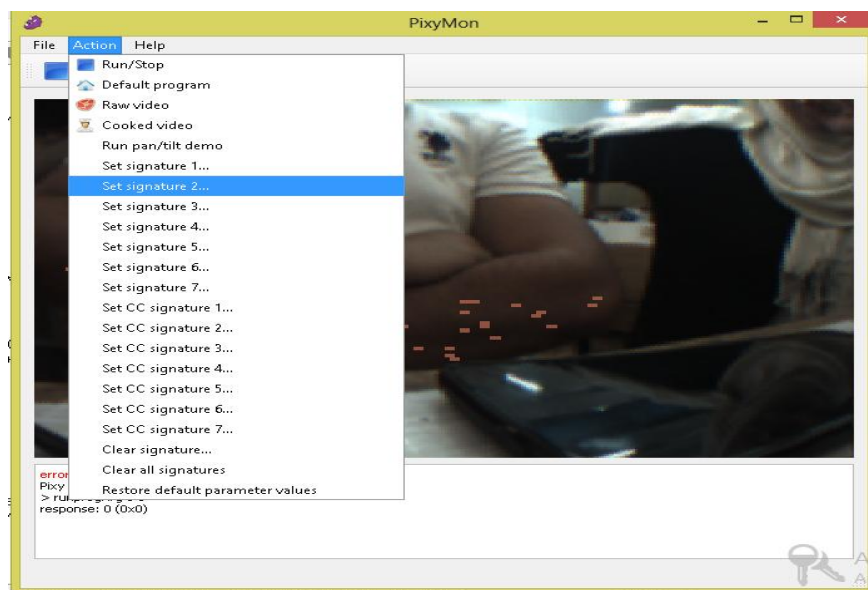


Figure.4.1.Choix du 'signature 2' pour la sélection de la couleur désirée.

#### Etape2 :

## Chapitre 4 : résultat pratique

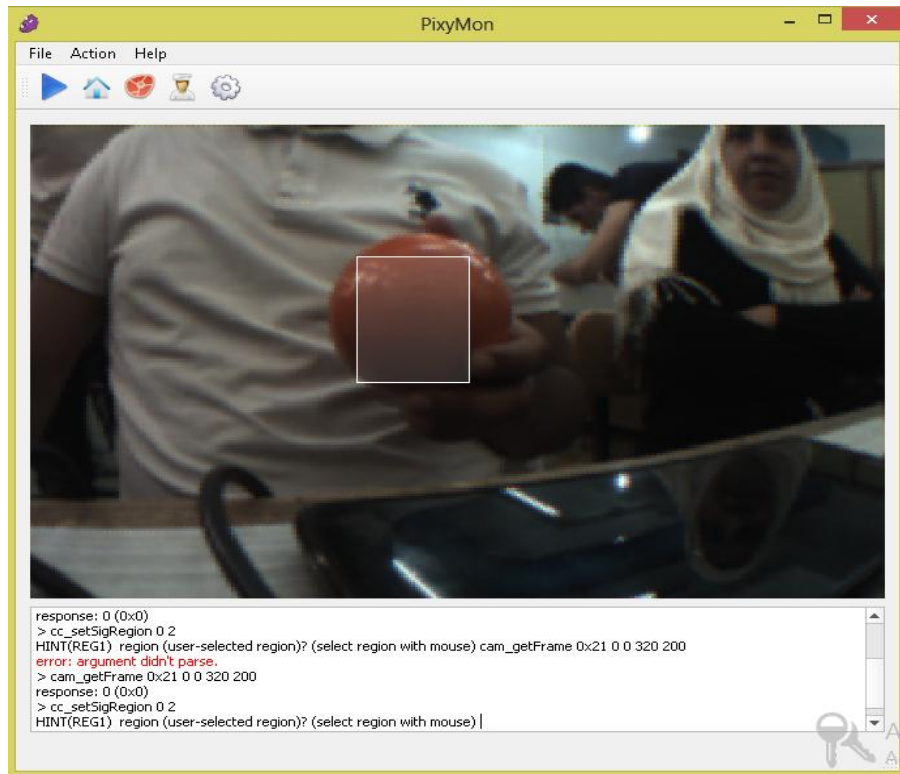


Figure.4.2. Le choix de la zone de la couleur désirée (orange) est fait manuellement.

### Etape(3)

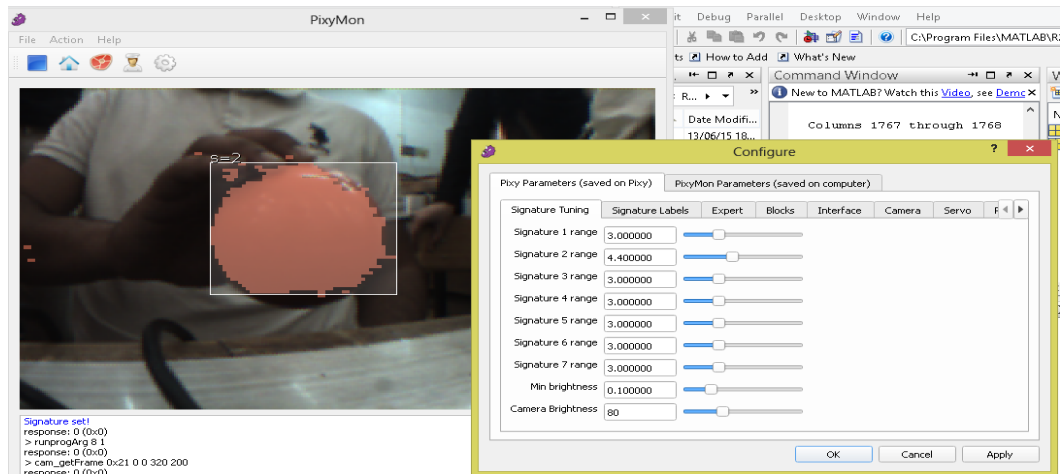


Figure.4.3. Après la détection de la couleur, un ajustement est fait selon Signature 2 qui a été choisi dans la 1ère étape.

## Chapitre 4 : résultat pratique

---

### Contrôleur flou :

Le but de notre travail comme nous avons dit précédemment : réaliser un robot mobile avec une localisation et navigation autonome, permettant le robot de détecter la position d'une balle et de la rejoindre. Et éviter les différents obstacles.



Nous avons pris les mesures de la distance (surface de la balle) et de position (les entrées) qui sont envoyés par la caméra, et nous avons décomposé les univers de discours en trois sous-ensembles flous.

Qui sont présentés respectivement par :

L'entrée 1 (position) :

Droite(D), milieu(MI), gauche(G)

L'entrée 2 (distance) :

Loin(L), centre(MO), proche(P).

La sortie (vitesse de robot) :

Grande gauche(GG), petite gauche(PG), moyenne gauche(MG), Grande droite(GD), petite droite(PD), moyenne droite(MD), arrêter(A)

### 4.2. comment choisir les règles :

Nous avons choisi les règles avec notre raisonnement selon la position et la distance de la balle :

## Chapitre 4 : résultat pratique

---

Si la balle est à droite (D) et loin(L), le robot doit aller à droite avec une petite vitesse(PD).

Si la balle est à gauche(G) et loin(L), le robot doit aller à gauche avec une petite vitesse(PG).

Si la balle est à droite(D) et proche(P), le robot doit aller à droite avec une grande vitesse(GD).

Si la balle est à gauche(G)et proche(P), le robot doit aller à gauche avec une grande vitesse(GG).

Si la balle est à droite(D)au milieu(M), le robot doit aller à droite avec une vitesse moyenne(MD).

Si la balle est à gauche(G)au milieu(M), le robot doit aller à gauche avec une vitesse moyenne (MG).

Si la balle au centre(C), le robot doit s'arrêter(A) quelle que soit la distance.

Ces règles sont présenté sur le tableau suivant :

	Gauche	Centre	Droite
Loin	PG	A	PD
milieu	MG	A	MD
proche	GG	A	GD

**Tableau.4.4.les règles.**

Les figures suivante, démontre les trois fonctions utilisées, le choix des fonctions trapézoïdale et triangulaire est fait après des tests de la camera et par rapport la

## Chapitre 4 : résultat pratique

détection de la camera à la couleur désirée.

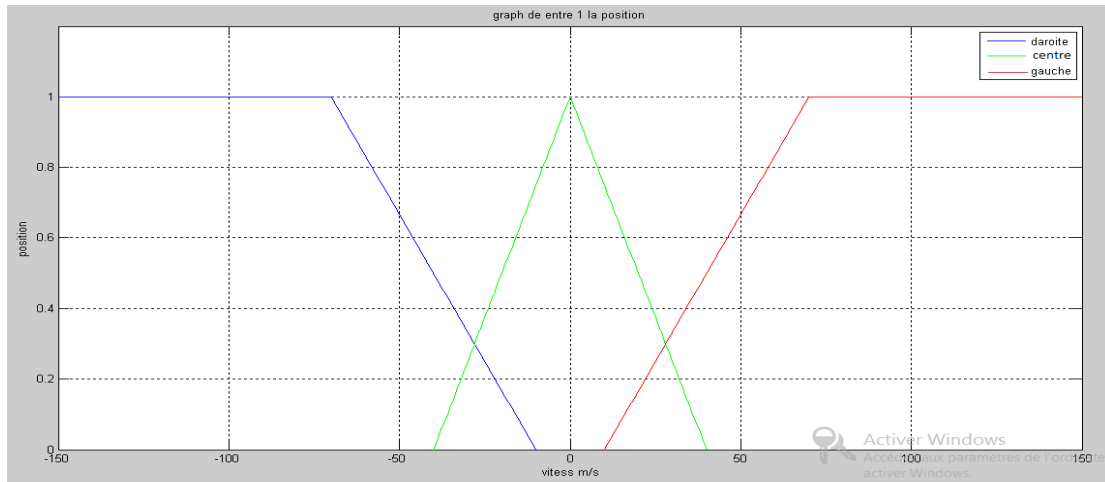


Figure.4.5. graphe représentant la première entrée de la logique floue qui est la position.

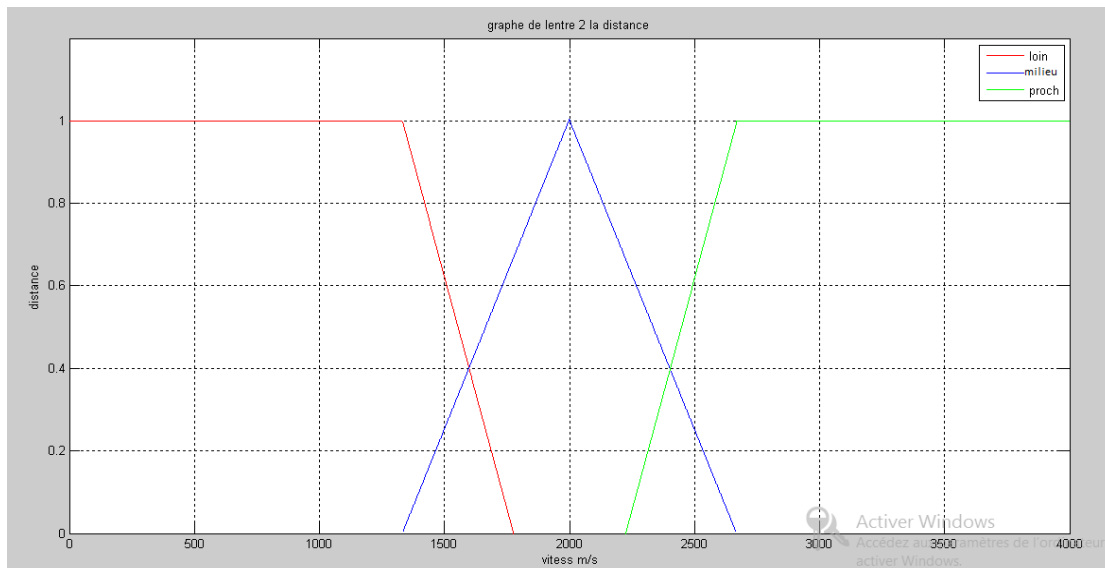
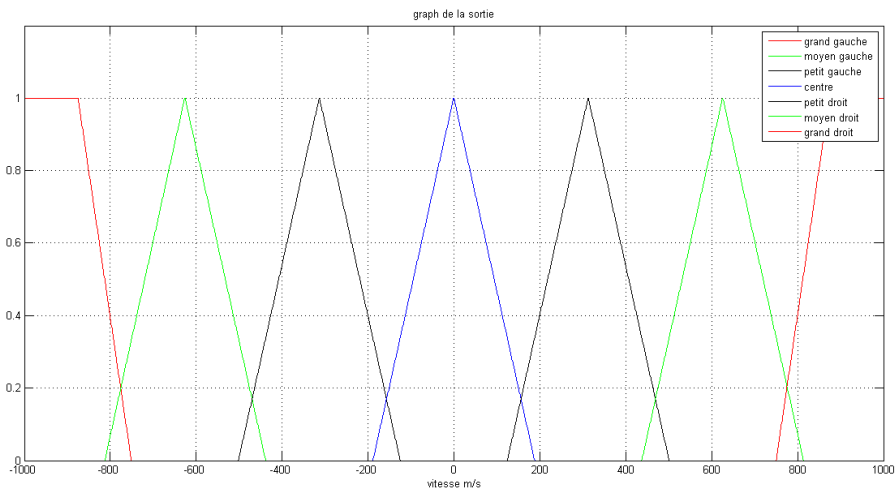


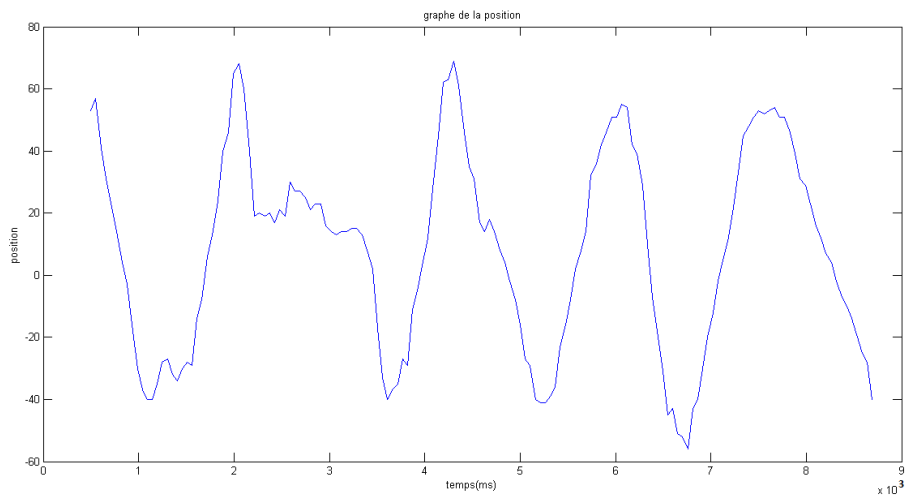
Figure.4.6. graphe représentant la deuxième entrée de la logique floue qui est la distance.

## Chapitre 4 : résultat pratique



**Figure.4.7. graphe représentant la sortie du contrôleurflou.**

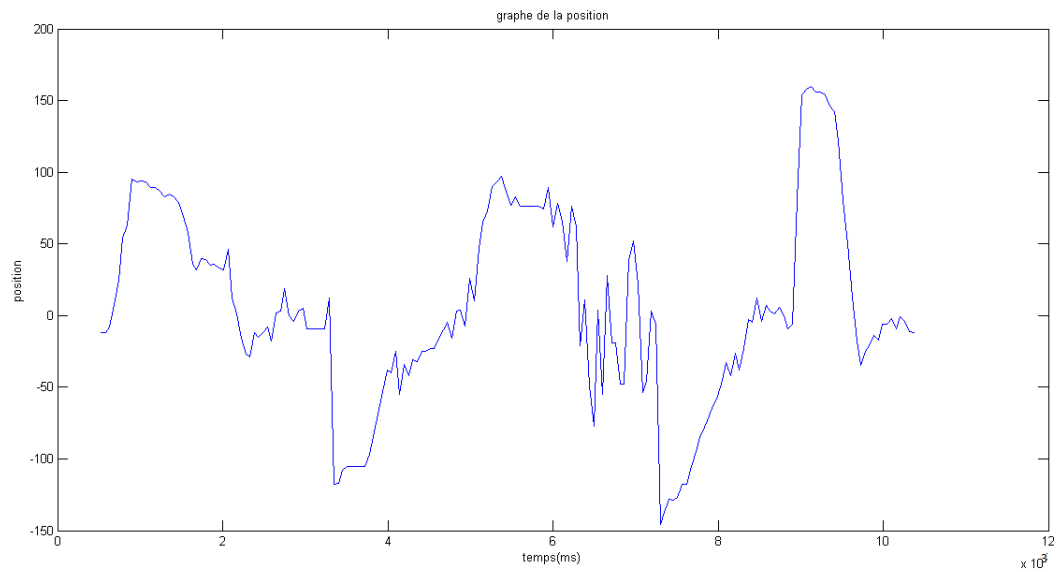
Les graphes suivants représentent les résultats des deux tests du contrôleurimplémenté.



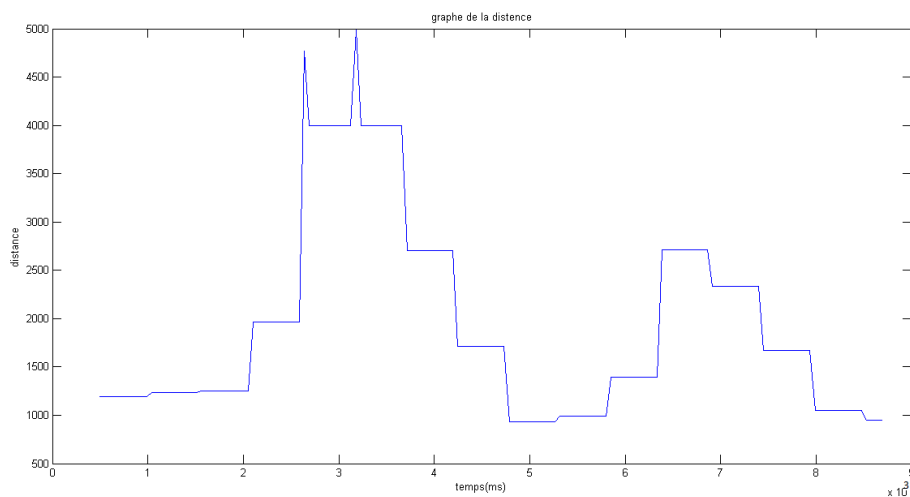
**Figure.4.8.variation de l'erreur de la position de la balle en fonction du temps pour le premier test 1.**



## Chapitre 4 : résultat pratique

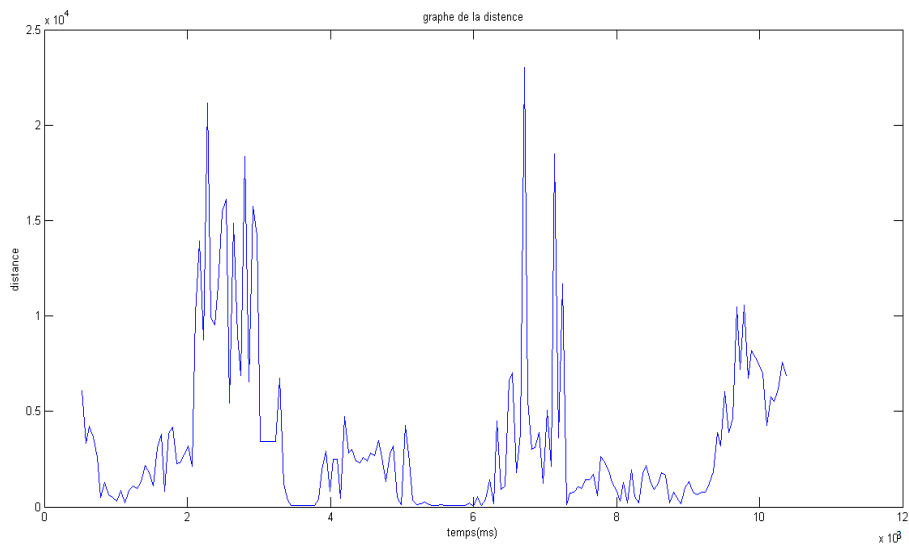


**Figure.4.9. variation de l'erreur de la position de la balle en fonction du temps pour test**  
s figures précédentes démontrent le suivi du rebot de la position de la balle orange, au début, la balle été a 100 mm, et 60 mm pour les test 1 et 2, le rebot a déplacée en minimisant l'erreur par rapport la consigne qui est 0 dans notre cas, qui est remarqué au tour de 3 seconds pour le 1<sup>er</sup> test, et 2.5 second pour le 2eme tests.



**Figure.4.10. variation de l'erreur de la distance de la balle en fonction du temps pour test 1**

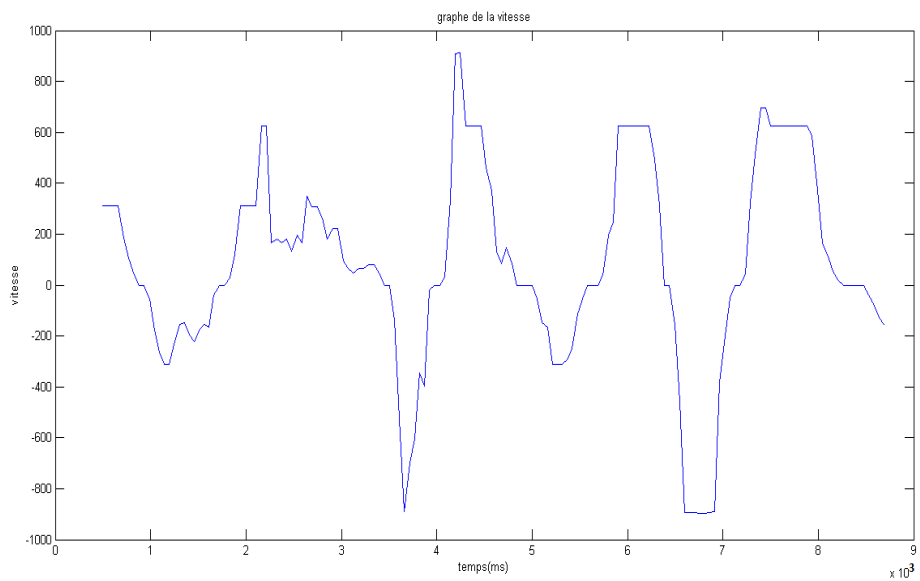
## Chapitre 4 : résultat pratique



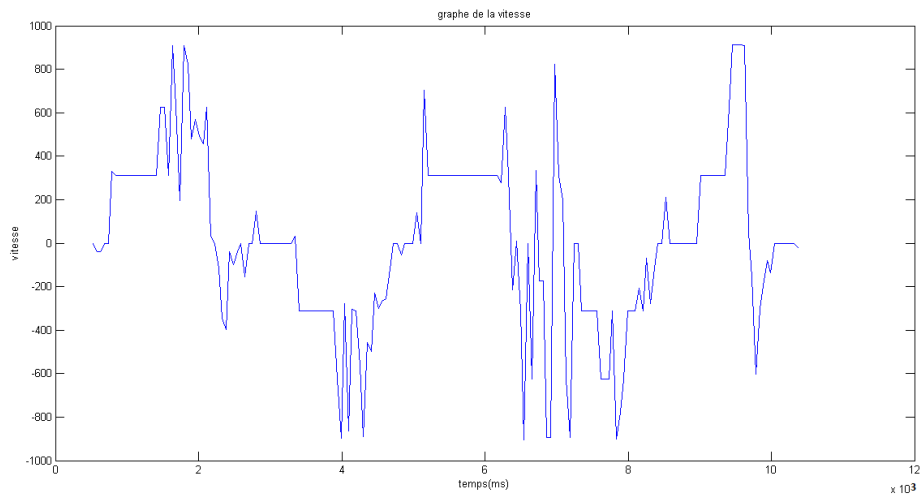
**Figure.4.11. variation de l'erreur de la distance de la balle en fonction du temps pour test 2**

L'utilisation de la distance donne signification sur la vitesse du déplacement du rebot.

Plus la distance est lointe, la vitesse du suivi du rebot diminue, plus la balle atteint le rebot, il augmente sa vitesse.



**Figure.4.12. Le graphe représente la commande de la vitesse donnée aux moteurs pour test 1**



**Figure.4.13.** Le graphe représente la commande de la vitesse donnée aux moteurs pour deuxième test

### 4.4. Conclusion :

Au début de la réalisation du projet, une fonction linéaire a été pré implémentée, ce qui n'a pas donné des résultats assez acceptables, notre objective principale est d'implémenter un contrôleur logique flou non linéaire.

- On a rencontré des difficultés lors de l'implémentation du contrôleur flou ainsi pendant la recherche des fonctions d'appartenance.
- Une amélioration des résultats, a été remarquée après l'implémentation du contrôleur.



## Conclusion générale

Dans ce travail, le problème de la navigation autonome d'un robot mobile a été abordé en utilisant les techniques de logique floues. La tâche de base que doit réaliser le robot mobile avec un minimum d'erreur est d'atteindre la configuration d'arrivée à partir d'une configuration de départ sans collision avec les obstacles et sans intervention humaine.

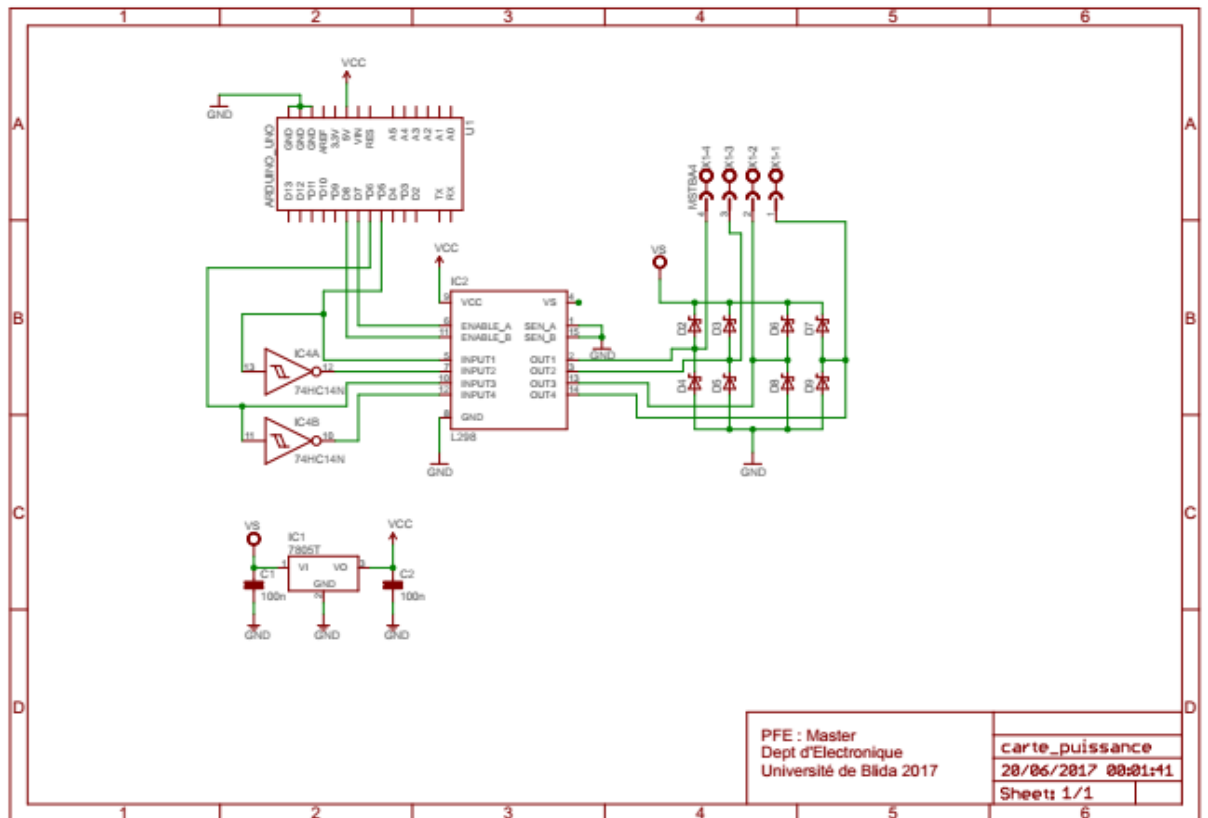
Au cours de la préparation de ce projet, on a commencé par étudier les différents types de robot mobiles et les méthodes de localisation et navigation appropriées, à savoir la localisation relative et la localisation absolue, puis nous avons consacré à l'étude générale du robot, nous avons fait une représentation mécanique et électronique pour expliquer les différents composants pour la conception d'un robot.

Par la suite, nous avons exposés la théorie de la commande par logique floue et l'architecture de base d'un contrôleur flou. Le fonctionnement d'un contrôleur flou dépend d'un nombre important de paramètres qu'il faut déterminer afin d'optimiser ses performances. Les contrôleurs flous présentent la possibilité d'incorporer des connaissances expertes dans leurs structures (pour former les règles). L'intérêt majeur de la logique floue en commande, réside dans sa capacité à traduire une stratégie de contrôle d'un opérateur qualifié en un ensemble de règles linguistiques facilement interprétables.

Des exemples de simulation sont fournis pour montrer les performances des systèmes de commande proposés pour les différents comportements du robot mobile. Les résultats obtenus montrent que les structures étudiées avec des meilleures performances pour la navigation autonome d'un robot mobile.

# ANNEXES

Schéma de carte de puissance :



# Bibliographie

---

[1] Houcine Zerfa. Conception, Réalisation et Commande Floue d'un Robot Mobile. Thèse de magister en Automatique. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF.2013

[2] SLIMANE Noureddine. Système de localisation pour robots mobiles.[en ligne], thèse de doctorat en robotique. Batna : université de batna,2005,122p. format PDF.

[3] J. Borenstiein and L.Feng, 'Mesurement and correction of systematic adometry errors in mobile robot'. IEEE Transaction on Robotics And Automation, volume 12, n°6, pp.869-880,1996.

[4] Lafani imen .suivi et localisation d'un robot mobile par webcam. Thèse de Mster en système et vision robotique. Université SAAD DAHLAB de BLIDA,2014.

[5] Michel kreutner. Présentée dans le cadre de l'école doctorale IAEM Lorraine pour l'obtention du grade de Docteur. l'Université de Metz.

[6] site de caméra pixy <http://cmucam.org/projects/cmucam5>

[7] Prof.F.Mudy.AJ. Ajustage des Paramètres d'un Régulateur PID. Ecole d'ingénieurs du camon de Vaud.