الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique et de l'Informatique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme de Master en Génie Électrique

Option : Automatique des systèmes

THEME

LA COMMANDE GESTUELLE D'UN ROBOT MOBILE (ARDUINO)

Proposé et dirigé par,

M. Sofiane TCHOKETCH KEBIR

Dr. Mounir BOUHEDDA

Préparé et présenté par,

M. GUESMI Mohamed M.

DOUAKH Abderrahim

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur soutien infaillible durant toutes mes années d'études.

Mes frères et mes sœurs.

Mon frère et meilleur ami Benaimeche Samir qui a toujours été auprès de moi et qui m'a soutenu dans les moments de faiblesse.

Toute ma famille sans exception.

Mon professeur de lycée M. Khatar.

Mes chers : Aguibi Zohier, Salim Benkortbi, Masrati Hichem, Benhadda Youcef, être votre amie est un plaisir et une joie énergisante.

Tous ceux qui m'aiment.

Mon binôme Abderrahim

Toute la promo de l'Automatique 2015-2016

À tous les Enseignants de Département de Génie Electrique Et Informatique.

GUESMI Mohamed

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Ma chère mère :

Qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père AHMED DOUAKH :

Qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutient permanent venu de toi.

Mon grand-père AHMED DOUAKH :

Qui n'a cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité. Son aide et son sacrifice pour terminer mes études.

A tous ma petite famille :

Ma sœur et mes frères MOUHAMED et ABDERRAHMEN

A tous mes frères amis SAMIR BENAIMECHE, MOUHAMED GUESMI, SALIM BENKORTBI et SALAH TCHIKOU :

Je vous souhaite le courage et le succès dans votre vie aussi bien professionnelle que familiale

A tous mes amies :

Sans qui la vie me semblerait bien fade, je vous souhaite la prospérité et le succès

A tous mes camarades de promo automatique des systèmes 2016.

DAOUAKH Abderrahím

Remerciements

Avant tous, nous remercions le Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la patience et la force durant toutes ces années d'étude.

Nous tenons à remercier vivement notre encadreur Mr. TCHOKETCH KEBIR Sofiane, Professeur à l'université de Médéa pour nous avoir dirigés et soutenus à la cour de la réalisation de ce travail. Son esprit scientifique et compréhensif qui nous avons beaucoup aidé. Sa disponibilité et ses conseils ont été indispensable à la concaténation de ce travail.

Nous exprimons nos remerciements à tous les professeurs qui nous ont encadrés et répondes à nos questions, pour le soutenir Mr. BOUHADDA, Mr KARA, Mr. TOUBAL sans oublier le responsable du Laboratoire de Génie Electrique ANNIBA Yahia.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

ملخص

هدفنا في هذه الأطروحة هو تصميم وبناء روبوت متحرك مسيطر عليه بالإيماء. ويقوم الروبوت أولا على اردوينو وواي فاي شيلد للاتصال بين الروبوت والكمبيوتر، وثانيا على مفتاح L298 لتغذية المحركات مما يضمن حركة الروبوت من خلال آلية عمله.

كلمات البحث: روبوت متحرك، التحكم الإيمائي، اردوينو، شيلد واي فاي.

RESUME

Notre but dans ce mémoire est l'étude et la réalisation d'un robot mobile commandé gestuellement. Notre robot est basé premièrement sur l'Arduino et le Shield Wifi pour assurer la communication entre le robot et le PC, et deuxièmement sur un commutateur de puissance L298 pour alimenter les moteurs à courant continue qui assure le déplacement du robot à travers son mécanisme.

Mots-clés : Robot Mobile, Commandé gestuellement, Arduino, Shield Wifi.

ABSTRACT

Our goal in this dissertation is the design and construction of a mobile robot controlled gestural. Our robot is based firstly on the Arduino and Wifi Shield for communication between the robot and the PC, and secondly on a L298 power switch for supplying continuous current motors which ensures the displacement of the robot through its mechanism.

Keywords: Mobile Robot, Controlled gestural, Arduino, Shield Wifi.

Table des matières

LISTE DES FIGURES ..…… I

Introduction générale …….…….....……1

CHAPITRE I : SYSTEMES AUATOMATISES ET LA ROBOTIQUE ……..3

1. Introduction …….……..…4
2. Systèmes automatisé ……...……...4
2.1 Définition d'un système automatisé ……..……...4
2.2 Touches historique ……..5
2.3 Rôle de l'automatique ……7
3. Généralités sur la robotique ……..8
3.1 Définition du robot ……..……8
3.2 Bref historique ……..……9
3.3 Les types des robots ……..12
3.3.1. Les robots manipulateurs ……..12
3.3.2. Les robots mobiles ……..……13
3.4 Constitution d'un robot mobile autonome ……...15
3.4.1. Structure mécanique ……..……....16
3.4.2. Charge utile ……..16
3.4.3 Structure de commande ……..……17
3.5 Domaine d'utilisation des robots ……...……..18
4. Conclusion ……20

CHAPITRE II : LA COMMANDE GESTUELLE ……21

1. Introduction ……..22
2. Communication gestuelle ……23
3. Types de gestes ……..24
4. Fonctionnalités du geste ……...25
5. Avantage des interactions gestuelles ……...25
6. Etat de l'art de la commande gestuelle ……...26
6.1 La reconnaissance de la langue des signes ……...26
6.2 La reconnaissance de l'écriture manuscrite ……..……27
6.3 La réalité virtuelle ……27
6.4 La réalité augmentée (RA) ……...28
6.5 Contrôle de machines ……...29
7. Conclusion ……31

CHAPITRE III : CONCEPTION ET REALISATION DU ROBOT MOBILE …….32

1. Introduction ……..33
2. Robot Arduino ……..33
3. Arduino UNO ……34
3.1.Description ……34
3.2.Synthèse de caractéristique ……...35

4. Arduino WI-FI Shield ……..36
4.1.Port sur le bouclier WIFI ……..37
4.2.Configuration des paramètres réseau ……38
4.3.Raccordements du blindage ……..38
4.4.Les indicateurs sur le shield ……..38
5. Moteur à courant continue ……..39
5.1.Principe de fonctionnement ……..39
5.2.Alimentation du moteur ……40
6. Carte L298……..40
6.1.Descriptions ……..40
6.2.Conception du PCB ……..……42
6.3.Montage ……...45
7. Source d'alimentions ……45
8. Raccordement et montage du robot mobile ……...46
9. Conclusion ……49

CHPITRE IV : COMMANDE GESTUELLE DE ROBOT……..……50

1. Introduction ……...……..51
2. Logiciel MATLAB ...……....51
3. Logiciel Arduino IDE ……..52
4. Démarche de programmation de robot mobile ……53
4.1.Prétraitement d'image ……..54
4.2.Traitement d'image ……..55
4.3.Création de commande ……58
4.4.Exécution de la commande ……...60
5. Discussion et perspective des résultats de test ……..61
6. Conclusion ……68

Conclusion générale ……..69

Bibliographie

Listes des figures

Figure I.1. *Quelques exemples sur l'utilisation de l'automatisme……..4*

Figure I.2. *Horloge automatique à eau de Ktesybios ……5*

Figure I.3. *Régulateur de Watt……6*

Figure I.4. *Schéma des interactions d'un robot avec son environnement.....8*

Figure I.5. *La tortue de Grey Walter……9*

Figure I.6. *A gauche : Robot "Beast" de l'université John Hopkins dans les années 1960. A droite : Le robot Shakey de Stanford en 1969……10*

Figure I.7. *Le Stanford Cart date de la fin des années 1970. Le robot Hilare du LAAS a été construit en 1977……11*

Figure I.8. *Genghis, développé par Rodney Brooks au MIT au début des années 1990……11*

Figure I.9. *Robot de type unicycle……13*

Figure I.10. *Robot de type tricycle……14*

Figure I.11. *Robot de type voiture……14*

Figure I.12. *Robot de type omnidirectionnel……15*

Figure I.13. *Décomposition d'un robot mobile autonome……16*

Figure I.14. *Fonctions du sous-système contrôle / commande / communication / décision…..17*

Figure I.15. *Robot chirurgical Da Vinci……19*

Figure I.16. *Robot infirmier RIBA……19*

Figure I.17. *Robot patient Hanako Showa……19*

Figure II.1. *Interaction classique……22*

Figure II.2. *Les cinq modes de communication de l'être humain……23*

Figure II.3. *Geste statique……24*

Figure II.4. *Geste dynamique……24*

Figure II.5. *Transmission du signal gestuel……26*

Figure II.6. *La base de gestes de Triesch et Von der Malsburg……26*

Figure II.7. *Un stylé informatique……27*

Figure II.8. *Interface gestuelle pour un environnement virtuel……28*

Figure II.9. *Système de reconnaissance des gestes de chef d'orchestre……29*

Figure II.10. *Vue de devant et de profil des gestes du chef d'orchestre……29*

Figure II.11. *Souris gestuelle……30*

Figure II.12. *Contrôle des robots mobiles personnels……30*

Figure III.1. *Robot Arduino*……33
Figure III.2. *Schéma synoptique du robot*……34
Figure III.3. *Arduino UNO*……35
Figure III.4. *Arduino Wifi Shield (recto et verso)*……36
Figure III.5. *Description des pins de connexion avec l'Arduino UNO*……37
Figure III.6.*Port sur le Wifi Shield*……37
Figure III.7.*Principe de fonctionnement des moteurs à courant continue*……39
Figure III.8. *Principe de fonctionnement des moteurs à courant continue*……39
Figure III.9. *Types d'alimentation des moteurs à courant continue*……40
Figure III.10. *Schéma électrique de la carte L298*……41
Figure III.11. *Le circuit imprimé (Typon)*……42
Figure III.12. *Les couches de la PCB*……43
Figure III.13. *L'insoleuse*……43
Figure III.14. *Schéma de la carte dans le révélateur*……43
Figure III.15. *Schéma de la carte dans le Perchlorure de fer*……44
Figure III.16. *Perçage*……44
Figure III.17. *Schéma de la carte*……44
Figure III.18. *Schéma de la carte après soudage*……45
Figure III.19. *Les piles de Robot Arduino*……46
Figure III.20. *Alimentation stabilisée*……46
Figure III.21. *Schéma de câblage des composants de robot*……47
Figure III.22. *Fixation des deux cartes dans le support*……47
Figure III.23. *Câblage et alimentation des cartes*……48
Figure III.24. *Aspect final*……48
Figure IV.1. *L'interface d'Arduino IDE*……52
Figure IV.2. *Organigramme de programme principal*……53
Figure IV.3. *L'image obtenir après l'acquisition*……54
Figure IV.4. *La cible à détectée*……55
Figure IV.5. *L'image initiale*……56
Figure IV.6. *Détection de cibles claires*……56
Figure IV.7. *Détection de cibles noires*……57
Figure IV.8. *Détection de notre cible*……57
Figure IV.9. *Position initial*……58
Figure IV.10. *La rotation de robot*……59

Figure IV.11. *Le robot atteint le point désiré*.....59
Figure IV.12. *Retour à la position initiale*.....60
Figure IV.13. *L'interface de commande*.....61
Figure IV.14. *1 er Acquisition* 62
Figure IV.15. *2 eme Acquisition*.....63
Figure IV.16. *3 eme Acquisition*.....64
Figure IV.17. *4 eme Acquisition*.....65
Figure IV.18. *Représentation de trajectoire de cible (Geste)*.....66
Figure IV.19. *Trajectoire de robot suivant le geste* 66
Figure IV.20. *Les acquisitions faites*.....67
Figure IV.21. *Représentation de trajectoire de cible (Geste)*.....67
Figure IV.22. *Trajectoire de robot suivant le geste* 68

Introduction générale

La robotique permet d'aider l'homme dans les tâches difficiles, répétitives ou Pénibles. De plus elle constitue le rêve de substituer la machine à l'homme dans ces tâches.

La robotique comporte deux grands pôles d'intérêt : la robotique de manipulation (robotique industrielle) et la robotique mobile. Un des problèmes majeurs de la robotique mobile est la planification de mouvement. Autour de ce problème de planification de mouvement de nombreuses études ont été réalisées dans le but de développer des méthodes générales pour guider les robots.

Plusieurs systèmes ont été développés pour l'interaction homme-machine comme le clavier/souris, le joystick, la parole …etc. Ces types d'interfaces ont montré leurs limites en degrés de liberté (clavier, souris, joystick) ou les difficultés à les appliquer dans un environnement naturel (la parole), alors les recherches se sont orientés vers des interactions plus naturelles et plus riches pour le pilotage d'une chaine complexe et utilisables dans un environnement naturel. C'est le cas pour les interactions homme-machine gestuelles.

Dans ce mémoire, nous présenterons l'étude et la réalisation d'un robot mobile autonome commandé gestuellement, le principe de cette commande est fondé sur la détection d'une cible mobile portée sur la main.

Le premier chapitre est une rapide présentation sur les systèmes automatisés, la robotique et ces applications.

Le deuxième chapitre est consacré uniquement pour le principe de la commande gestuelle ainsi que l'interaction homme-machine.

Dans le troisième chapitre, Nous avons attribué l'étude principale pour réaliser notre projet, concernons le mécanisme du robot, le choix des composants de la partie matériel et la structure finale du robot.

Dans le dernier chapitre, nous présentons les dernières étapes d'adaptation entre les différentes parties développées précédemment (hardware/software). Des testes et des essais sont réalisés comme une phase finale dans le cahier des charges, qui résulte vers des résultats approuvables pour la commande gestuelle d'un robot mobile. Enfin, nous terminons par une

conclusion qui résume l'essentiel de notre travail, ainsi des perspectives que l'on peut envisagées pour apporter des améliorations aux futures.

CHAPITRE I : SYSTÈMES AUTOMATISÉS ET LA ROBOTIQUE

1. Introduction

Le monde assiste à un développement permanent des technologies, Cela inclut tous les domaines techniques et en particulier le domaine de l'automatique. L'automatisation industrielle ou domestique est devenue un besoin impératif pour l'exécution des tâches répétitives. Elle est d'un tel avantage en termes de qualité, précision et de rapidité d'exécution que le recours à cette technique assure un fonctionnement d'une machine ou d'un groupe de machine sans l'intervention humaine.

Nous allons aborder dans ce contexte une brève introduction sur les systèmes automatisés, ainsi une présentation générale sur la robotique, les différents types des robots et leurs applications.

2. Systèmes automatisé

2.1. Définition d'un système automatisé

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations et pour lequel l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage.

Les buts d'un système automatisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision. [1]

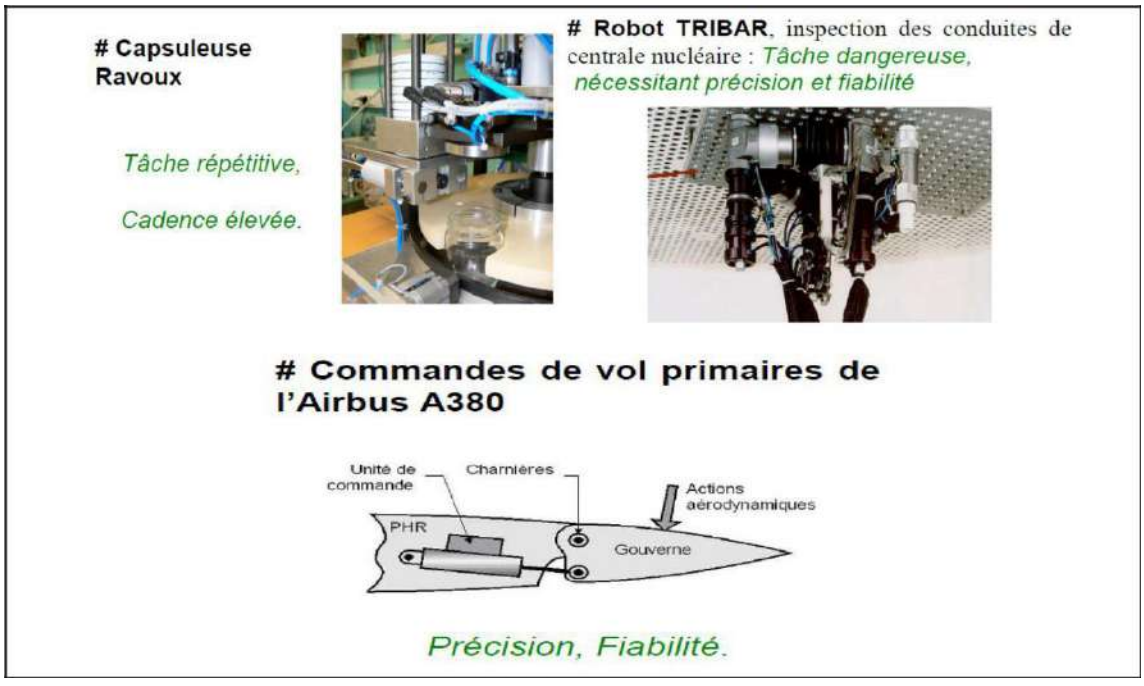


Figure I.1. *Quelques exemples sur l'utilisation de l'automatisme*

2.2. Touches d'historique

Sue le plan de développement des systèmes automatisées, on distingue trois époques divisent l'histoire des systèmes automatiques : [2]

2.2.1. Première époque

Qualifier de préhistoire, elle s'étend de l'antiquité au milieu du siècle dernier. Des inventeurs géniaux ont conçu des systèmes automatiques de manière intuitive.

Dès 50 avant J.C, des exemples de régulation de niveau existaient : horloge automatique à eau de Ktesybios (voir **Figure 0.2**), la lampe à huile de Philon de Byzance et la machine à doser le vin de Héron d'Alexandrie.

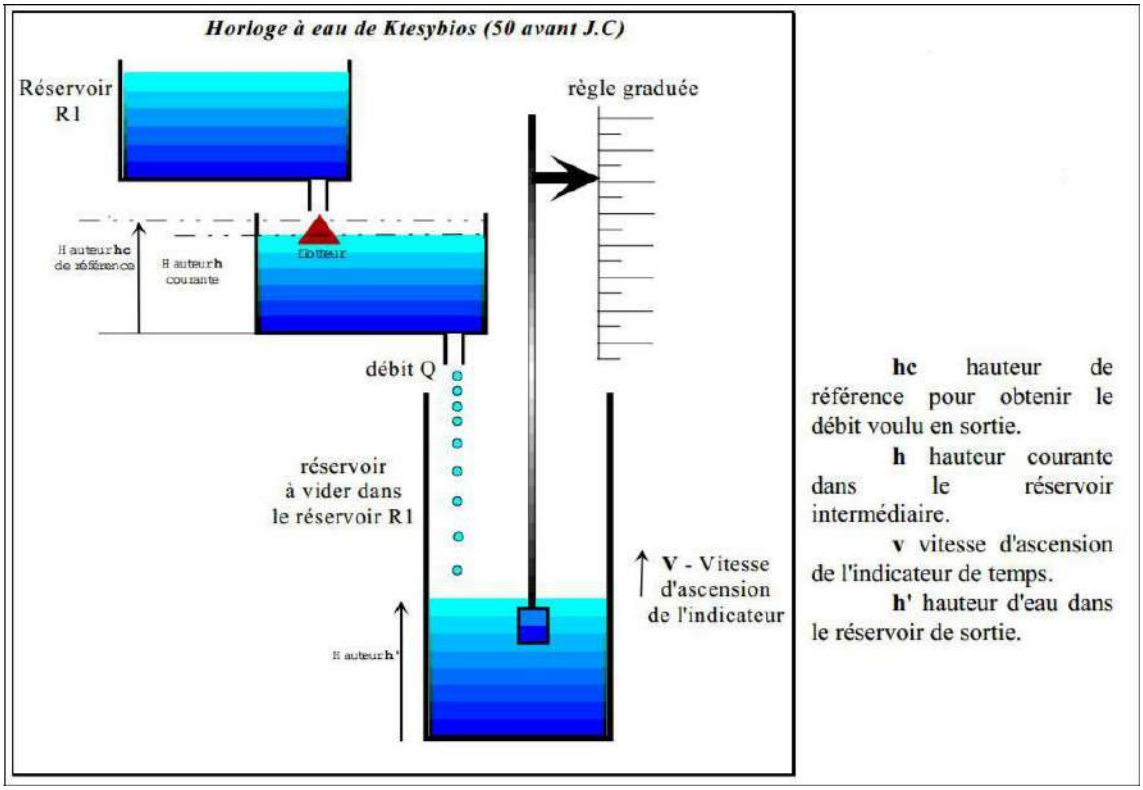


Figure I.2. *Horloge automatique à eau de Ktesybios*

Le principe de cette horloge est d'animer la tige qui sert d'indicateur avec un mouvement à vitesse constante (amplitude proportionnelle au temps). Pour obtenir le déplacement on fait varier le volume d'eau d'une manière proportionnelle au temps en utilisant le débit d'alimentation rigoureusement constant. L'intégral d'un débit constant donne bien un volume varient linéairement avec le temps.

Le problème se ramène donc à générer un débit connu constant. Dans un réservoir à écoulement libre, le débit de sortie est en général fonction de la pression, donc de la hauteur

d'eau dans le réservoir. Pour obtenir un débit de sortie constant il suffit de garantir un niveau constant.

Le niveau dans le réservoir intermédiaire est contrôlé à cause d'une valve liée à un flotteur qui va garantir un niveau de référence.

En fonctionnement normal, cette valve assure un niveau constant égale au niveau de référence souhaité ce qui implique que le débit corresponde bien à la valeur souhaitée.

Plus tard, Réaumur. Watt et son régulateur de vitesse (1788). Jacquard et son métier à cartes perforées, font progresser l'automatisation.

Le régulateur de Watt pour but à maintenir constante la vitesse de rotation d'une turbine à vapeur. La commande d'admission de vapeur dans la turbine est contrôlée par une vanne dont on peut manœuvrer le pointeau.

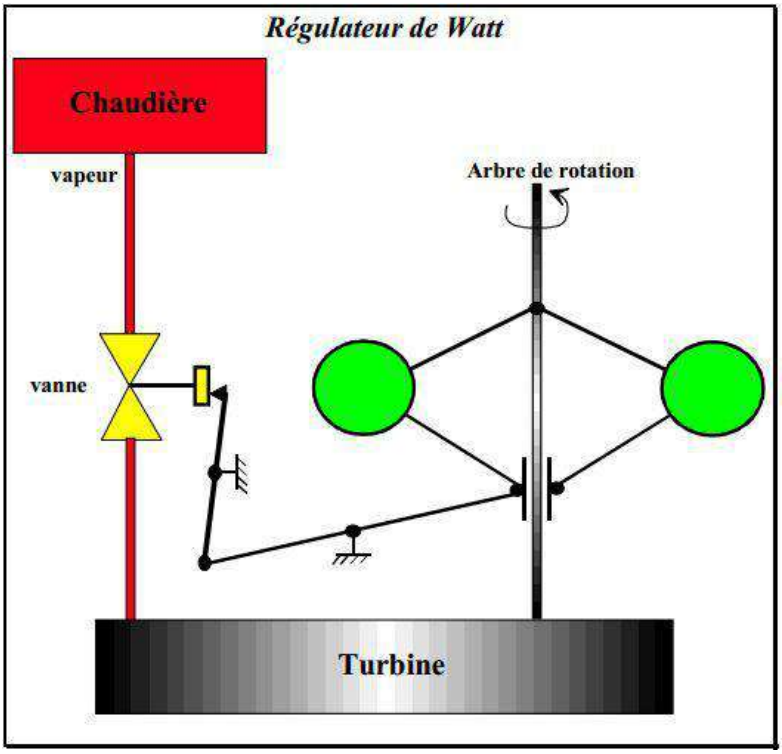


Figure I.3. *Régulateur de Watt*

Un ensemble mécanique déformable constitué de masselottes et de tringles permet une mesure de la vitesse de rotation par effet d'inertie. Plus la turbine tourne vite, plus les masselottes ne sont écartées de l'axe de rotation. Pour réaliser un asservissement en vitesse il suffit de transmettre mécaniquement une variation de cet écartement de commande de déplacement du pointeau de la vanne. Si la vitesse de rotation est trop faible, l'écartement insuffisant des masselottes engendre une ouverture de la vanne d'admission vapeur, entrainant

une augmentation de la vitesse. Un comportement symétrique a lieu en cas de vitesse de rotation trop élevée.

2.2.2. Deuxième époque

Elle débute du milieu du XIXème siècle, et est caractérisée par la théorie de bouclage et des applications de l'algèbre de Boole. Les premiers travaux sur le bouclage sont dus à Maxwell (1868), à Routh avec son critère algébrique (1872) et à Hurwitz (1890).

L'étude analytique de régulateur de Watt fut commencée par Maxwell en 1868 et complétée en 1876 par Wichnegradsky. L'étude des systèmes bouclés doit beaucoup à l'approche fréquentielle de Nyquist , Bode , Nichols , Hall , Evans, qui ont laissé leur nom à des représentation et qui ont publié la plupart de leur résultats à la fin de la seconde guerre mondiale. Les premières implantations des systèmes de commandes à cette époque reposaient sur l'utilisation de dispositif électronique à lampes.

2.2.3. Troisième époque

Elle débute dans les années cinquante. L'apparition de calculateurs numériques révolutionne le monde de l'automatique. La puissance de calcul disponible fait naitre les méthodes dites « de l'automatique moderne ou avancée ». Parmi les faits marquant, on peut citer :

- Introduction de la représentation d'état. Particulièrement bien adaptée à l'utilisation de calculateurs numériques pour l'étude et la commande des systèmes complexe et multi variables (Kalman 1960).

- Développent des méthodes d'étude des systèmes non- linéaire (Kochenburger, Cypkin) et des systèmes échantillonnés (Jurry, Ragazzini).

- Prise en compte des phénomènes aléatoires dans les théories récentes comme celles de Kalman et de Bucy.

2.3. Rôle de l'automatique

Les systèmes automatiques permettent :

- De réaliser les opérations trop complexes, pénibles ou délicates et ne pouvant être confiées à l'homme. (Alunissage d'un engin spatial).

- De substituer la machine de l'homme dans des opérations trop répétitives ou dénuées d'intérêts (BDV automatique, appareillage électroménager)

- D'accroitre la précision : notion de bouclage

Par exemple un obus tiré par un canon aura un point de chute dans un certain domaine lié aux imperfections et perturbation extérieure. A contrario, un missile téléguidé dont la position, vitesse et l'accélération, par rapport à l'objectif sont mesurée à chaque instant attendra sa cible avec une bien meilleure précision

- De permettre une action de stabilité. Par exemple, un oscillateur entretenu sera surveillé par un dispositif qui lui évitera de diverger ou de cesser d'osciller.

3. Généralités sur la robotique

La robotique est un très bon exemple de domaine pluridisciplinaire qui implique de nombreuses thématiques telles que la mécanique, la mécatronique, l'électronique, l'automatique et l'informatique ou l'intelligence artificielle.

3.1. Définition du robot

Un robot est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) accomplissant automatiquement soit des tâches qui sont généralement dangereuses, pénibles, répétitives ou impossibles pour les humains, soit des tâches plus simples mais en les réalisant mieux que ce que ferait un être humain.[3]

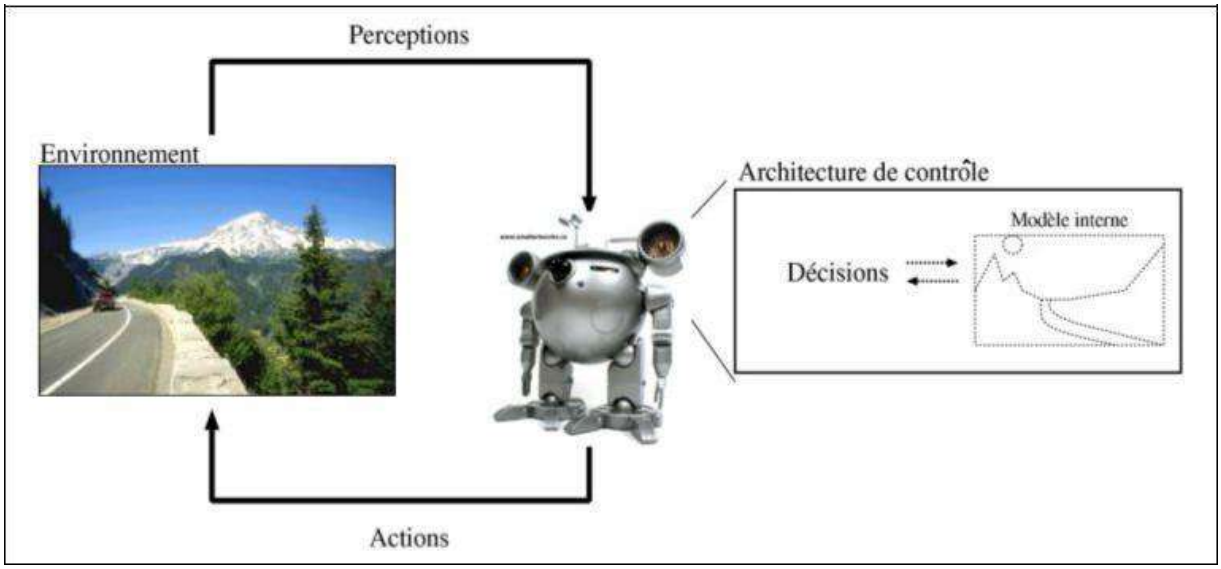


Figure I.4. *Schéma des interactions d'un robot avec son environnement*

Cette définition s'illustre par un schéma classique, des interactions d'un robot avec son environnement (**Figure I.4**). Les différents domaines d'applications et des recherches scientifiques issues de cette vision sur la robotique, très orientée sur l'Intelligence Artificielle, qui place au centre des préoccupations l'enchaînement de ce cycle Perception, Décision et Action. La manière dont un robot gère ces différents éléments est définie par son architecture de contrôle, qui la plupart du temps va faire appel à un modèle interne de l'environnement qui lui permettra de planifier ses actions à long terme.

3.2. Bref historique

Le terme de robot apparaît pour la première fois dans une pièce de Karel Capek en 1920 : Rossum's Universal Robots. Il vient du tchèque 'robota' (servitude) et présente une vision des robots comme serviteurs dociles et efficaces pour réaliser les taches pénibles mais qui déjà vont se rebeller contre leurs créateurs.

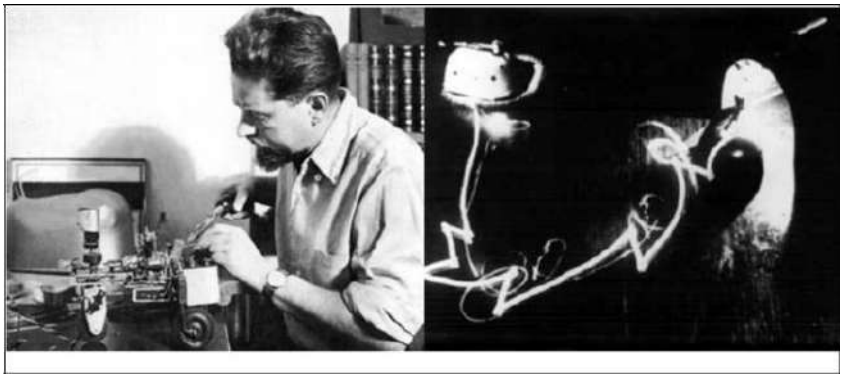


Figure I.5. *La tortue de Grey Walter*

La Tortue construite par Grey Walter dans les années 1950 (**Figure I.5**), est l'un des premiers robots mobiles autonomes. Grey Walter n'utilise que quelques composants analogiques, dont des tubes à vide, mais son robot est capable de se diriger vers une lumière qui marque un but, de s'arrêter face à des obstacles et de recharger ses batteries lorsqu'il arrive dans sa niche. Toutes ces fonctions sont réalisées dans un environnement entièrement préparé, mais restent des fonctions de base qui sont toujours des sujets de recherche et de développement technologiques pour les rendre de plus en plus génériques et robustes.

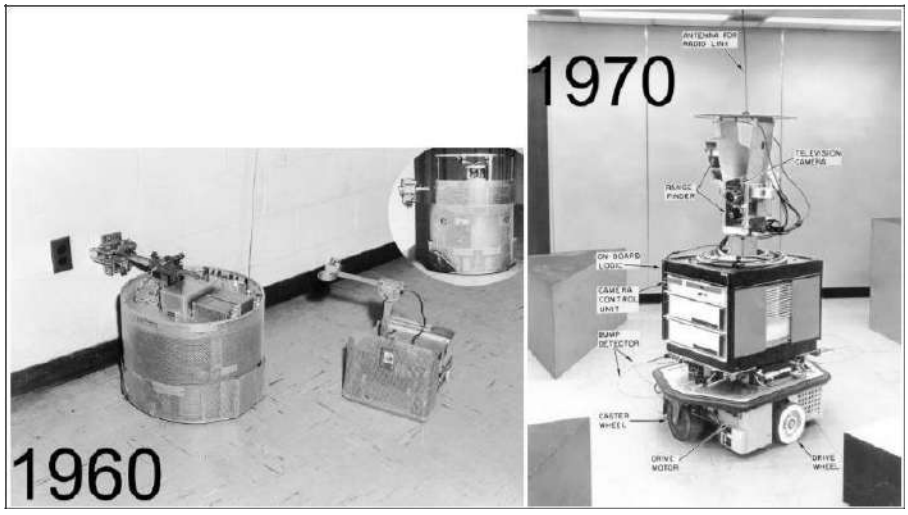


Figure I.6. *A gauche : Robot "Beast" de l'université John Hopkins dans les années 1960. A droite : Le robot Shakey de Stanford en 1969*

Dans les années 60, les recherches en électronique vont conduire avec l'apparition du transistor, à des robots plus complexes mais qui vont réaliser des tâches similaires. Ainsi le robot "Beast" (**Figure I.6**) de l'université John Hopkins est capable de se déplacer au centre des couloirs en utilisant des capteurs ultrason, de chercher des prises électriques (noires sur des murs blancs) en utilisant des photodiodes et de s'y recharger.

Les premiers liens entre la recherche en intelligence artificielle et la robotique apparaissent à Stanford en 1969 avec Shakey (**Figure I.6**). Ce robot utilise des télémètres à ultrason et une caméra et sert de plate-forme pour la recherche en intelligence artificielle, qui à l'époque travaille essentiellement sur des approches symboliques de la planification. La perception de l'environnement, qui à l'époque est considérée comme un problème séparé, voire secondaire, se révèle particulièrement complexe et conduit là aussi à de fortes contraintes sur l'environnement. Ces développements de poursuivent avec le Stanford Cart dans la fin des années 1970, avec notamment les premières utilisations de la stéréovision pour la détection d'obstacles et la modélisation de l'environnement. En France, le robot Hilare est le premier robot construit au LAAS, à Toulouse **(Figure I.7).**

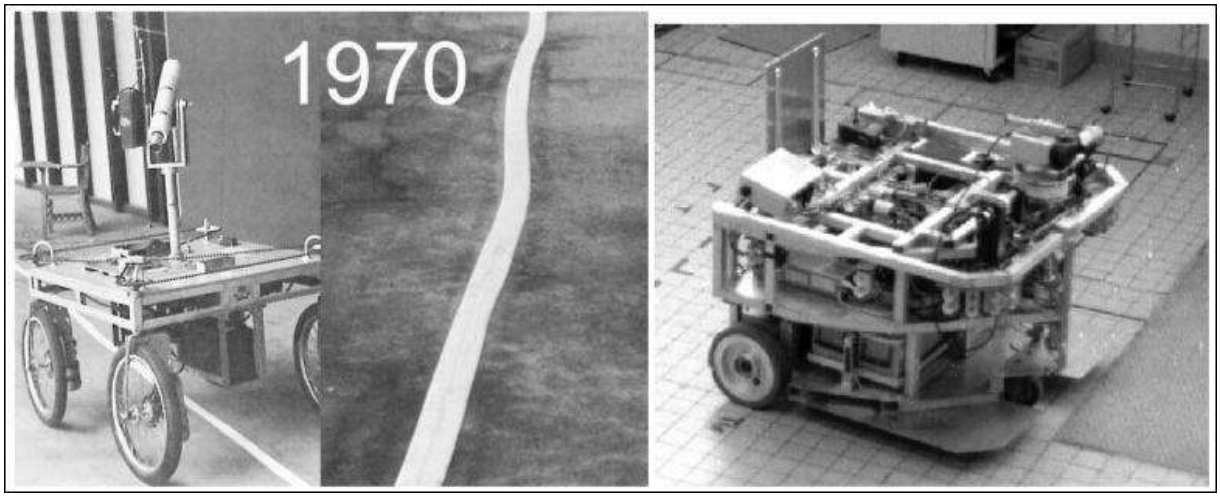


Figure I.7. *Le Stanford Cart date de la fin des années 1970. Le robot Hilare du LAAS a été construit en 1977*

Une étape importante est à signaler au début des années 1990 avec la mise en avant de la robotique réactive, représentée notamment par Rodney Brooks. Cette nouvelle approche de la robotique, qui met la perception au centre de la problématique, a permis de passer de gros robots très lents à de petits robots (**Figure I.8**), beaucoup plus réactifs et adaptés à leur environnement.

Ces robots n'utilisent pas ou peu de modélisation du monde, problématique qui s'est avérée être extrêmement complexe.



Figure I.8. *Genghis, développé par Rodney Brooks au MIT au début des années 1990*

Ces développements ont continué et l'arrivée sur le marché depuis les années 1990 de plates formes intégrées telles que le Pioneer de la société Mobile Robots a permis à de très nombreux

laboratoires de travailler sur la robotique mobile et à conduit à une explosion de la diversité des thèmes de recherche. Ainsi, même si les problèmes de déplacement dans l'espace et de modélisation de l'environnement restent difficiles et cruciaux, des laboratoires ont pu par exemple travailler sur des approches multi-robot, la problématique de l'apprentissage ou sur les problèmes d'interactions entre les hommes et les robots.

3.3. Les types des robots

Il existe deux grandes familles de robots sont :

- Les robots manipulateurs.
- Les robots mobiles.

3.3.1. Les robots manipulateurs

Un robot manipulateur est en forme d'un bras et se composent d'un certain nombre de segments qui est conçu pour manipuler ou déplacer des matériaux, outils et pièces sans contact humain direct. Ils sont des dispositifs qui permettent aux humains d'interagir avec des objets dans un environnement en toute sécurité. Les robots manipulateurs sont utilisés dans des applications industrielles pour s'effectuer efficacement des tâches telles que l'assemblage, soudage, traitement de surface, et le forage. [4]

Les types des robots manipulateurs

Les robots manipulateurs viennent sous plusieurs formes. Les formes se répartissent en en cinq grandes catégories :

- Robots cylindriques
- Robots rectilignes
- Robots sphériques
- Robots articulés
- Robots SCARA

3.3.2. Les robots mobiles

Un robot mobile est celui qui peut se déplacer dans son environnement de façon indépendante. Pour ce faire, le robot doit pouvoir naviguer, et la portée et la précision de navigation requise varie en fonction de la taille du robot et du type de sa tâche. [5]

Nous intéresse à étudier seulement les robots à roues, qui sont le principale type des robots mobiles. 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.

a- 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-holonome, en effet il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues de locomotion.

Sa commande peut être très simple, il est en effet assez facile de le déplacer d'un point a un autre par une suite de rotations simples et de lignes droites.

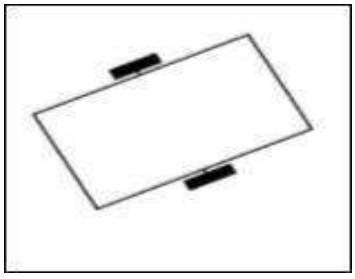


Figure I.9. *Robot de type unicycle*

b- 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 fixes et par l'orientation de la roue orientable. Son centre de

rotation est situé à l'intersection de l'axe contenant les roues fixes et de l'axe de la roue orientable.

C'est un robot non-holonome. En effet, il est impossible de le déplacer dans une direction perpendiculaire aux roues fixes. Sa commande est plus compliquée. Il est en général impossible d'effectuer des rotations simples à cause d'un rayon de braquage limité de la roue orientable.

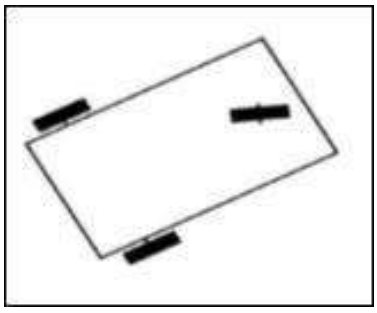


Figure I.10. *Robot de type tricycle*

c- Robot voiture

Un robot de type voiture est semblable au tricycle, il est constitué de deux roues fixes placées sur un même axe et de deux roues centrées orientables placées elles aussi sur un même axe. Le robot de type voiture est cependant plus stable puisqu'il possède un point d'appui supplémentaire.

Toutes les autres propriétés du robot voiture sont identiques au robot tricycle, le deuxièmes 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.

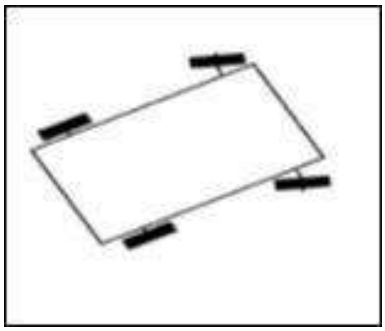


Figure I.11. *Robot de type voiture*

d- 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.

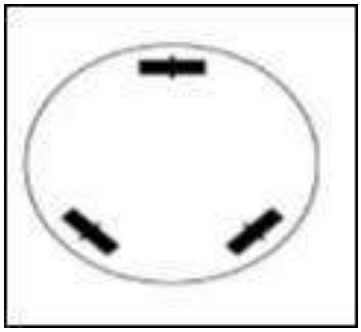


Figure I.12. *Robot de type omnidirectionnel*

3.4. Constitution d'un robot mobile autonome

Un robot mobile autonome se décompose en trois sous-systèmes comme le montre la figure ci dessue : [6]

la structure mécanique.

la charge utile.

la structure de commande.

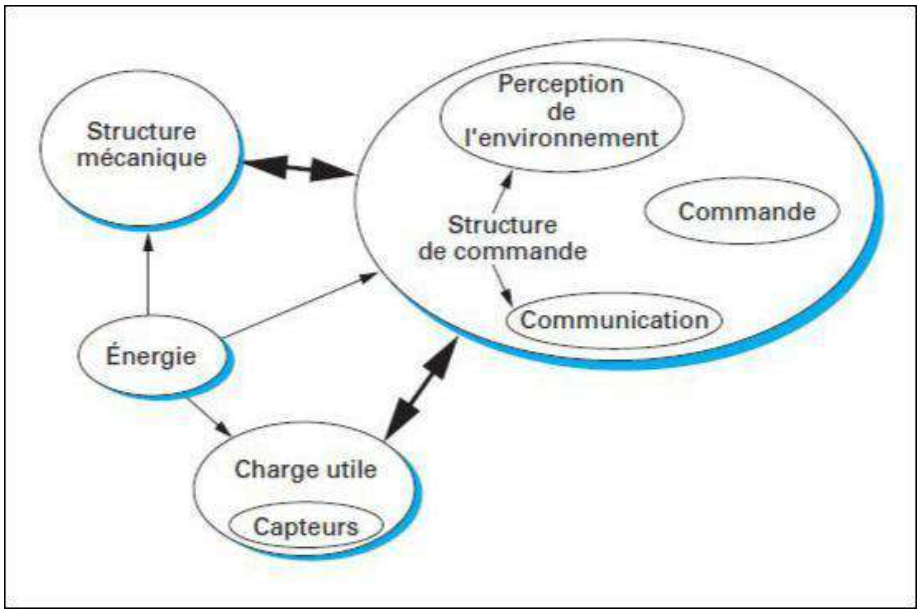


Figure I.13. *Décomposition d'un robot mobile autonome*

3.4.1. Structure mécanique

Elle rassemble les éléments mécaniques et électriques permettant d'assurer la fonction de mobilité. Le mouvement est obtenu en associant la propulsion et l'appui sur le milieu. La propulsion, très liée à l'application du robot, est assurée par des techniques variées (électrique, thermique, pneumatique ou hydraulique) en fonction de sa taille, sa masse et de son lieu d'évolution. Le milieu dans lequel évolue le mobile détermine en général le mode d'appui. On dénombre deux grands types de milieux naturels : le milieu solide et le milieu fluide. La majorité des applications des RMA relève du premier cas. Le second, plus restreint, concerne les robots sous-marins ou robots volants. Nous nous intéressons plutôt au premier cas de figure qui ouvre des voies d'applications plus nombreuses.

3.4.2. Charge utile

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

3.4.3. Structure de commande

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

3.4.3.1. Perception de l'environnement

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

L'acquisition d'un état de l'environnement s'effectue soit par la mesure d'une énergie propre issue de l'espace d'évolution, soit par la réflexion d'énergie émise par une source artificielle. La donnée à traiter est contenue dans les caractéristiques de l'énergie réfléchie. Il n'est pas question ici de détailler les divers capteurs utilisés en robotique mobile car plusieurs articles de la rubrique Robotique de ce traité traitent de ce sujet.

3.4.3.2. Communication homme-machine

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

3.4.3.3. Commande

Comme le met en évidence la **Figure I.14**, la planification des actions et le contrôle des déplacements se situent dans trois référentiels différents. Du plus abstrait au plus concret, nous les avons repérés : monde idéal, monde perçu et monde réel. Cette décomposition est classique pour les systèmes automatiques de commande. L'élément nouveau, s'agissant des

robots mobiles, est que le monde idéal a un champ très étendu, car se référant, éventuellement, non seulement à des représentations de type intégro-différentiel, mais aussi à des représentations et classifications de type sémantique (par exemple des notions de corridor, de pièces, etc.). Ainsi, le monde idéal dans lequel évolue le robot sera l'objet d'au moins trois modélisations, correspondant à des niveaux de planification différents. Du niveau le plus abstrait au niveau le plus concret. Il s'agit de la modélisation sémantique, de la modélisation topologique et de la modélisation géométrique.

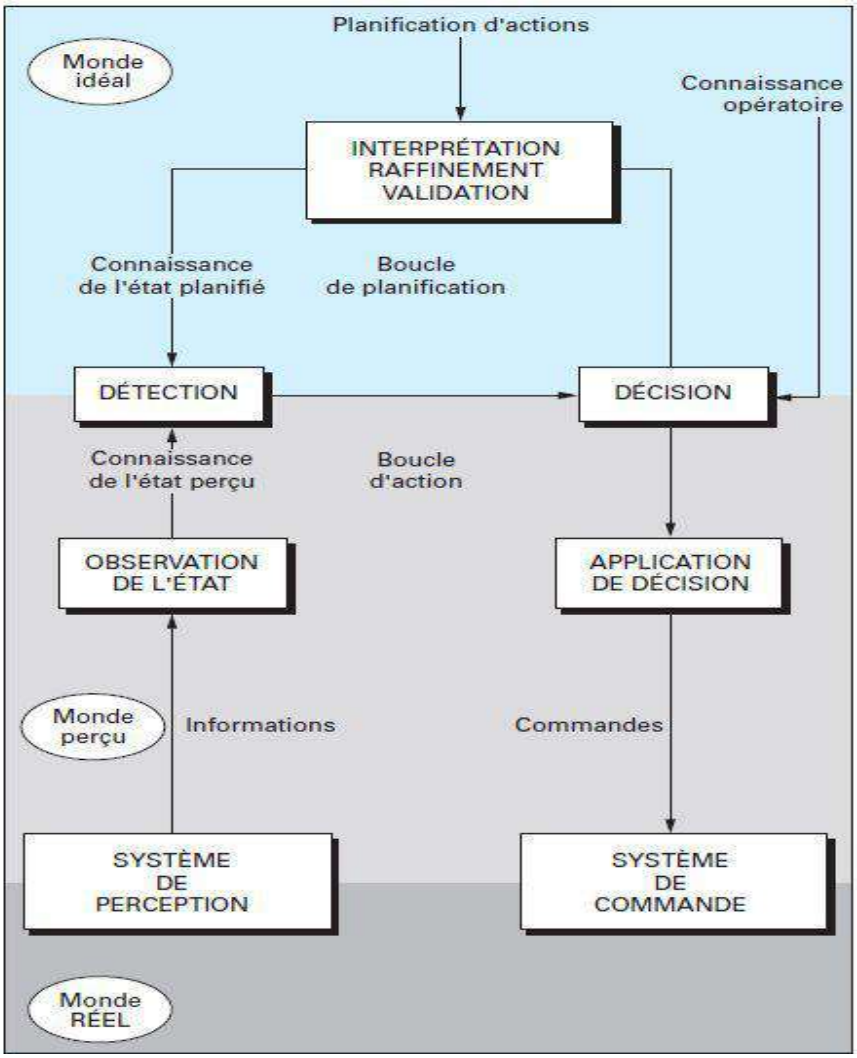


Figure I.14. *Fonctions du sous-système contrôle / commande / communication / décision*

3.5. Domaine d'utilisation des robots [5]

Les robots industriels : robots industriels sont des robots utilisés dans un environnement de fabrication industrielle. Ils sont utilisés dans la fabrication des automobiles, des composants et des pièces électroniques, des médicaments et de nombreux produits

Robots domestiques ou ménagers : Robots utilisés à la maison. Ce type de robots comprend de nombreux appareils très différents, tels que les aspirateurs robotiques, robots nettoyeurs de piscines, balayeuses, nettoyeurs gouttières et autres robots qui peuvent faire différentes tâches. En outre, certains robots de surveillance et de téléprésence pouvaient être considérées comme des robots ménagers se il est utilisé dans cet environnement.

Robots en médecine et chirurgie : Les robots semblent avoir de l'avenir à l'hôpital. Robodoc aide à réaliser certaines opérations de chirurgie. Le robot infirmier est encore en projet. Le cybersquelette HAL aide les personnes à se déplacer. Et le robot patient permet aux futurs chirurgiens dentistes d'apprendre à soigner sans faire de dégâts...



Figure I.15. *Robot chirurgical Da Vinci*



Figure I.16. *Robot infirmier RIBA*



Figure I.17. *Robot patient Hanako Showa*

4. Conclusion

A travers de ce chapitre on peut dire que dans le cadre de la robotique, la robotique mobile joue un rôle à part. Contrairement aux robots industriels manipulateurs qui travaillent de façon autonome dans un grand nombre d'usines automatisées, les robots mobiles sont très peu répandus. Cette situation n'est pas due au manque d'applications possibles, mais dés qu'on dispose de la mobilité, on peut imaginer des robots facteurs, nettoyeurs, gardiens, démineurs, explorateurs, jardiniers et beaucoup d'autres. La faible diffusion est surtout due au fait que ces tâches ont une complexité bien supérieure à celles effectuées par des robots manipulateurs industriels. Le monde dans lequel un robot mobile doit se déplacer est souvent très vaste, partiellement ou totalement inconnu, difficilement caractérisable géométriquement et ayant une dynamique propre.

CHAPITRE II : LA COMMANDE GESTUELLE

1. Introduction

L'interaction Homme-Machine désigne l'ensemble des moyens matériels et logiciels utilisés pour commander une machine. L'objectif des travaux réalisés dans ce domaine, est d'améliorer la façon par laquelle l'homme interagit avec la machine, ainsi que la conception des systèmes efficaces, tolérants, simples, faciles et compatibles pour son contexte d'utilisation.

L'évolution de cette interaction tend à développer les méthodes utilisées pour communiquer avec une machine, la souris, le davier, joystick...ont servi pour bien longtemps l'interaction Homme-Machine, avec le temps ces interfaces ont montré leurs limites comme moyens d'interaction.

Actuellement les recherches s'orientent vers de nouveaux ports d'interaction, qui offrent un moyen de communication plus naturelle, directe et efficace en se basant sur les canaux de communication sensorielle humaine.



Figure II.1. *Interaction classique*

2. Communication gestuelle

Le geste est souvent assimilé à un mouvement d'une partie du corps, en particulier des mains des bras ou de la tête que l'on fait avec ou sans intention de signifier quelque chose.

Pour De Marconnay « le geste englobe tous les mouvements des mains permettant de communiquer des informations significatives et pertinentes, Parmi les cinq modes de communication : l'ouïe, la vue, la parole, le toucher et le geste, illustrés à la Figure II.2, le geste semble être l'un des plus riches.

Pour Cadoz « il est le plus singulier et le plus riche des canaux de communication » Mais plus qu'un moyen de communication comme l'est la parole, le canal gestuel est aussi un moyen d'action et de perception du monde physique, Le canal gestuel est alors associé a trois fonctionnalités.[7]

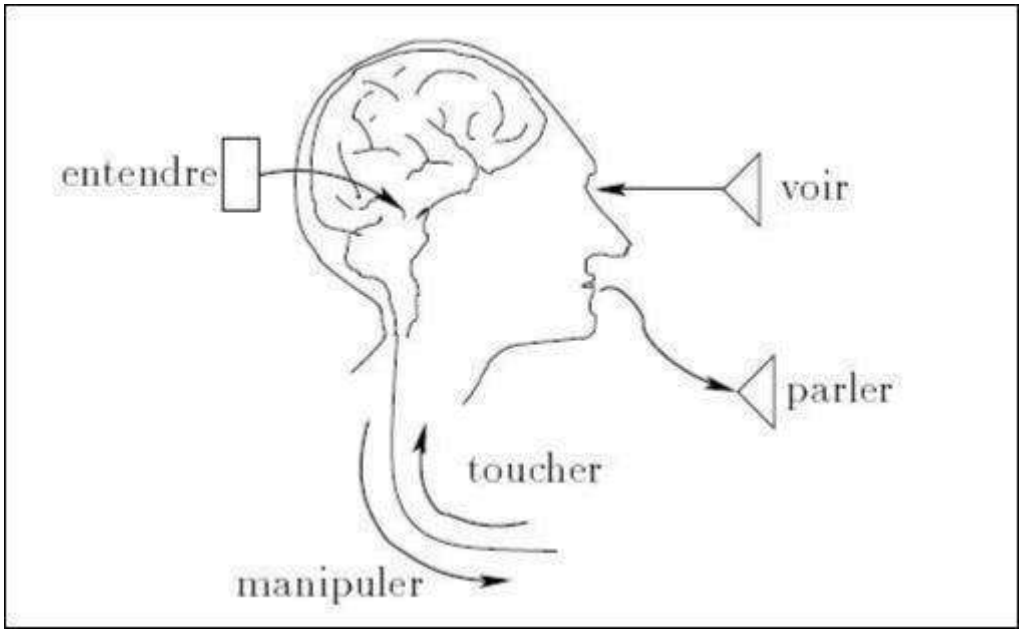


Figure II.2. *Les cinq modes de communication de l'être humain*

3. Types de gestes

Les gestes émis par un opérateur humain pour communiquer avec une machine sont de différentes natures et peuvent jouer différents rôles :

- Geste instrumental (faire en montrant, manipuler des objets virtuels).
- Geste de désignation, de pointage.
- Configuration statique référençant une commande isolée.
- Geste de commande, désignant une action et ses paramètres (quoi et comment).
- Geste co-verbal accompagnant une communication parlée,
- Geste fait d'une manière inconsciente : par exemple certaines coordinations regard-mouvement des mains.
- Geste fait de manière intentionnelle : dire et montrer comment.
- Gestes utilisés dans le langage des signes.

Selon l'évolution temporelle de la forme des gestes, on peut distinguer deux types de gestes, les gestes statiques, et les gestes dynamiques.

- Geste statique : L'information que porte le geste statique, est exprimée par une seule posture.
- Geste dynamique : Contrairement au geste statique, l'information est exprimée par deux caractéristiques, qui sont la configuration de la main et sa position, ce qui correspond à un mouvement de la main dans le temps. Ce type est le plus difficile à traiter.



Figure II.3. *Geste statique*



Figure II.4. *Geste dynamique*

4. Fonctionnalités du geste [8]

A l'égard de la nature expressive du canal gestuel, on distingue trois fonctions du geste : le geste ergodique, le geste épistémique et le geste sémiotique, qui sont présentés comme suit :

- Le geste ergodique : Il permet d'agir physiquement sur les objets pour les saisir, les transporter, les modelés, les transformer, ... les briser. La poterie en est un exemple.
- Le geste épistémique : La main joue le rôle d'organe de perception. Le sens du toucher donne des informations relatives à la forme, l'orientation, la distance, la grandeur, le poids, la température, les mouvements des objets, etc.
- Le geste sémiotique : Permet l'émission d'informations visuelles dans l'environnement,, la main joue alors le rôle d'organe d'expression Cela comprend la langue des signes, le geste co-verbal, qui accompagne la parole, ou les gestes de communication basique utilisé généralement lorsqu'on ne peut pas utiliser la parole, comme dans un environnement bruité ou en plongée sous-marine.

La fonction sémiotique du geste est celle qui est la plus riche et la plus complexe. Pratiquement, les interactions homme-machine exploitent cette fonction du geste focalisée sur les symboles et les signes, du fait qu'elle transmet parfaitement la signification sémantique du geste, sachant surtout qu'elle est très appropriée pour la commande et le contrôle pour les interactions. Pour ces raisons, dans le cadre de notre projet, les gestes envisagés sont de nature sémiotique.

5. Avantages des interactions gestuelles

Les interactions gestuelles tendent à enrichir la communication Homme-Machine par les améliorations suivantes :

- Interaction plus naturelle : La communication gestuelle avec une machine fait appel aux moyens de communication humains naturels.
- Interaction concise et efficace : L'utilisateur peut exprimer en une seule posture une commande. Evidemment, la dynamique du geste étend l'intérêt de la communication Homme-Machine gestuelle.
- Interaction directe : Dans les interfaces gestuelles, la main devient elle-même le périphérique d'interaction.

- Interaction standard : Une interaction gestuelle est manipulable par toutes catégories, elle ne nécessite qu'un entrainement.

De plus, ce canal fonctionne dans les deux sens, comme moyen d'émission et de réception d'informations (voir **Figure II.5**).

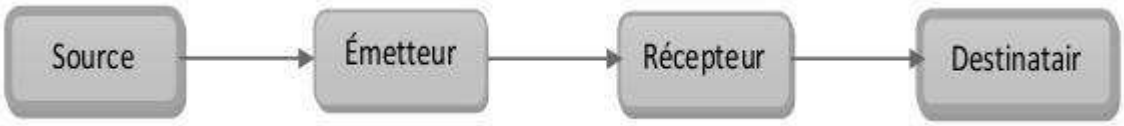


Figure II.5. *Transmission du signal gestuel*

6. Etat de l'art de la commande gestuelle

Voici à présent quelques travaux réalisés démontrant l'utilisation du geste de la main dans les interactions Homme-Machine dans différents domaines tels que la reconnaissance de la langue des signes, qui a comme base la communication gestuelle pure, la reconnaissance de l'écriture manuscrite, la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la commande des machines.

6.1. La reconnaissance de la langue des signes

C'est la communauté de sourds-muets ou mal entendant qui utilisent ce moyen d'expression afin communiquer entre eux. C'est en effet la forme la plus évoluée en communication gestuelle. [9]

Plusieurs travaux ont été développés dans ce contexte.

EXEMPLE. — La reconnaissance de la langue des signes pour la langue française basée sur la vision.

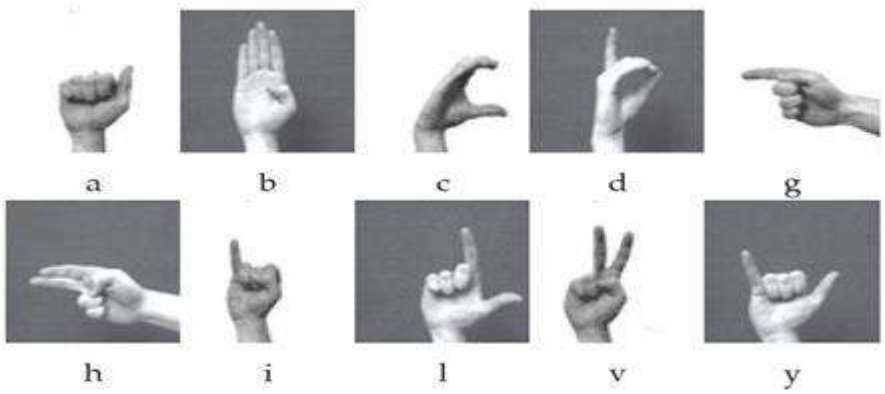


Figure II.6. *La base de gestes de Triesch et Von der Malsburg*

6.2. La reconnaissance de l'écriture manuscrite

La reconnaissance de l'écriture manuscrite qui a pour but de traduire un texte écrit en un texte codé numériquement est aussi utilisée dans plusieurs domaines tels que : le tri automatique de courriers, le traitement automatique de dossiers, l'enregistrement de chèques bancaires .... Elle permet de rendre l'écran comme étant une feuille de papier, qui soit le plus simple à manipuler, en utilisant un stylet.[10] (Voir **Figure II.7**)



Figure II.7. *Un stylé informatique*

6.3. La réalité virtuelle

C'est un système qui donne à l'opérateur humain la capacité d'interagir avec un environnement virtuel, c'est-à-dire, un modèle de synthèse généré par l'ordinateur qui semble réaliste.

La réalité virtuelle implique des interactions à travers les multiples canaux sensoriels tels que la vision, le touché et l'odorat.

Prenons l'exemple [11] qui utilise une interface gestuelle pour le contrôle de navigation et de manipulations des objets 3D dans un monde virtuel. (Voir **Figure II.8**)

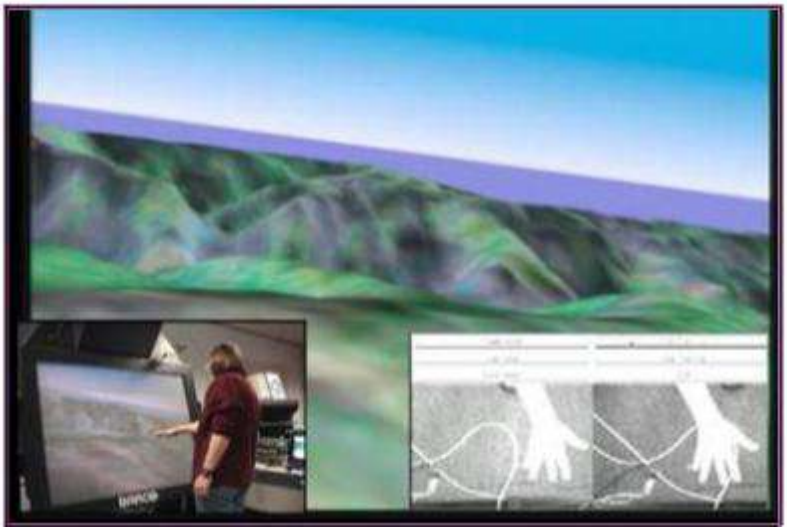


Figure II.8. *Interface gestuelle pour un environnement virtuel*

Dans ce travail, l'utilisateur est capable de se déplacer aisément. Ses déplacements sont contrôlés par la localisation de sa main dans l'espace. La segmentation de la main est basée sur la couleur de peau.

6.4. La réalité augmentée (RA)

La réalité augmentée ou réalité informatisée pour sa part laisse l'utilisateur dans un monde physique dans lequel les actions peuvent être virtuelles. [12]

Actuellement, les domaines d'utilisation de la réalité augmentée sont nombreux.

Plusieurs travaux ont été exposés dans ce contexte. Parmi ces travaux, nous citons le travail de [13] : un système qui fournit un ensemble d'outils qui contiennent la fonctionnalité étendue pour l'identification, la classification et l'exécution des gestes d'un chef d'orchestre. L'identification continuelle de gestes est destinée pour le contrôle d'un système d'orchestre virtuel. Des procédures d'identification de gestes sont appliquées sur les gestes de la main droite ainsi que sur les gestes de la main gauche. Des gants colorés sont utilisés pour faciliter la segmentation. (Voir **Figure II.9**)



Figure II.9. *Système de reconnaissance des gestes de chef d'orchestre*

L'acquisition de geste repose sur l'utilisation de deux caméras placées devant et au profil de l'utilisateur. (Voir **Figure II.10)**



Figure II.10. *Vue de devant et de profil des gestes du chef d'orchestre*

6.5. Contrôle des machines

L'interaction gestuelle joue un rôle important pour le contrôle des machines, ce qui s'explique par son efficacité pour la commande. Plusieurs travaux ont été développés dans ce contexte, parmi eux un travail [14] sur l'exploitation du geste de la main pour remplacer la souris afin de transformer un écran classique en un écran tactile et de permettre à l'utilisateur de se servir de son doigt comme dispositif de pointage.



Figure II.11. *Souris gestuelle*

Dans le but d'établir une communication naturelle entre l'homme et un robot personnel, [15], [16] développent une interaction basée sur le geste de la main (geste de pointage), et la parole pour informer un robot mobile, qui est doté de capteur sonore et d'un système de stéréovision, sur la localisation d'un objet dans son environnement. (Voir **Figure**



II.12)

Figure II.12. *Contrôle des robots mobiles personnels*

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'utilisation d'un nouveau moyen de communication dans les interactions Homme-Machine qui est «le geste », qui est un moyen de communication non-verbal très expressif, et qui permet une interaction plus naturelle qui complète le canal verbal, ses bénéfices sont démontrés par la faisabilité de telle interaction dans plusieurs domaines : la langue des signes, l'écriture manuscrite, la réalité augmentée et la réalité virtuelle et le contrôle de machine.

Un tour d'horizon sur la commande gestuelle a montre l'importance comme une nouvelle technologie d'administration des robots, l'application de cette nouvelle technologie repose sur différents problèmes tels que la reconnaissance des gestes, La complexité de la scène d'acquisitions, la nature du traitement au temps réel. Une étude et conception d'un robot mobile à commande gestuelle est notre objectif pour ce mémoire.

CHAPITRE III : CONCEPTION ET REALISATION DU ROBOT MOBILE

1. Introduction

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, un robot mobile est la partie opérative de la commande gestuelle pour le déplacer du point A vers le point B, le mouvement du robot mobile sur une surface nécessite au moins deux degrés de liberté, donc deux moteurs. Les solutions possibles sont très nombreuses. La plus simple est le robot à deux roues parallèles**.**

2. Robot Arduino

Le robot Arduino 2WD est le premier robot Arduino officiel sur roues. Le robot est doté de deux processeurs, une sur chacune de ces deux cartes. La carte Motor commande les moteurs, et la carte Control lit les capteurs et décide de l'action à faire. Chacune des cartes est une carte Arduino programmée avec l'interface Arduino IDE. [17]

Les deux cartes sont des cartes à microcontrôleur fondé sur l'ATmega32u4. beaucoup des broches du robot sont mappées à des capteurs et à des actionneurs embarqués. La programmation du robot est similaire à la programmation de l'Arduino Leonardo. Les deux processeurs permettent la communication USB, éliminant ainsi la nécessité d'un processeur secondaire. Cela permet de présenter le robot sur un ordinateur connecté en tant que virtuelle série (CDC) / port COM.

En raison de la complexité des deux cartes de contrôle, et la diffuculté de communication avec le Shield WI-FI, on y obliger d'utiliser le mécanisme mécanique (2 moteurs a cc seulement) de ce robot, et de réaliser les différentes cartes d'adaptations et de commandes pour construire notre robot mobile.

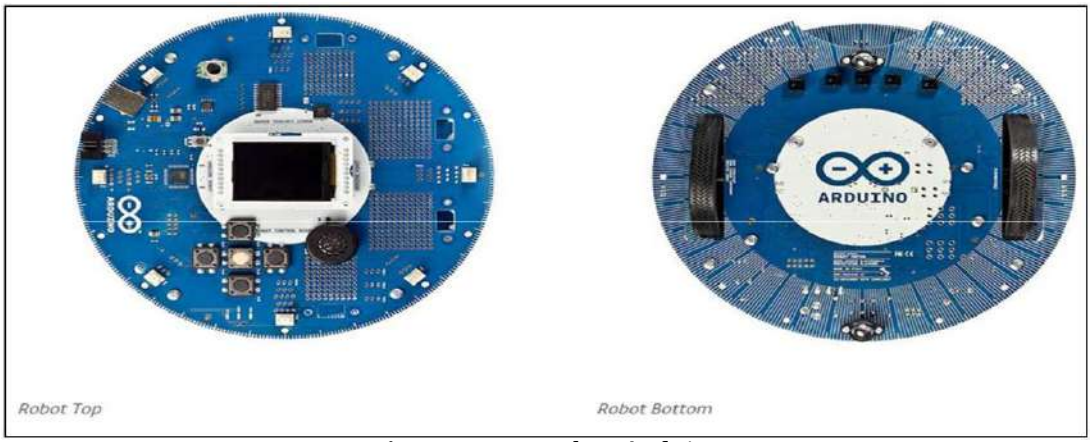


Figure III.1.*Robot Arduino*

Notre système de commande du robot mobile permet de contrôler le sens de rotation et la durée d'exécution des deux moteurs à cc, la détection et la reconnaissance de la position de la cible au niveau d'une acquisition image permettant de fournir une commande vers notre robot, une descriptive générale est illustrée par la figure

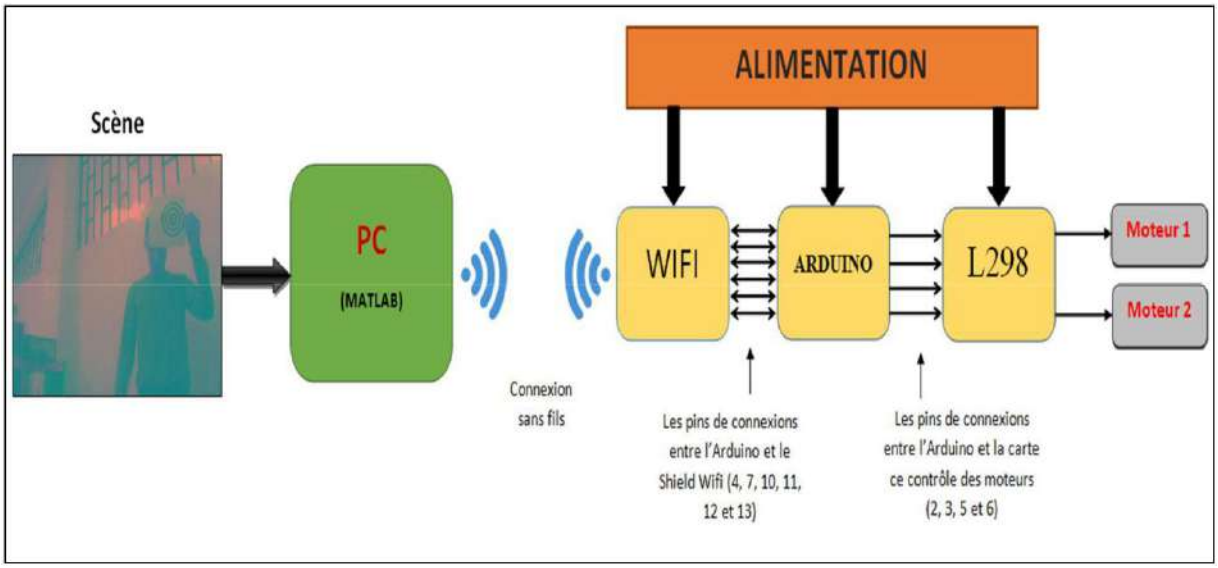


Figure III.2. *Schéma synoptique du robot*

3. Arduino UNO

3.1. Description

L'Arduino UNO est une carte microcontrôleur fondée sur le ATmega328P. Il dispose de 14 broches numériques d'entrée / sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un cristal de quartz 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un header ICSP et un bouton de réinitialisation. Elle contient tout le nécessaire pour soutenir le microcontrôleur; simplement le connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de la puissance avec un adaptateur ou d'une batterie AC-DC pour commencer.

L'UNO peut être programmé avec l'Arduino Software (IDE).

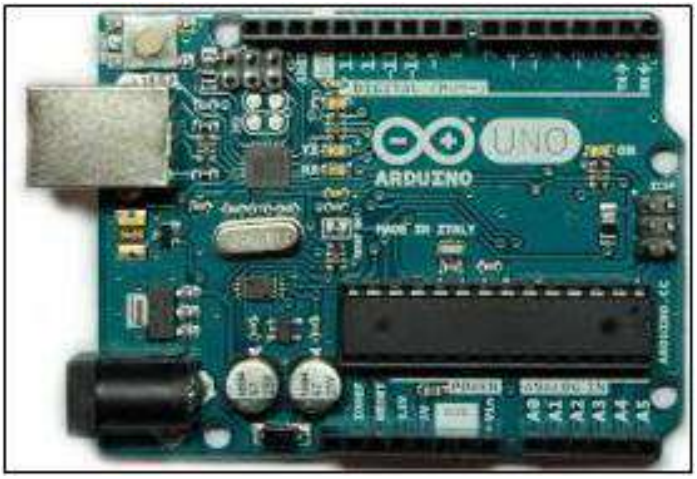


Figure III.3. *Arduino UNO*

3.2. Synthèse des caractéristiques

- Microcontrôleur : ATmega328
- Tension de fonctionnement : 5V
- Tension d'alimentation (recommandée) : 7-12V
- Tension d'alimentation (limites) : 6-20V
- Broches E/S numériques :14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
- Broches d'entrées analogiques :6 (utilisables en broches E/S numériques)
- Intensité maxi disponible par broche E/S (5V) : 40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
- Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V : 50 mA
- Intensité maxi disponible pour la sortie 5V : Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
- Mémoire Programme Flash : 32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le bootloader
- Mémoire SRAM (mémoire volatile) : 2 KB (ATmega328)
- Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) : 1 KB (ATmega328)
- Vitesse d'horloge : 16 MHz

4. Arduino Wifi Shield

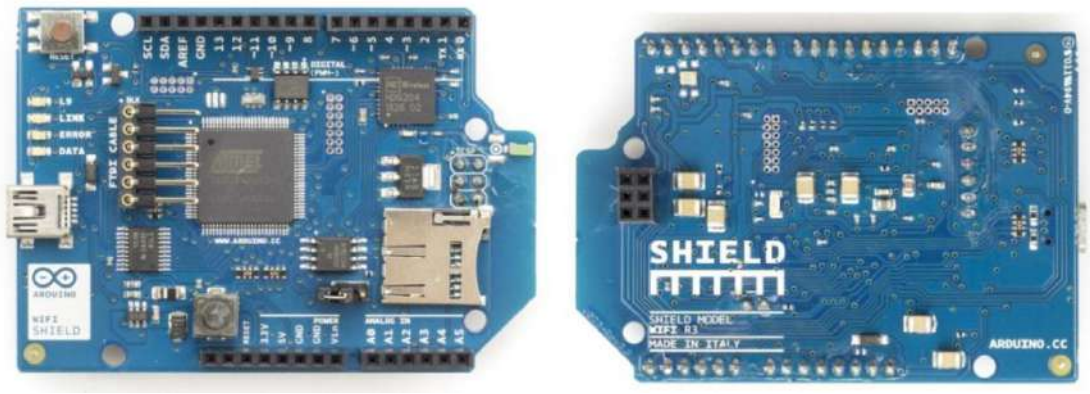


Figure III.4. *Arduino Wifi Shield (recto et verso)*

L'Arduino Wifi Shield permet à une carte Arduino de se connecter à l'Internet en utilisant la spécification sans fil 802.11 (Wifi). Il est basé sur le HDG204 système 802.11b / g Wireless LAN in Package. Un AT32UC3 fournit un réseau (IP) pile capable de TCP et UDP. Utilisez la bibliothèque de Wifi pour écrire des croquis qui se connectent à l'Internet en utilisant le bouclier. Le Shield Wifi se connecte à une carte Arduino en utilisant les en têtes enroulées longues qui traversent le bouclier. Cela permet de maintenir la disposition des broches intactes et permet à un autre bouclier pour être empilée sur le dessus.

Le Shield Wifi peut se connecter à des réseaux sans fil qui fonctionnent selon les spécifications 802.11b et 802.11g.

Il y a une fente pour carte micro SD intégré, qui peut être utilisée pour stocker des fichiers pour le service sur le réseau. Il est compatible avec l'Arduino Uno et Mega. Le lecteur de carte micro SD à bord est accessible par la bibliothèque SD. Lorsque vous travaillez avec cette bibliothèque, SS est sur la broche 4.

Arduino communique avec le processeur et la carte SD à la fois du Shield Wifi en utilisant le bus SPI (par l'en-tête ICSP). Cela est sur les repères numériques 11, 12 et 13 sur l'UNO. La broche 10 est utilisée pour sélectionner le HDG204 et la broche 4 pour la carte SD. Ces broches ne peuvent pas être utilisées pour E / S général.

Broche numérique 7 est utilisée comme une broche de poignée de main entre le bouclier Wifi et l'Arduino, et ne doit pas être utilisée.

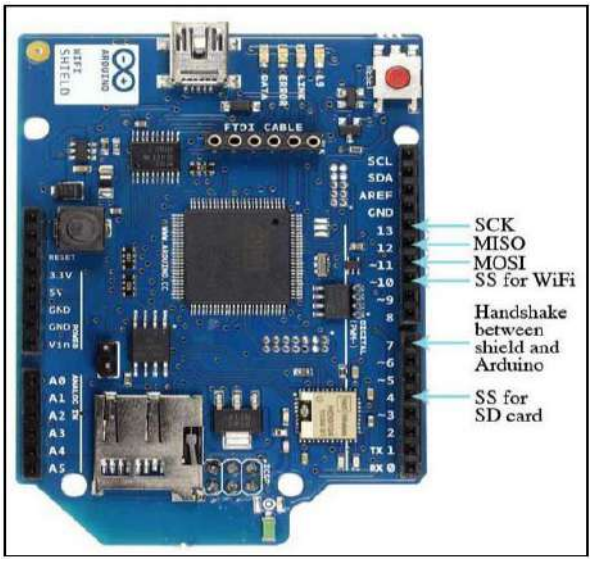


Figure III.5. *Description des pins de connexion avec l'Arduino UNO*

4.1. Ports sur le Shield Wifi

Il y a un connecteur micro-USB intégré. Cela ne veut pas pour programmer un Arduino fixé, il est pour la mise à jour de l'Atmega 32UC3 en utilisant le protocole Atmel DFU. Le cavalier de programmation adjacente aux entrées de bus de puissance et analogiques doit être laissé sans lien pour une utilisation typique. Il est utilisé uniquement pour le mode de programmation DFU.

Une connexion FTDI permet une communication sériée avec le 32UC3 à des fins de déboguage.

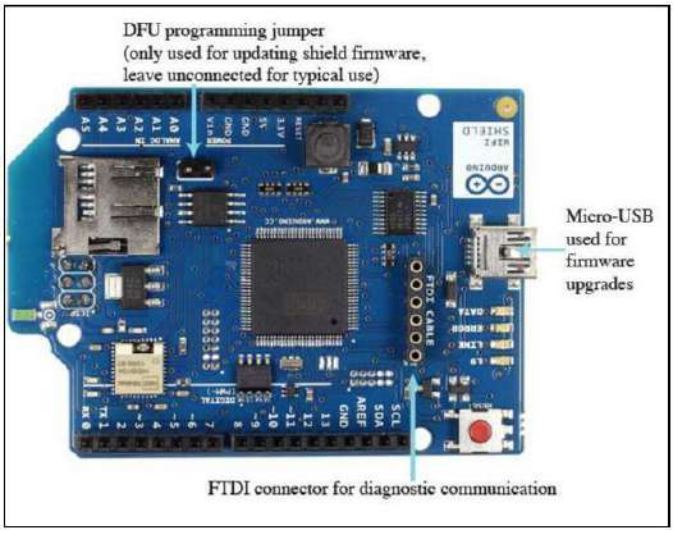


Figure III.6.*Port sur le Wifi Shield*

4.2. Configuration des paramètres réseau

Le Shield va se connecter à des réseaux ouverts, ainsi que ceux qui utilisent WEP et WPA2 Personal. Le bouclier ne se connecte pas aux réseaux utilisant le chiffrement WPA2 Enterprise.

Le SSID (nom du réseau) doit être diffusé pour le bouclier pour se connecter.

Selon votre configuration du routeur sans fil, vous avez besoin d'informations différentes.

Pour un réseau ouvert (non chiffré), vous avez besoin du SSID.

Pour les réseaux utilisant WPA / WPA2 Personal, vous avez besoin du SSID et un mot de passe.

Les mots de passe de réseau WEP sont des chaînes hexadécimales connues comme clés. Un réseau WEP peut avoir 4 clés différentes; chaque touche est attribuée une valeur "Key Index". Pour les réseaux WEP cryptés, vous avez besoin du SSID, la clé et le numéro de clé.

4.3. Raccordement du Shield

Pour utiliser le Shield, il se fait de monter le sur le dessus d'une carte Arduino (par exemple, l'Uno). Pour télécharger des croquis à la carte, il faut connecter l'Arduino à votre ordinateur avec un câble USB comme vous le feriez normalement. Une fois l'esquisse a été téléchargée, vous pouvez déconnecter la carte à partir de votre ordinateur et l'alimentation avec une alimentation externe.

4.4. Les indicateurs sur le Shield

Le Shield contient un certain nombre de LEDs d'information:

L9 (jaune): cela est lié à la broche numérique 9

LINK (vert): indique une connexion à un réseau

ERROR (rouge): indique quand il y a une erreur de communication

DATA (bleu): indique que les données sont transmises / reçues

5. Moteur à courant continue

5.1. Principe de fonctionnement

Si un conducteur en forme de spire, parcouru par un courant I, est placé dans un champ magnétique, il est soumis à des forces de Laplace. Ces forces créent un couple de rotation qui fait tourner la spire sur son axe. Quand la spire a fait un demi-tour, il faut inverser la polarité pour inverser le sens des forces et continuer le mouvement. Ce sera le rôle du collecteur. [18]

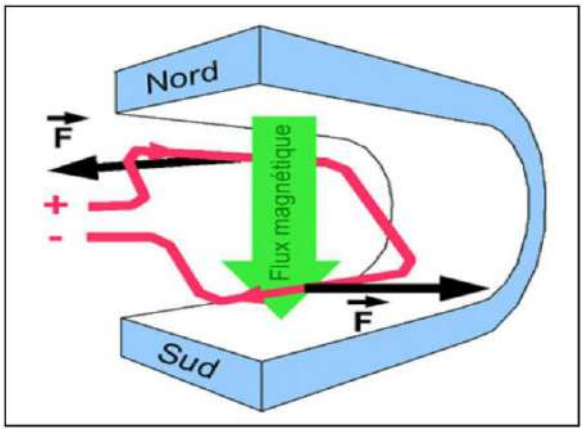


Figure III.7.*Principe de fonctionnement des moteurs à courant continue*

Le rotor, (partie tournante), est constitué d'un noyau métallique avec un bobinage de cuivre, le stator comporte des aimants permanents qui engendrent un champ magnétique dont le flux traverse le rotor. L'espace étroit entre le rotor et le stator est nommé entrefer.

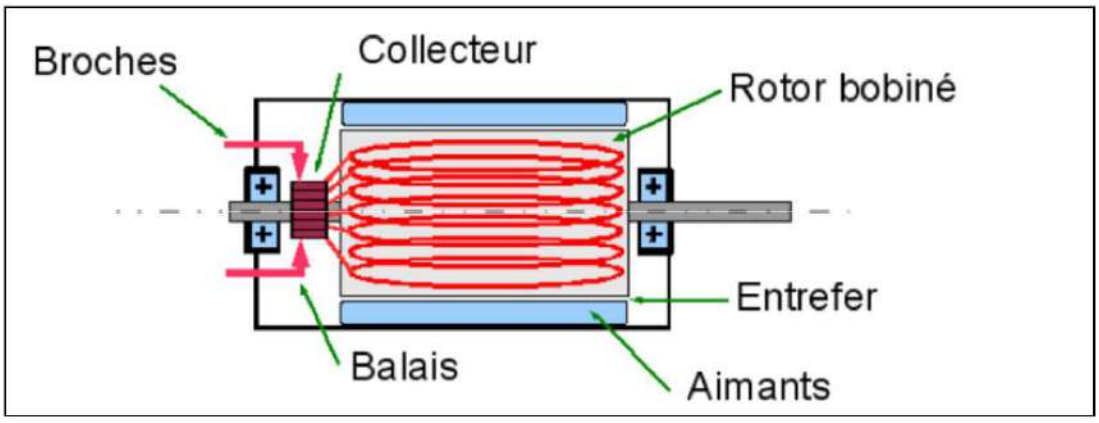


Figure III.8. *Principe de fonctionnement des moteurs à courant continue*

Le rotor est l'induit et le stator l'inducteur, dans d'autres moteurs, l'inducteur peut également être bobiné. Un collecteur avec des balais (charbons) permet de transmettre l'énergie électrique au rotor.

Le rotor est donc constitué de fils électriques parcourus par un courant qui forme des spires, ces mêmes fils sont dans le flux magnétique des aimants. Ces conducteurs sont donc soumis à des forces de Laplace, un couple moteur est donc créé. Pour entretenir la rotation du moteur, le collecteur inverse le sens du courant dans les spires à chaque demi-tour.

5.2. Alimentation du moteur

Le moteur peut être alimenté simplement par un relais électromécanique ou par un transistor associé à une diode de roue libre.

Le plus souvent, le moteur a besoin de tourner dans les deux sens de rotation, on utilise alors un dispositif nommé pont en H**.**

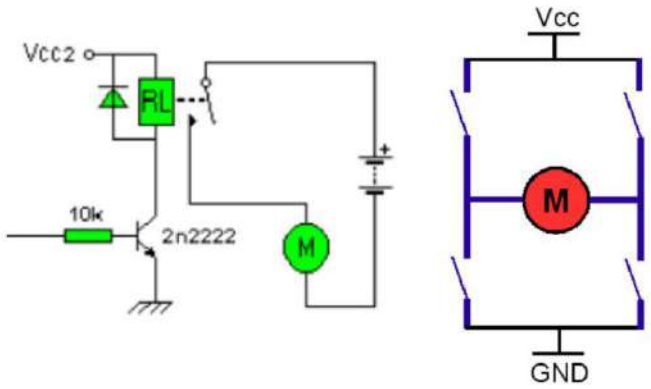


Figure III.9. Types d'alimentation des moteurs à courant continue

6. Carte L298

Pour assurer le bon fonctionnement du robot, nous avons construit une carte d'alimentation pour les deux moteurs à cc. [19]

6.1. Descriptions

Ce montage se concentre sur l'élément central qui est le cœur du montage. Le circuit L298 de SGS Thomson est une référence en matière d'interface pour moteur DC et pas à pas. Ces caractéristiques à basse tension, moins de 8Volts, lui confèrent une place incontestée dans les circuits de puissance intégrée.

Le L298 est un double pont en H avec interface logique, mais il faut d'ajouter les diodes de roues libres, car elles ne sont pas intégrées.

Ce composant nécessitant une tension logique de 5Volts, le montage intègre un régulateur à faible chute de tension qui pourra servir d'alimentation pour les autres cartes électroniques de notre robot.

Les diodes électroluminescentes LED1 à LED4 sont là pour donner une indication du fonctionnement en l'absence de moteur, pour les tests sur table du robot.

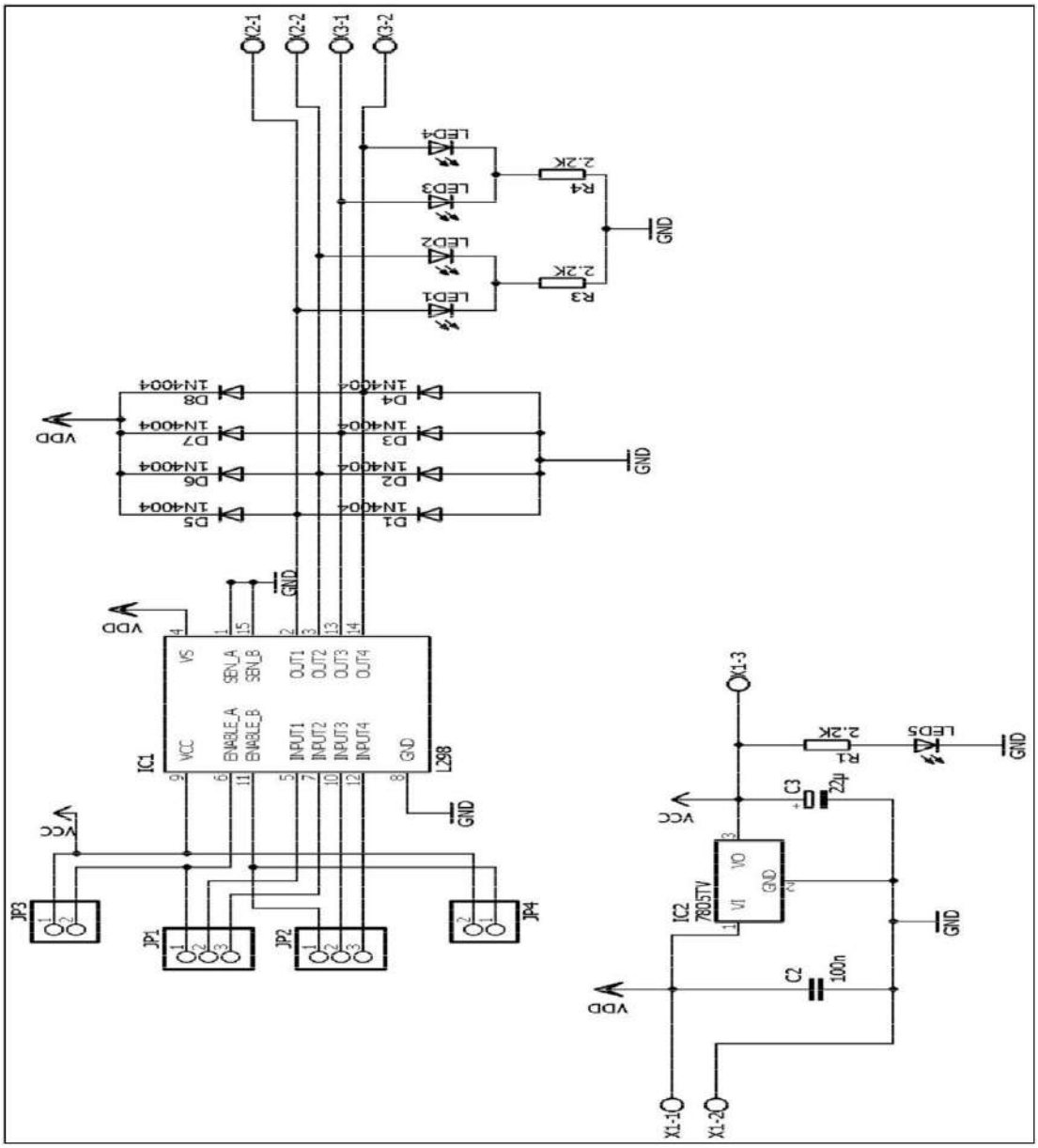


Figure III.10. *Schéma électrique de la carte L298*

6.2. Conception de PCB

Dans cette partie, on commence par imprimer notre typon et on réalise notre carte électronique en débutant par le circuit imprimé qui nécessite 6 phases:

Le typon

Pour préparer le typon, on a recours au même logiciel de simulation qui est EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor) produit par la société CadSoft. EAGLE est un éditeur de création de schémas électroniques.

Un typon est une image du circuit imprimé. Les pistes sont en noir et le reste doit être transparent à la lumière. L'idéal est d'imprimer avec une imprimante jet d'encre sur du papier transparent spécial jet d'encre. Il faut régler l'impression sur 'papier photo épais' pour avoir un maximum d'encre sur le papier et obtenir un noir plus opaque.

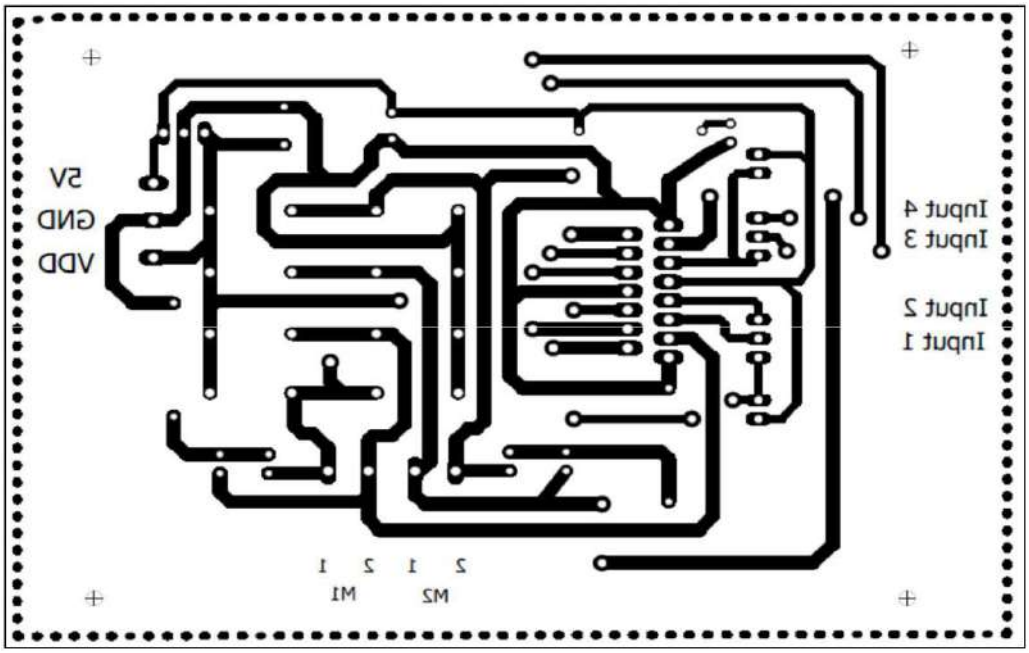


Figure III.11. *Le circuit imprimé (Typon)*

Insolation

Le temps d'insolation est très important. Si ce dernier est trop long les rayons UV passeront au travers les zones noires du typon, et inversement on aura du mal à révéler notre plaque.

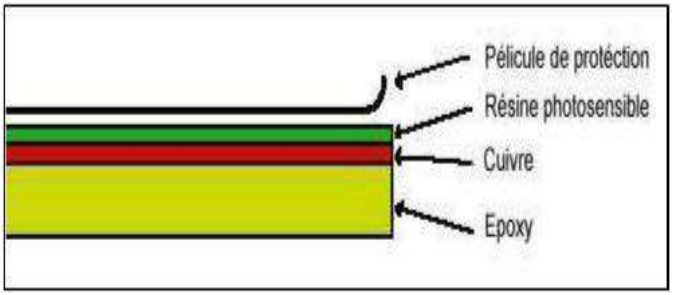


Figure III.12.*Les couches de la PCB*



Figure III.13. *L'insoleuse*

Révélation

Cette étape va dissoudre la résine qui a été exposée aux UV. Ce qui mettra le cuivre à nu et les pistes restera protégé par la résine verte.

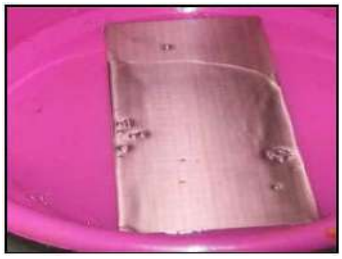


Figure III.14. *Schéma de la carte dans le révélateur*

Gravure

La gravure consiste à plonger le circuit dans un bain d'acide (Perchlorure de fer). Le cuivre mis à nu lors de la révélation sera dissous. Seules les pistes protégées par la résine resteront.

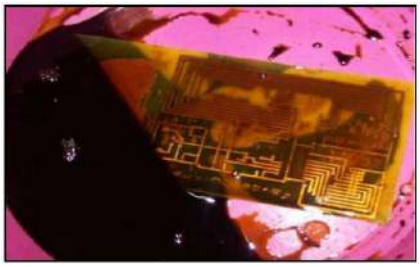


Figure III.15. Schéma de la carte dans le Perchlorure de fer

Perçage

L'opération de perçage est l'ultime étape dans la réalisation d'un circuit imprimé, si l'on fait abstraction de la mise en place des composants et du soudage.



Figure III.16.*Perçage*

Test du circuit imprimé

À l'aide d'un ohmmètre ou un testeur de continuité, on a vérifié la continuité des pistes et l'absence de court-circuit.

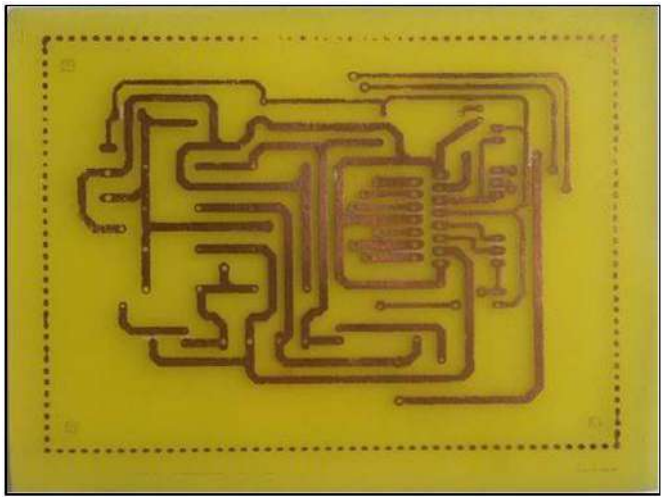


Figure III.17.*Schéma de la carte*

6.3. Montage

L'opération de soudure est faite à l'aide d'un fer à souder et l'étain. On a commencé par des composants neutres, connectiques...

Passifs: Résistances. Utiliser un gabarit de pliage et donner-vous un sens de lecture des résistances. Les bandes de couleur se lisant de la droite vers la gauche et de haut en bas.

Condensateurs. Pour les plastiques ou non polarisés, donnez-vous aussi un sens de lecture.

Actifs: Diodes, circuits intégrés si vous ne mettez pas de support.

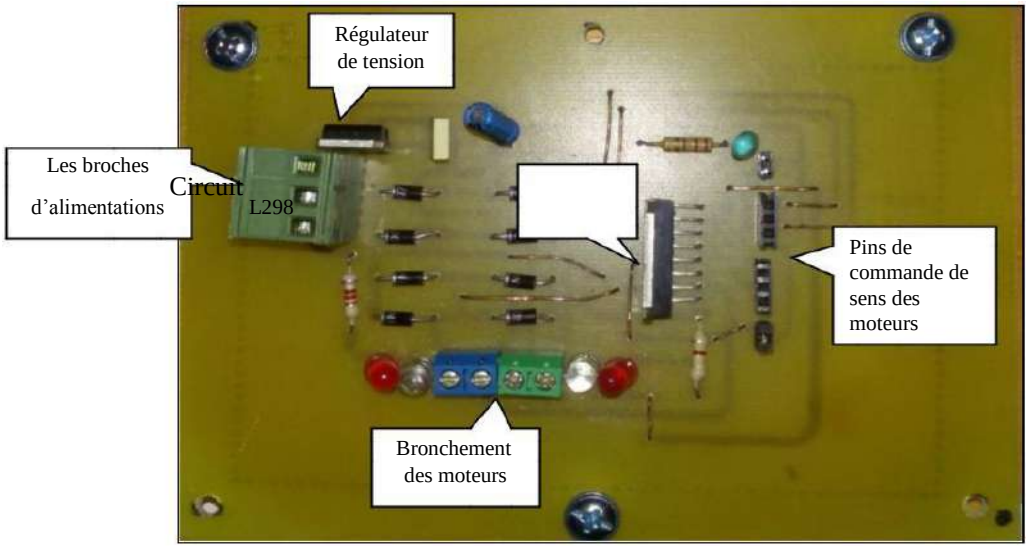


Figure III.18.*Schéma de la carte après soudage*

7. Source d'Alimentations

L'Arduino robot peut être alimenté via la connexion USB ou avec 4 piles AA. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée.

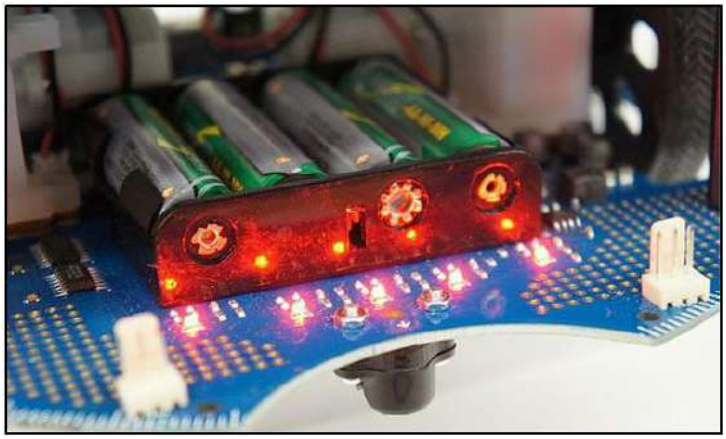


Figure III.19.*Les piles de Robot Arduino*

Mais le problème c'est qu'avec la connexion USB le robot déplacer avec une faible vitesse ainsi que les piles AA déchargées plus vite. À partir de la réalisation, on a trouvé que le WIFI Shield consomme 150mA et toute structure de robot consomme à peu pré 500mA donc on a besoin d'utilisera une alimentation stabilisée.



Figure III.20.*Alimentation stabilisée*

8. Raccordement et le montage du Robot mobile

Pour bien évaluer notre projet de fin d'études, une étape importante et nécessaire consiste au rassemblement et raccordement de toutes les parties vues précédemment, cette dernière phase conduite vers un produit final (robot mobile) prét à l'utilisation, qui sera l'objectif de notre prochain chapitre.

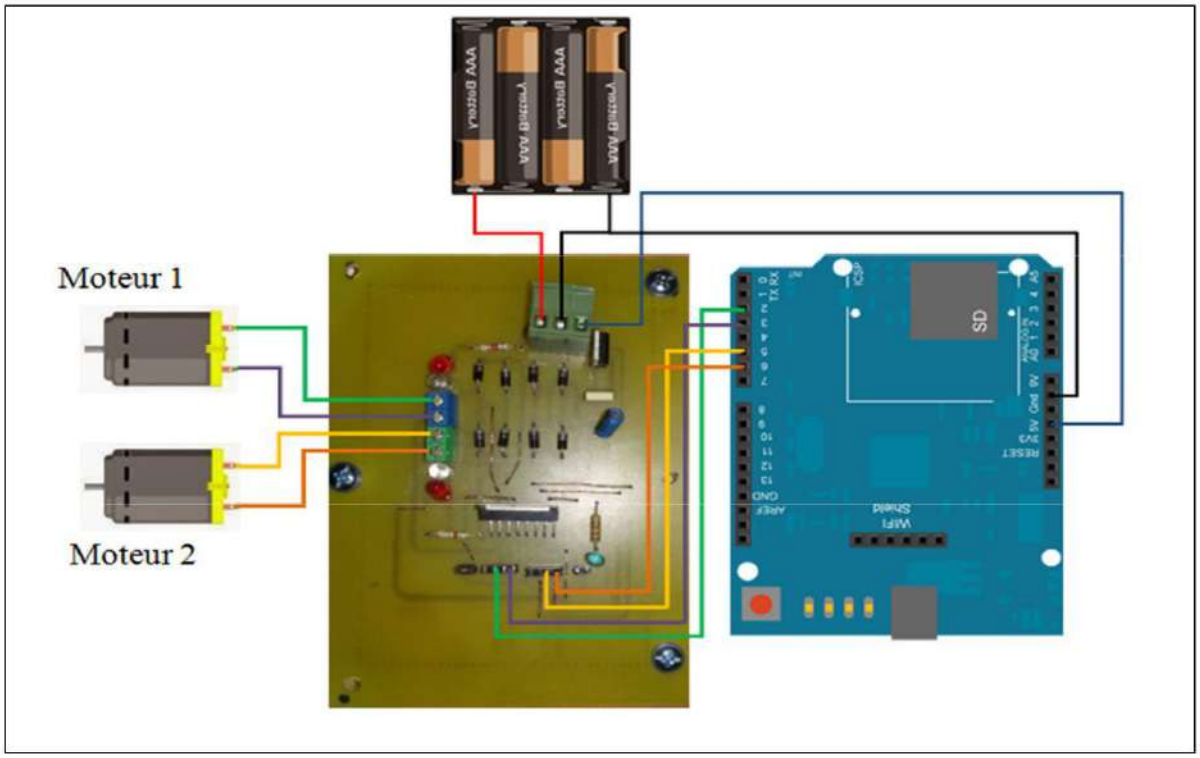


Figure III.21.*Schéma de câblage des composants de robot*

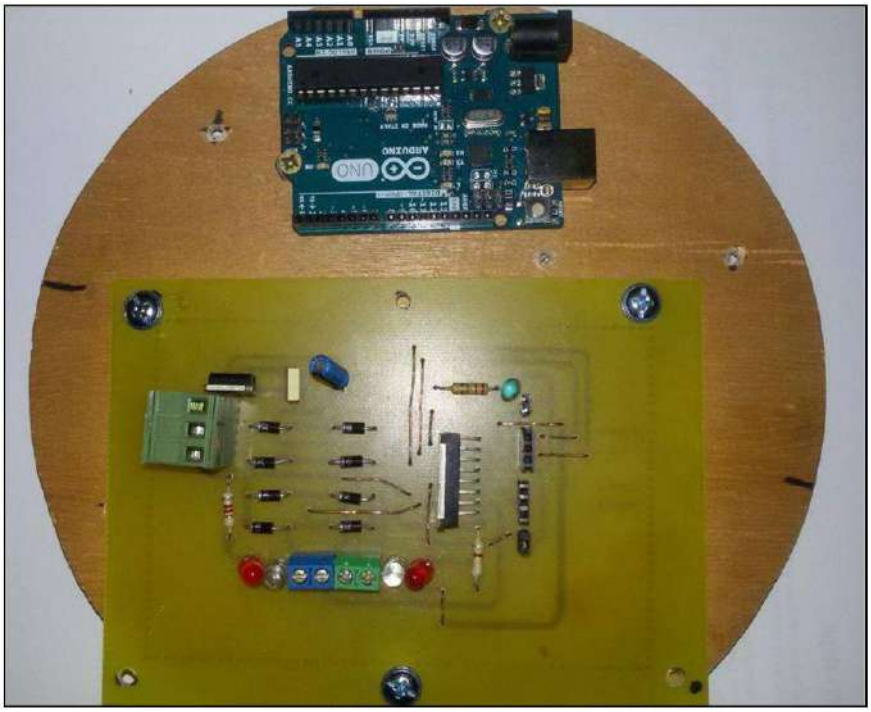


Figure III.22.*Fixation des deux cartes dans le support*

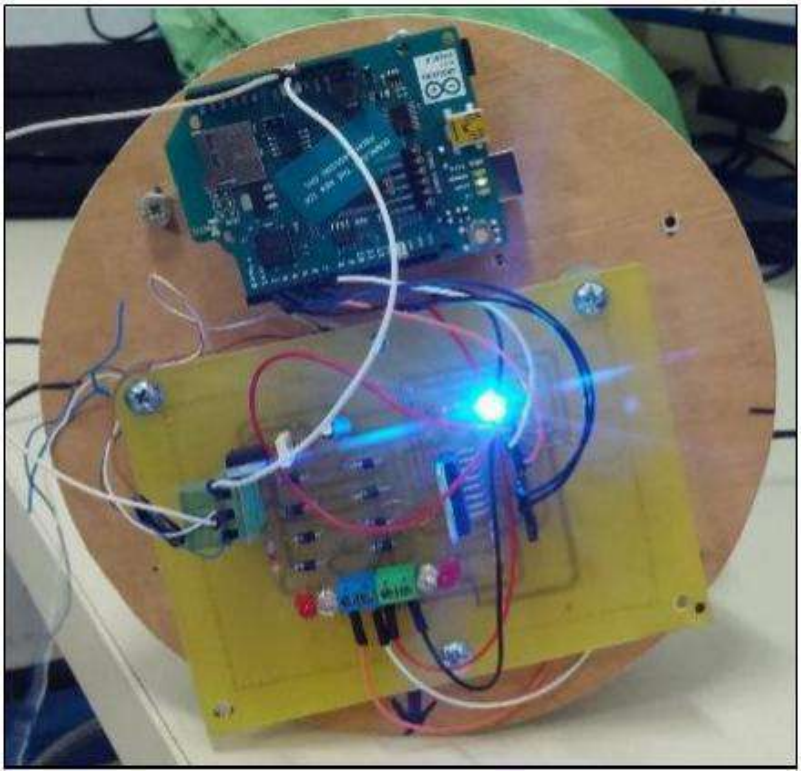


Figure III.23.*Câblage et alimentation des cartes*

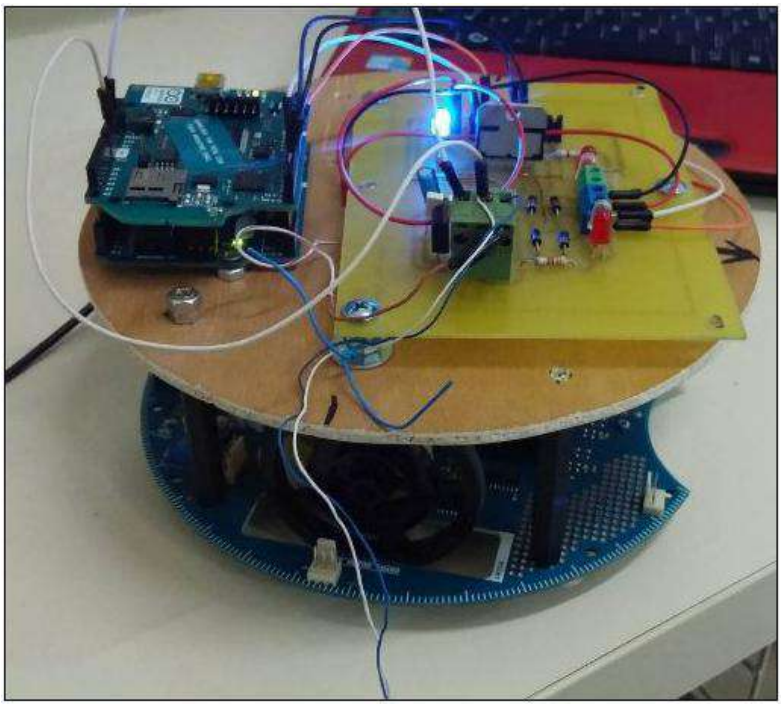


Figure III.24.*Aspect final*

9. Conclusion

À travers de ce chapitre, nous avons vu les différents composants constitue notre robot, commençant par Arduino qui est la base de robot, en suit le Shield Wifi, ceux-ci représentent l'interface de communication entre le robot et le PC, en plus, nous avons étudié et réalisé la carte L298, qui constituait l'interface de puissance.

CHAPITRE IV : COMMANDE GESTUELLE DE ROBOT

1. Introduction

Cette partie explique les méthodes utilisées pour programmer le robot, nous avons utilisée deux logiciels pour cette raison.

Logiciel MATLAB utilisé pour la détection de cible et calcule de trajectoire. MATLAB va envoyer un signal à partir du PC vers le robot en utilisant le réseau Wifi.

Logiciel Arduino IDE utilisé pour la programmation de Shield Wifi et la configuration des pins d'Arduino et l'exécution des moteurs.

2. Logiciel MATLAB

MATLAB est un langage de haute performance pour le calcul technique. Il intègre le calcul, la visualisation et la programmation dans un environnement simple d'utilisation où les problèmes et les solutions sont exprimés en notation mathématique familier. Les utilisations typiques comprennent:

- Math et calcul.
- Développement algorithme.
- Modélisation, simulation et prototypage.
- L'analyse des données, l'exploration et la visualisation.
- Graphiques scientifiques et techniques.
- Le développement d'applications.

MATLAB est un système interactif dont l'élément de base des données est un tableau qui ne nécessite pas de dimensionnement. Cela vous permettent de résoudre des nombreux problèmes informatiques techniques, en particulier ceux avec matrice et vecteur formulations, dans une fraction du temps qu'il faudrait pour écrire un programme dans une langue non interactive scalaire tel que C ou Fortran.

Le nom MATLAB signifie laboratoire de matrice. MATLAB a été écrit à l'origine pour fournir un accès facile à un logiciel de matrice développée par les LINPACK et EISPACK projets, qui représentent l'état de l'art dans les logiciels pour le calcul matriciel.

MATLAB est utilisé par les ingénieurs et les scientifiques dans des nombreux domaines tels que traitement du signal, communications, systèmes de contrôle pour l'industrie, la robotique, ainsi que le financement de calcul.

3. Logiciel Arduino IDE

Logiciel Arduino IDE (Integrated Development Environment) contient un éditeur de texte pour le code, une zone de message, une console de texte, une barre d'outils avec des boutons pour les fonctions communes et une série de menus écriture. Il se connecte au matériel Arduino et Genuino pour télécharger des programmes et communiquer avec eux.

Les programmes écrits en utilisant Arduino Software (IDE) sont appelés des croquis. Ces croquis sont écrits dans l'éditeur de texte et sont enregistrés avec l'extension de fichier.ino. L'éditeur a des caractéristiques pour le découpage ou collage et pour la recherche ou remplacement de texte. La zone de message donne une rétroaction lors de l'enregistrement et l'exportation et affiche également des erreurs. La console affiche la sortie de texte par l'Arduino Software (IDE), y compris les messages d'erreur complets et d'autres informations. Le coin inférieur droit de la fenêtre affiche la carte configurée et port série. Les boutons de la barre d'outils vous permettent de vérifier et de télécharger des programmes, créer, ouvrir et enregistrer des croquis, et ouvrez le moniteur série.

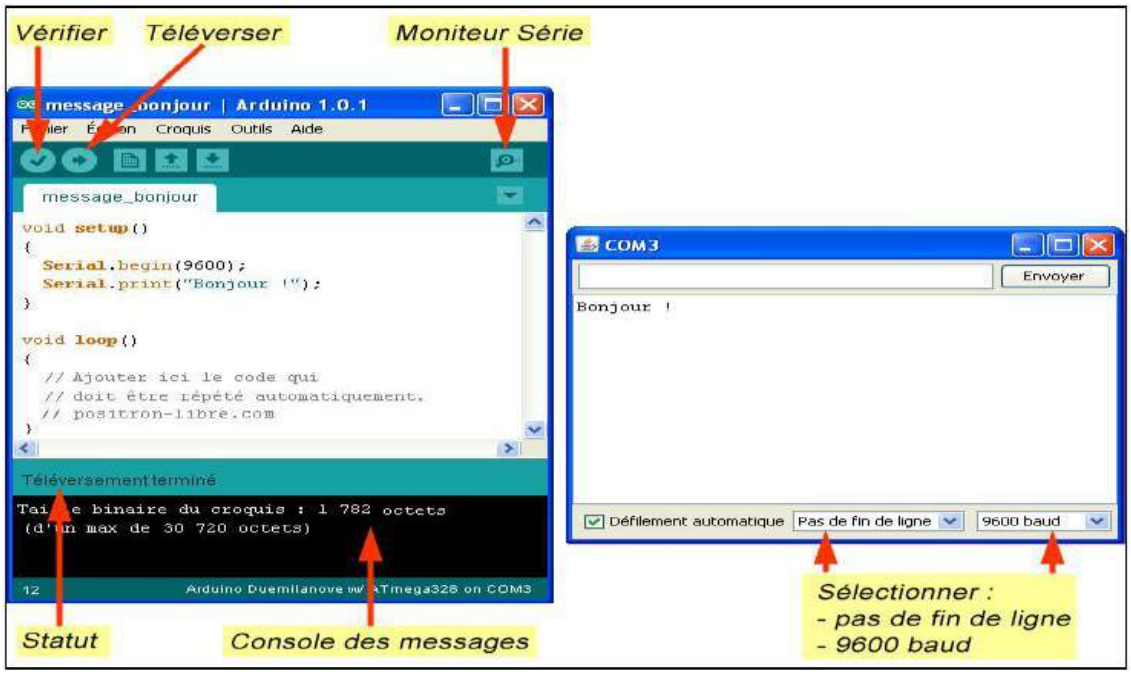


Figure IV.1. *L'interface d'Arduino IDE*

4. Démarche de programmation de robot mobile

Après la présentation de deux logiciels que nous avons utilisés au but de programmation de notre robot mobile, on a besoin maintenant de donnée une description générale sur la démarche de l'opération de cette programmation, et tout ça sera présenté sur l'organigramme suivant :

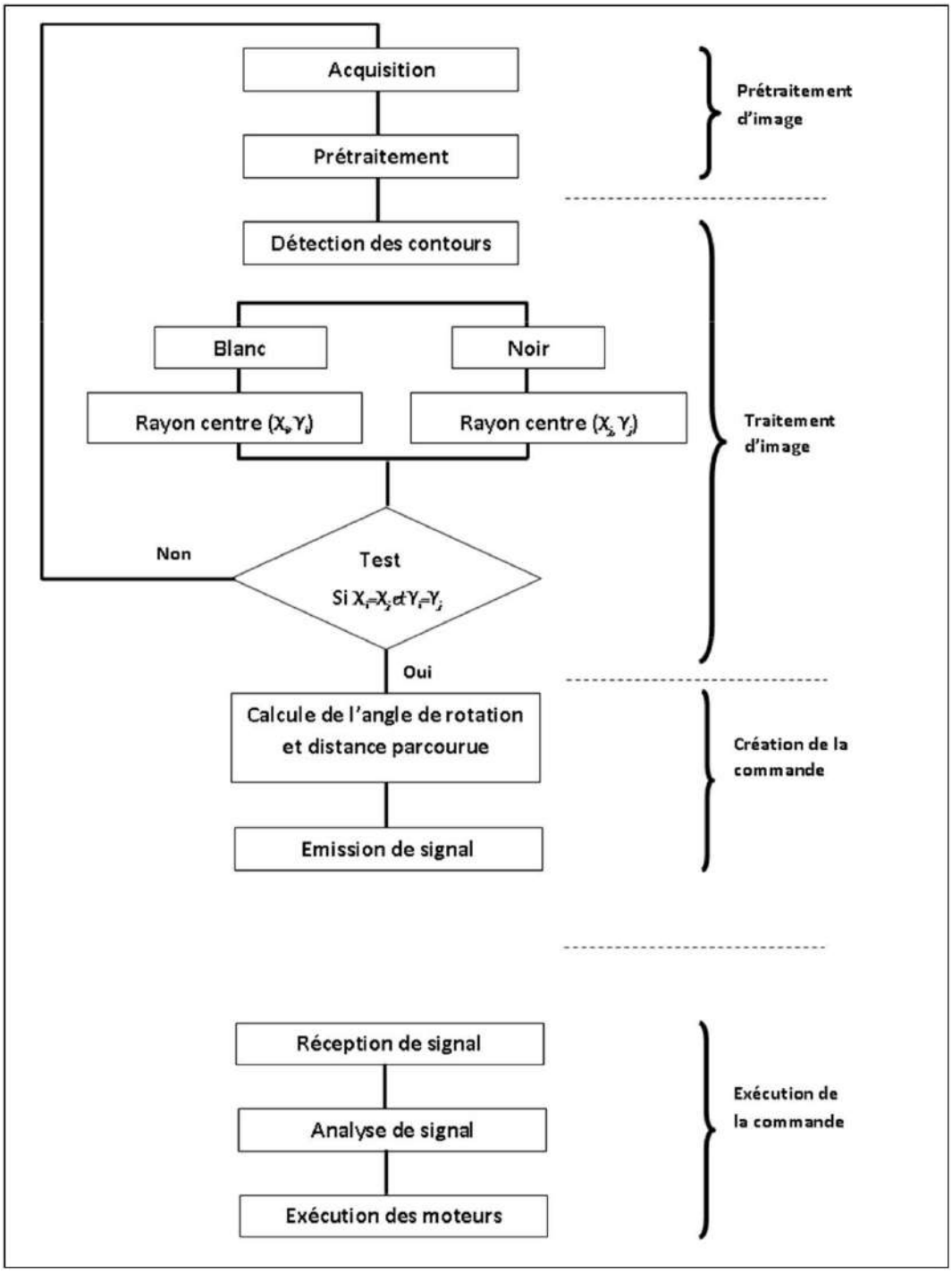


Figure IV.2. *Organigramme de programme principale*

4.1. Prétraitement d'image

Dans le chapitre II, nous avons cité les différents outils d'acquisition du geste de la main, et notre choix s'est porté sur la vision, parce que c'est l'un des meilleurs moyens d'acquisition, mais qui impose un traitement plus difficile.

Nous avons utilisé un capteur de vision de type webcam qui fournit des images couleur de 480 x 640 de résolution, avec une fréquence de 15 images/seconde, le choix de cette webcam de faible résolution est due au fait, que nous nous intéressons à la forme de la cible et non pas à ses détails ainsi la réduction des pixels à traiter afin de minimiser le temps de traitement pour le temps réel.

A la fin de cette étape nous obtiens une image comme suite :



Figure IV.3. *L'image obtenir après l'acquisition*

Toutefois, l'inconvénient majeur reste la sensibilité du capteur par rapport à la variation de l'éclairage qui va influer sur l'intensité des pixels.

4.2. Traitement d'image

Cette étape base généralement sur trouver une cible sur l'image qu'on a obtenue dans l'étape précédente, la cible compose des cercles qui ont le même centre de gravité, dans ce terme, nous avons utilisé une méthode de traitement d'images disponible au logiciel MATLAB, la méthode fondé sur la transformée de Hough.



Figure IV.4. *La cible à détectée*

La transformée de Hough est une technique de reconnaissance des formes, inventée en 1962 par Paul Hough, utilisée dans le traitement d'images numériques. L'application la plus simple permet de détecter les lignes présentes dans une image, mais des modifications peuvent être apportées à cette technique pour détecter d'autres formes géométriques.

Pour la détection de cercle d'un rayon donné, on commence par parcourir tous les pixels de l'image de détection des contours. Quand un pixel appartient à un contour, nous parcourons l'image afin de connaître le rayon du cercle du centre courant utilisant la formule suivant :

$$= (- \quad)^2 + (- \quad)^2$$

[centres, radii] = imfindcircles (A, radiusRange), [20] cette commande est basé sur trouver des cercles avec des rayons dans la gamme spécifiée par radiusRange. L'argument de sortie supplémentaire, radii, contient les rayons estimés correspondant à chaque centre du cercle.

Exemple :

Détection de clair et noir cercles dans une image.

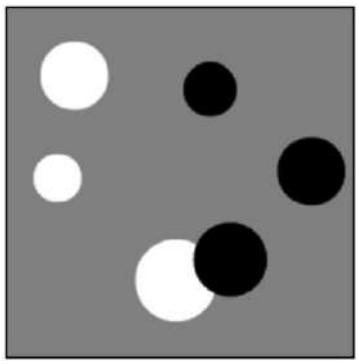


Figure IV.5. *L'image initiale*

Définir la plage de rayon.

Rmin = 30; Rmax = 65;

Trouver tous les cercles clairs dans l'image dans la plage de rayon.

[centersBright, radiiBright] = imfindcircles(A,[Rmin Rmax],'ObjectPolarity','bright');

Trouver tous les cercles noirs de l'image dans la plage de rayon.

[centersDark, radiiDark] = imfindcircles(A,[Rmin

Rmax],'ObjectPolarity','dark'); Tracer les cercles clairs en bleu.

viscircles (centersBright, radiiBright, 'EdgeColor', 'b');

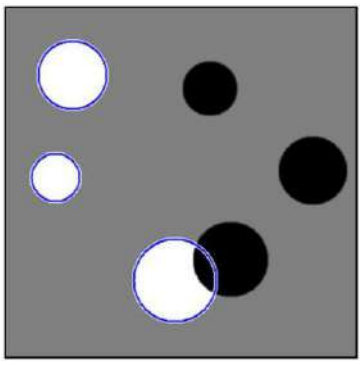


Figure IV.6. *Détection de cibles claires*

Tracer les cercles noirs en rouge.

viscircles (centersDark, radiiDark, 'LineStyle', '-');

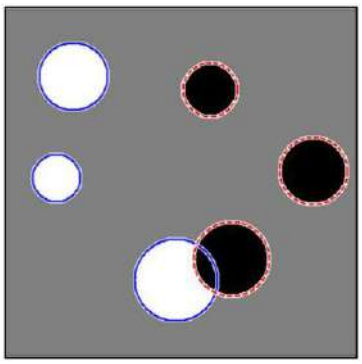


Figure IV.7. *Détection de cibles noires*

Dans notre programme on à utilisée le même principe pour détecté la cible, mais on à spécifiée seulement les cercles qui ont le même centre.



Figure IV.8. *Détection de notre cible*

Alors on a obtenir les cordonnées de la cible dans un plan xy, l'origine de ce plan est dans le plus haut à gauche de l'image. Alors on va faire un changement de repère pour tirer l'origine au milieu de l'image.

L'opération de détection de cible est répétitive, et le nombre de répétition choisie par l'utilisateur.

4.3. Création de commande

Afin de création de commande, nous avons passé par la calcule de trajectoire a partir de point A vers le point B, ensuite l'émission de signal de commande. Dans l'ordre de déplacement de robot au point désiré, nous avons besoin de calculer l'angler entre l'axe de robot et ce point, ensuite on a calculé la distance entre l'axe et ce point.

Calcule d'angle de rotation

Nous avons calculé l'angle de rotation de robot utilisions la méthode suivant :

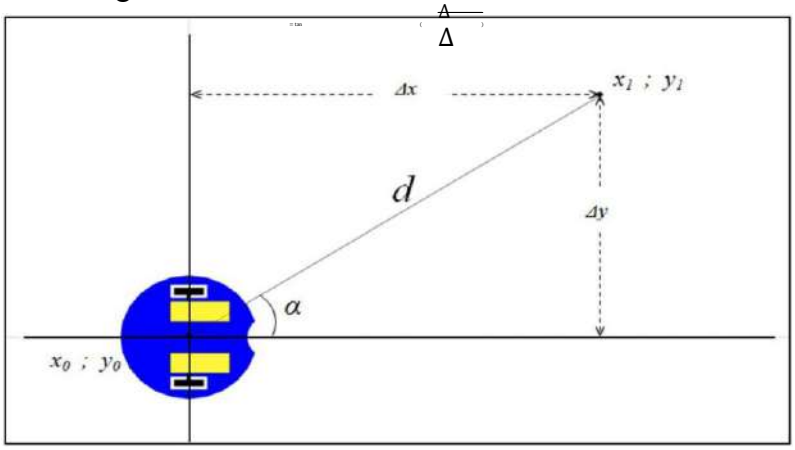


Figure IV.9. *Position initial*

On a mesuré le temps nécessaire pour faire une seul tour par le robot autour de lui. Ensuit on à calculer le temps corresponde pour cette angle α.

Le choix de sens de rotation est fait à partir les coordonnées (x, y), si $y_{i+1}>y_i$ c'est-à-dire la valeur actuelle de 'y' supérieur à la valeur précédente, le robot tourne à gauche, si $y_{i+1}<y_i$ tourne à droite.

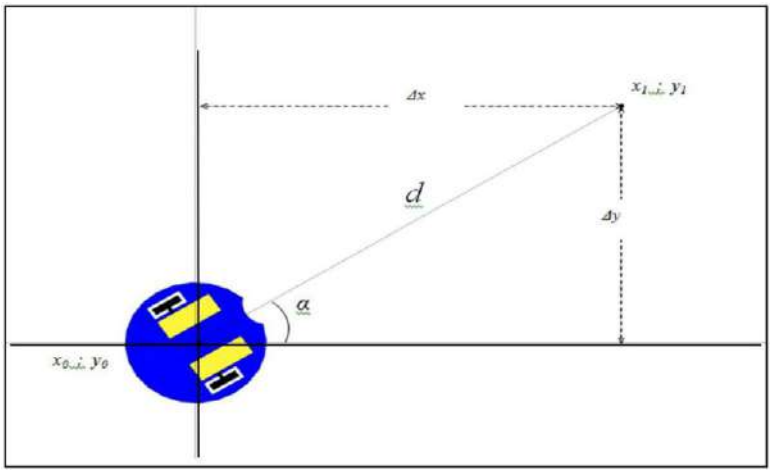


Figure IV.10.*La rotation de robot*

Calcule de distance

Le calcule de distance est fait par la formule suivant :

$$= \Delta^2 + \Delta^2$$

On a mesuré le temps nécessaire pour parcourir un maitre (100 cm) par le robot. Ensuit on à calculé le temps corresponde à cette distance d.

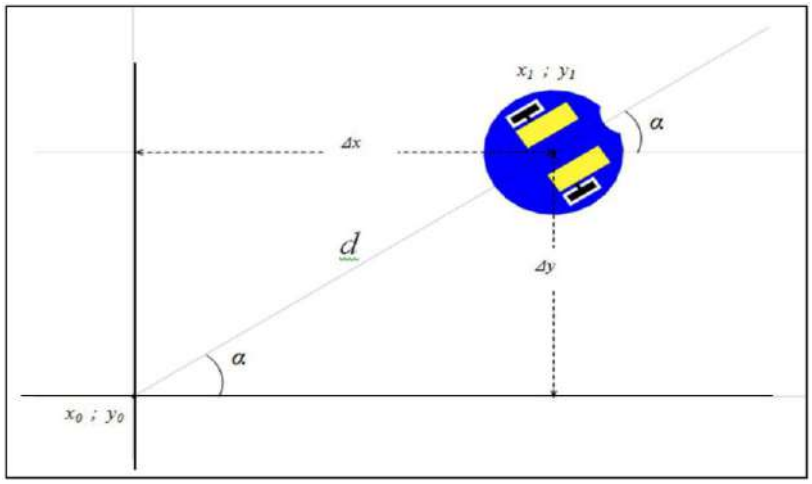


Figure IV.11. *Le robot atteint le point désiré*

Retour à position initial

Quand le robot atteint le point désiré, il est important de retourné le robot à la position initial au but de simplification des calcules, c'est-à-dire l'axe de robot doit être parallèle au

axe des abcès. Le sens de rotation dans ce cas est le contraire au cas précédent, mais le temps d'exécution des moteurs est le même.

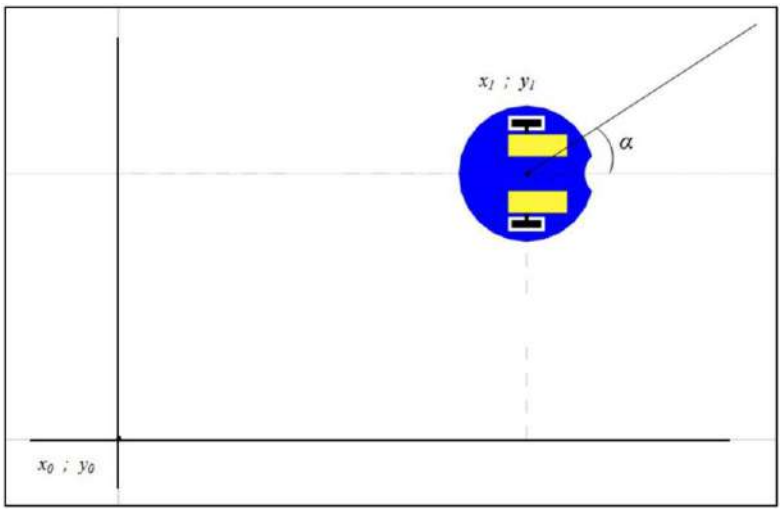


Figure IV.12. *Retour à la position initiale*

A la fin de cette étape le programme doit envoyer un signal composer de temps d'exécution nécessaire et le sens de rotation des moteurs a cc, le signal est de forme suivant :

http://Adresse IP /Temps d'exécution/Sens de rotation

Exemple :

http://192.168.43.206 /1000/Moteur1G

Le moteur 1 de robot va tourner à gauche pour une duré de 1000 millisecondes.

4.4. Exécution de la commande

Pour la transmission des signaux entre le robot et le PC, nous allons utiliser notre Shield Wifi et notre Arduino pour créer un serveur Web simple. Utilisant la bibliothèque Wifi, notre robot mobile sera capable de répondre à une requête HTTP avec le Shield Wifi. Après la réception d'un signal (http) contient l'adresse IP de notre Shield Wifi et la commande des moteurs, notre Arduino répondra par l'ouverture et fermeture des certaine pins pour un duré définie.

Nous avons avoir accès à un réseau sans fil 802.11b/g. Pour notre cas nous aurons besoin de changer les paramètres réseau dans l'esquisse pour correspondre à notre réseau particulier.

Pour les réseaux utilisant WPA / WPA2 Personal, nous avons besoin du SSID et mot de passe. Le Shield ne se connecte pas aux réseaux utilisant le chiffrement WPA2 Enterprise.

Il est clair dans notre schéma général que nous utilisons 2 broches pour contrôler le sens de rotation d'un seul moteur dans la carte de contrôle (L298), alors on a besoin de 4 pins depuis l'Arduino pour contrôler les deux moteurs de notre robot.

Pour ce raison, nous avons commandé 4 pins dans L'Arduino et configurée en mode de sortie, les pins sont 2, 3, 5 et 6, les pins 2 et 3 pour contrôler le sens de rotation de moteur 1, les pins 5 et 6 pour contrôler le sens de rotation de moteur 2.

5. Discussion et perspective des résultats de test

Pour faciliter l'utilisation de cette application, nous avons crée une simple interface utilisons le MATLAB GUI. L'interface contienne des valeurs initiales pour l'étalonnage de mouvement de robot, ainsi que le nombre d'acquisitions qu'on peut faire, et finalement l'adresse IP de notre Wifi Shield.

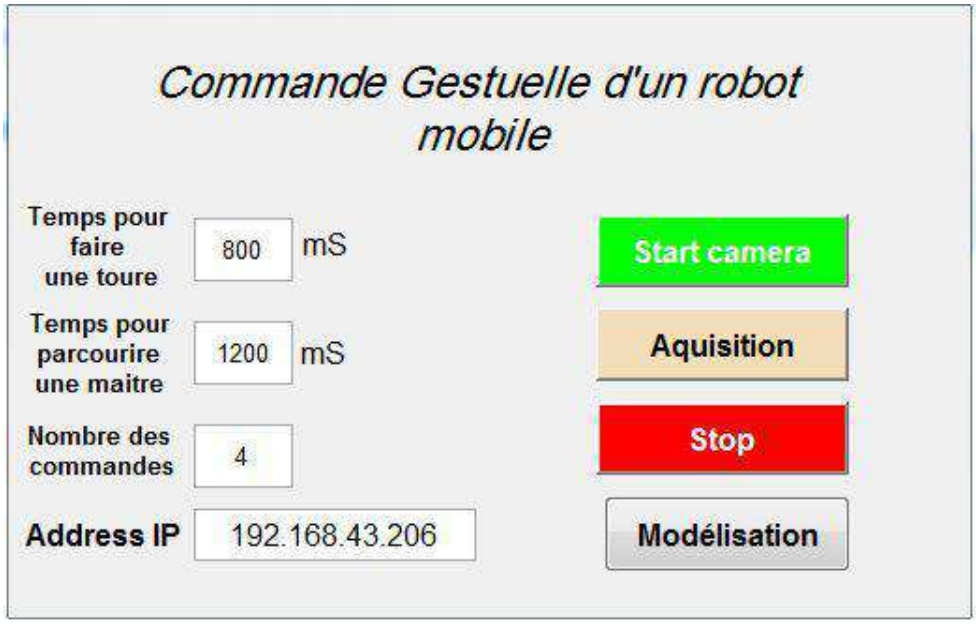


Figure IV.13. *L'interface de commande*

5.1. Premier test

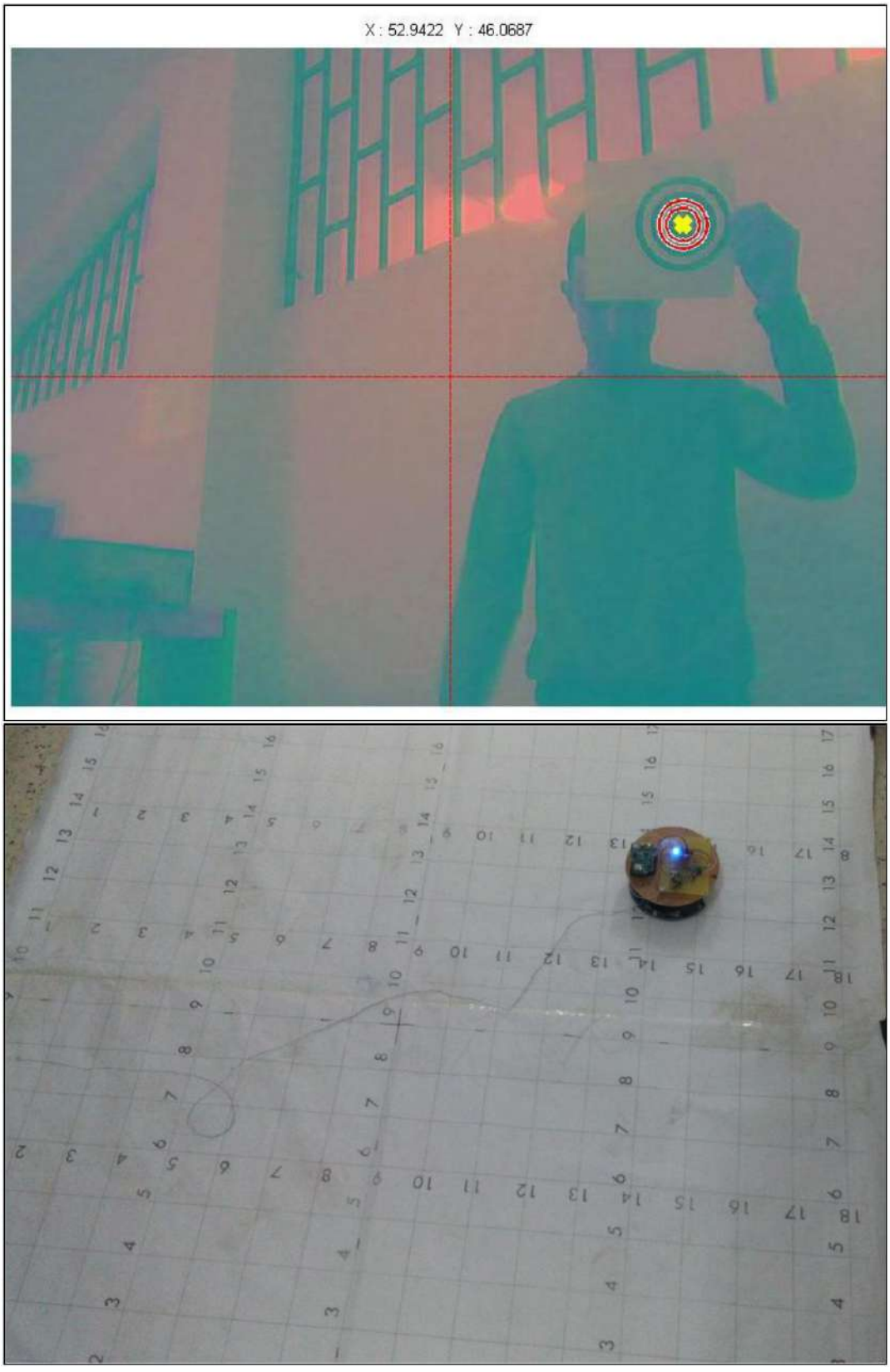


Figure IV.14. *1er Acquisition*

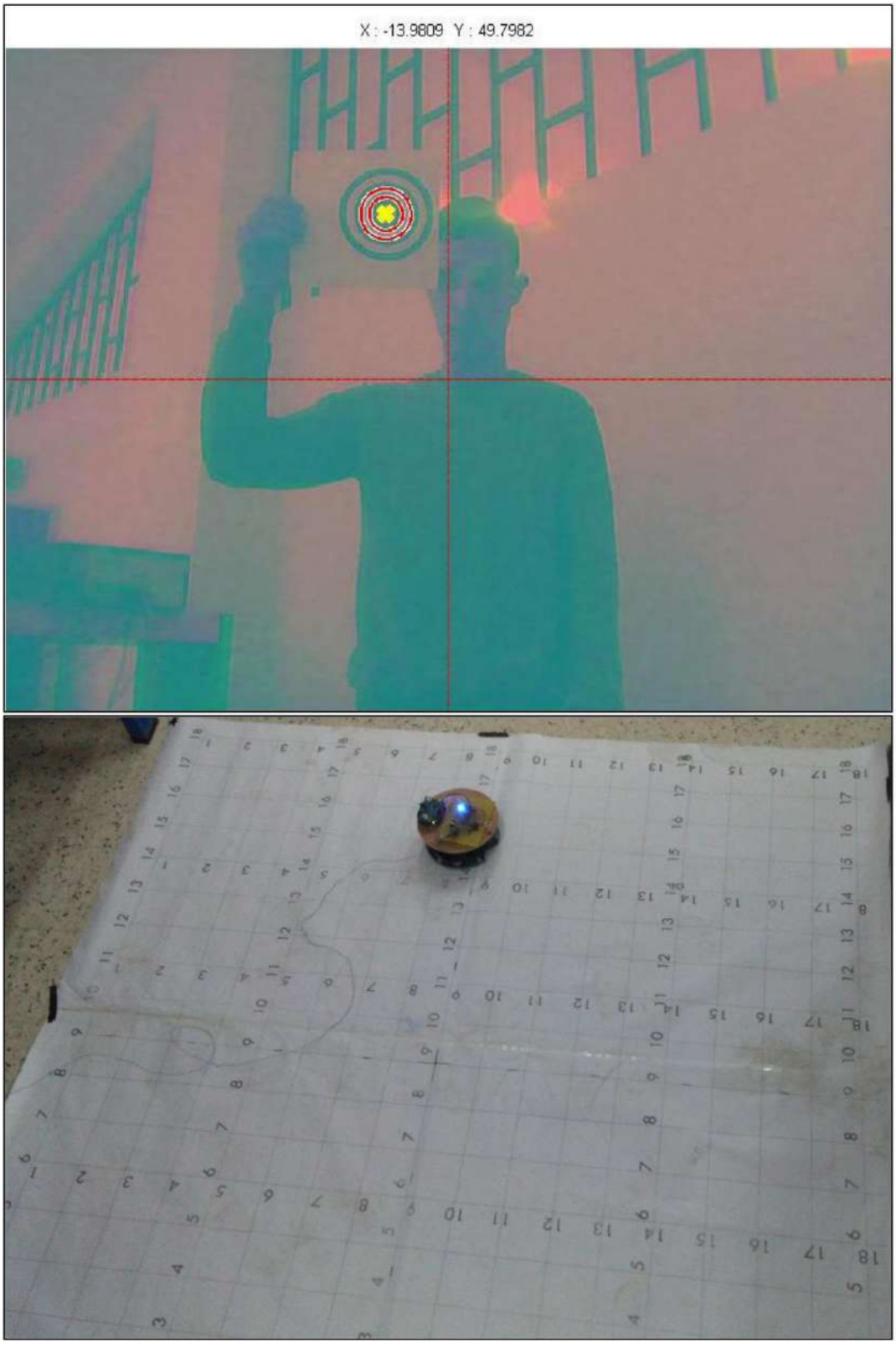


Figure IV.15. 2eme *Acquisition*

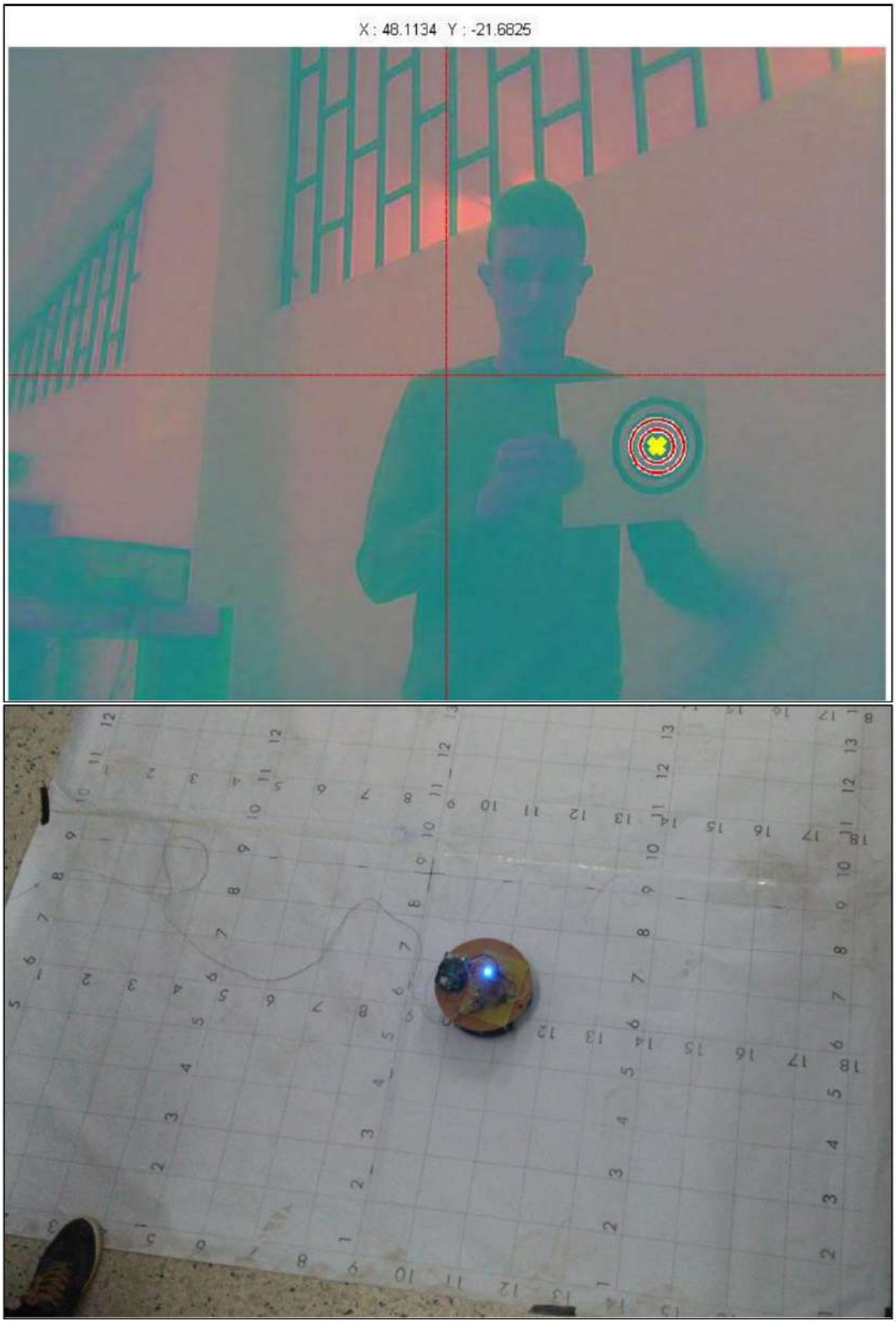


Figure IV.16. 3eme *Acquisition*

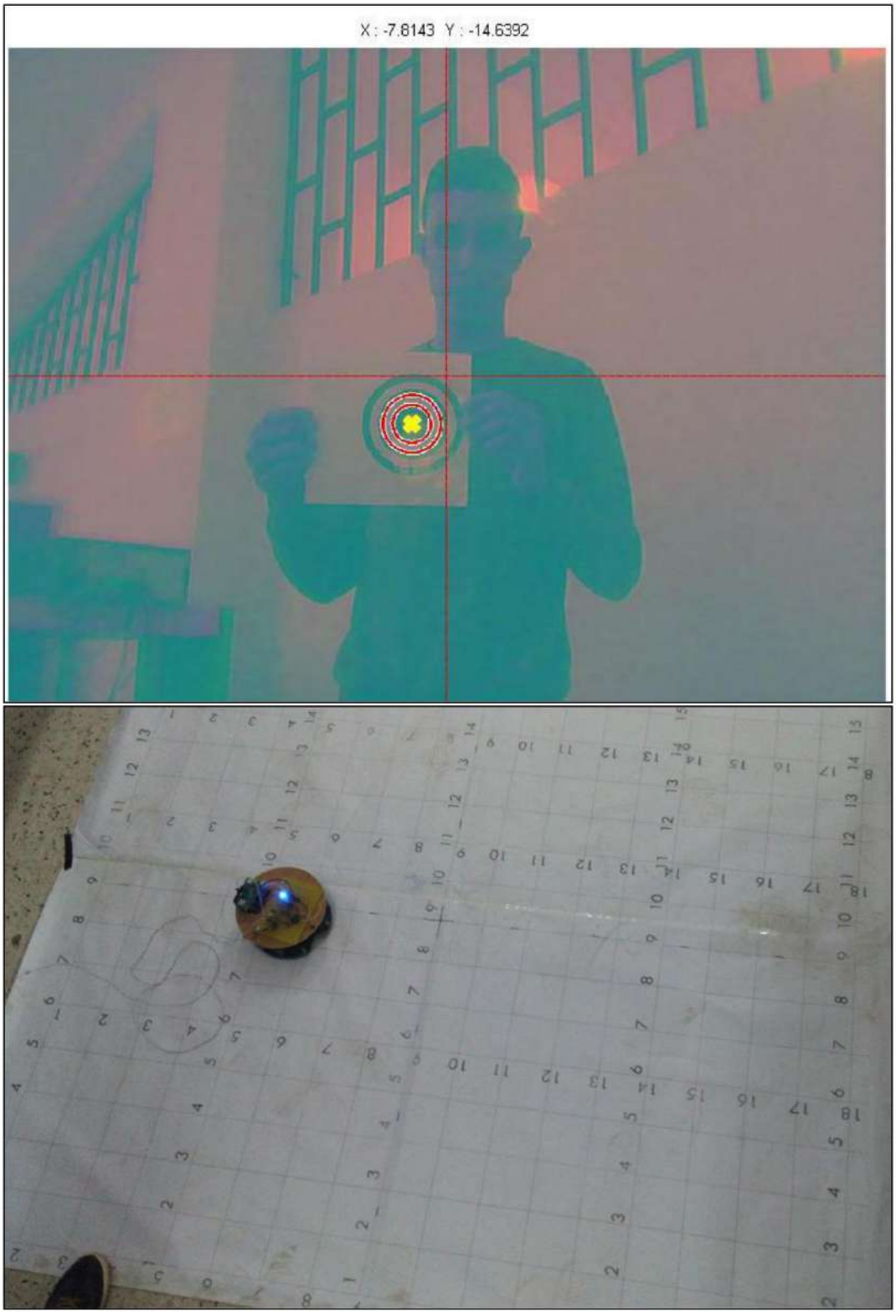


Figure IV.17. 4eme *Acquisition*

Modélisation des mouvements de robot mobile

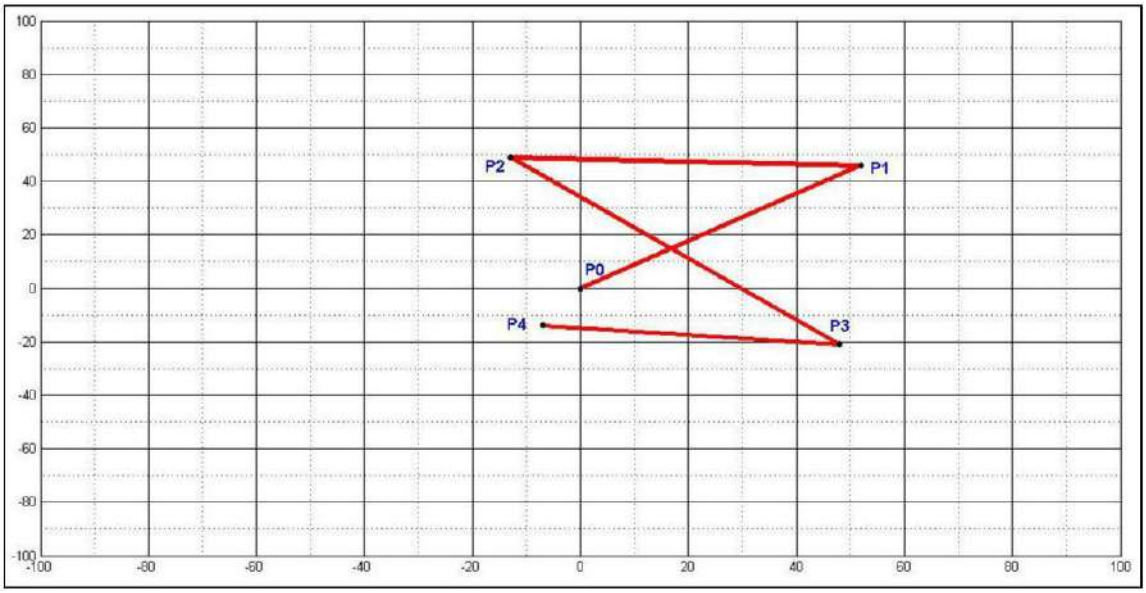


Figure IV.18. *Représentation de trajectoire de cible (Geste)*

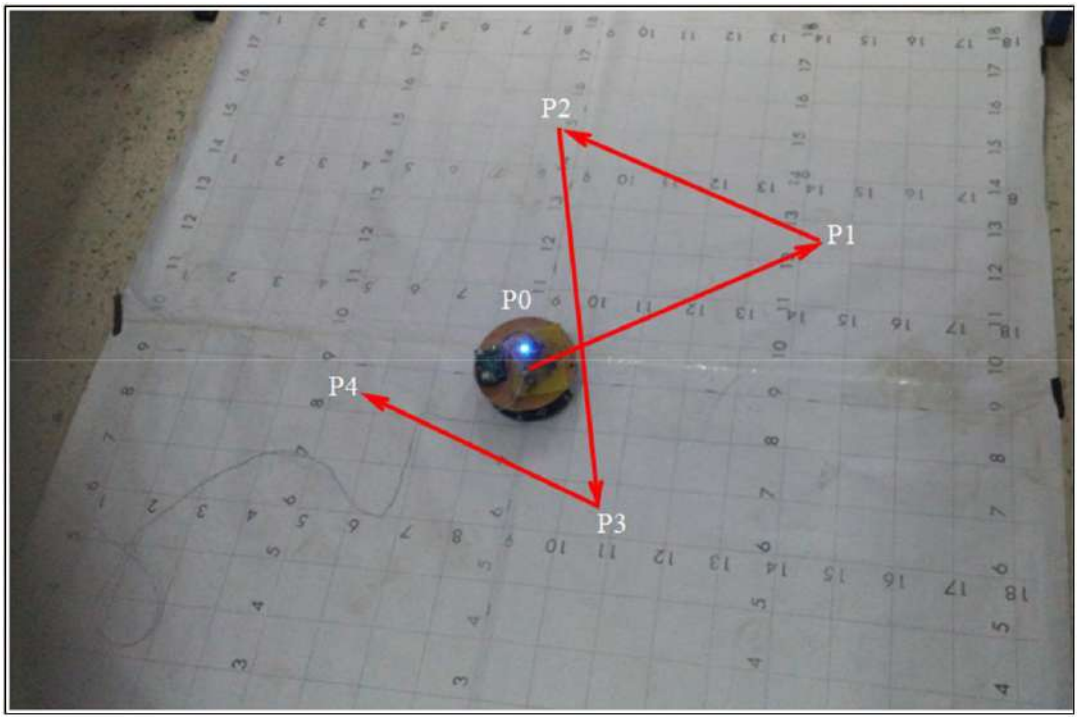


Figure IV.19. *Trajectoire de robot suivant le geste*

D'après le test que nous avons fait, il est clair que notre robot fait le même geste que nous avons donné, malheureusement le robot n'a pas suivi les points donnés avec précision et cella a cause de mécanisme de robot et la commande en boucle ouverte.

5.2.Deuxième test

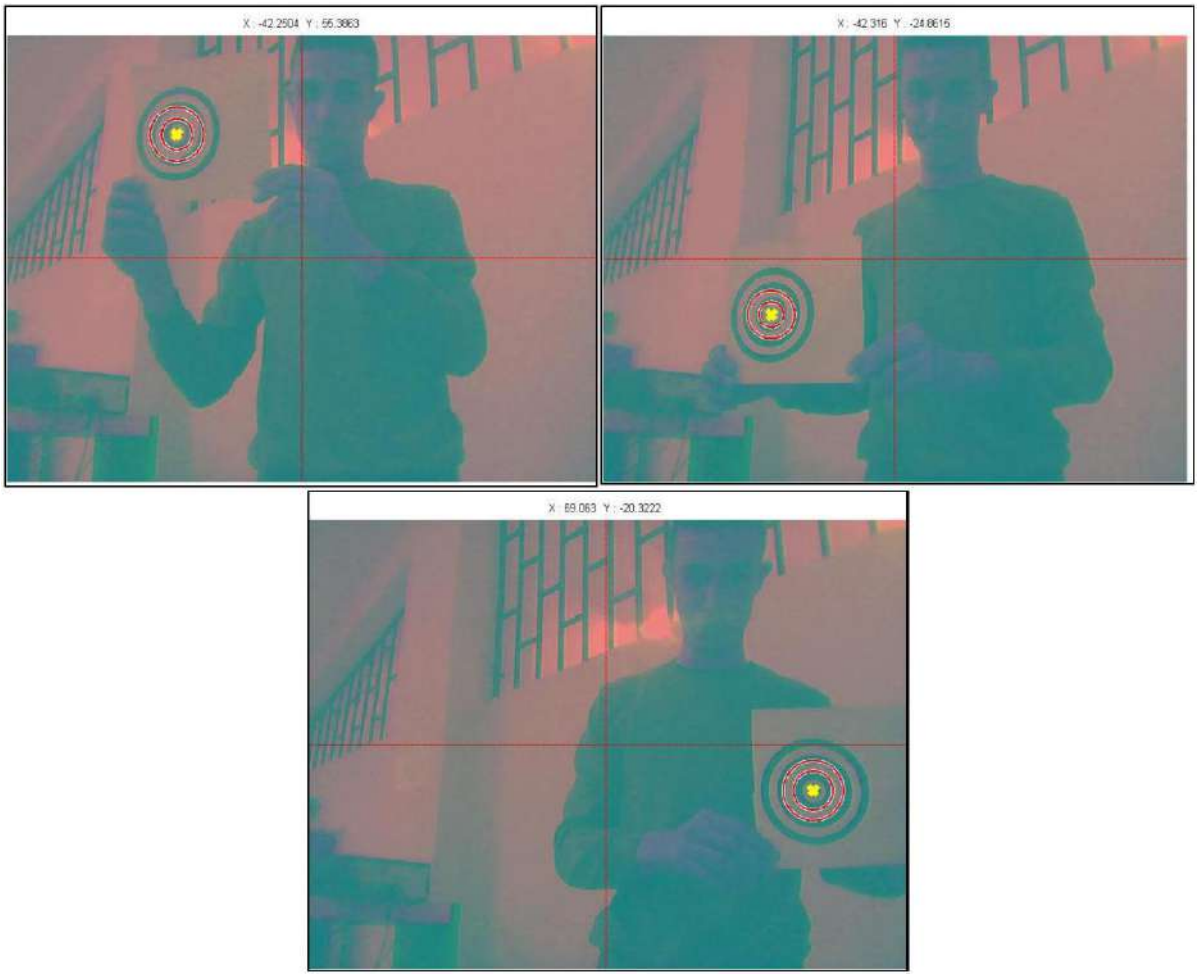


Figure IV.20. *Les acquisitions faites*

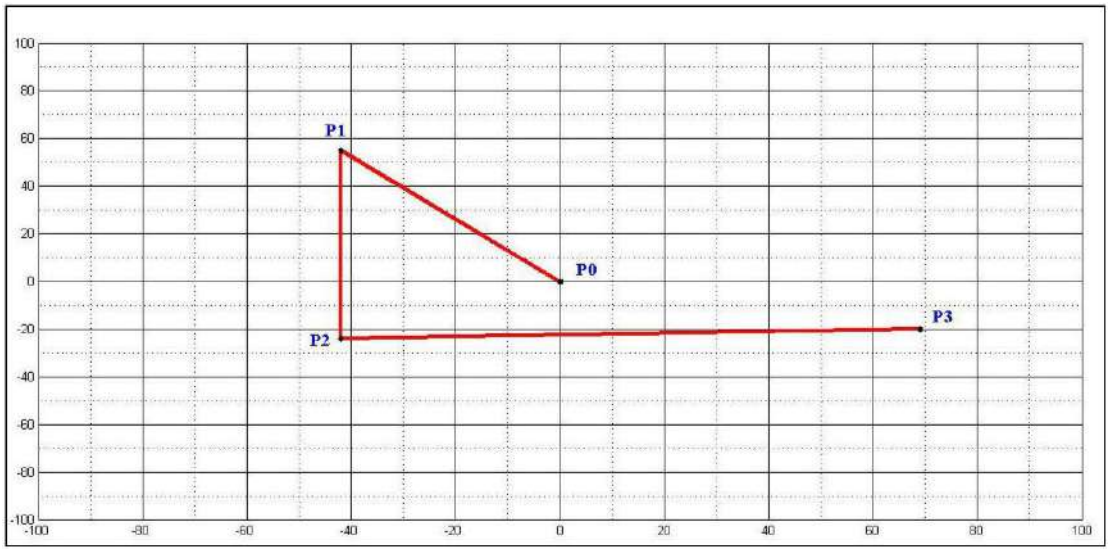


Figure IV.21. *Représentation de trajectoire de cible (Geste)*

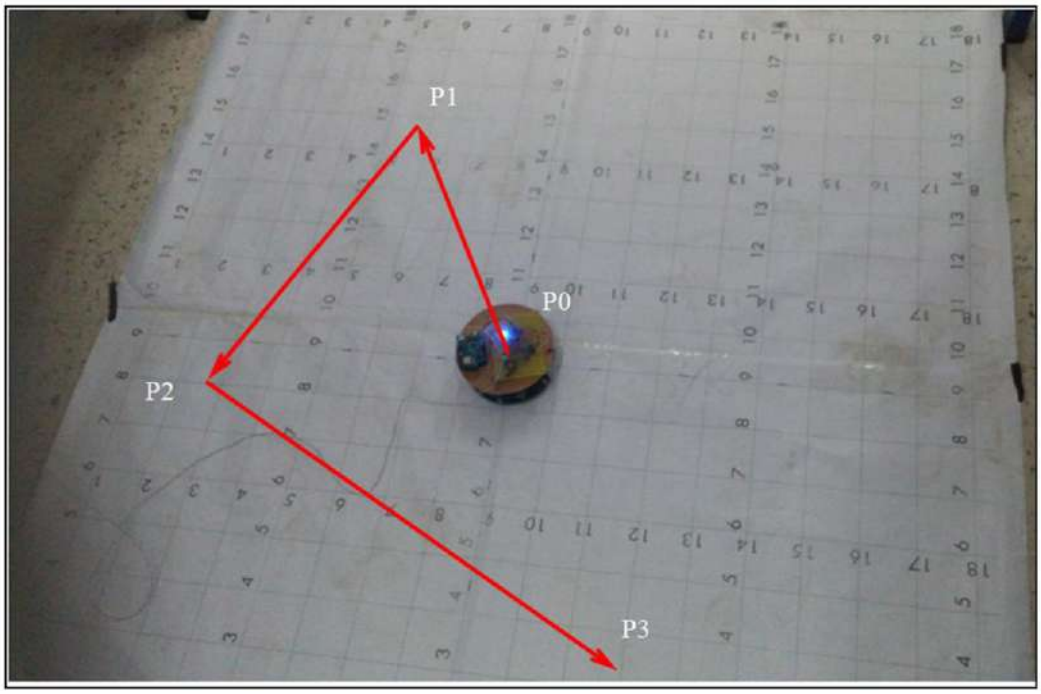


Figure IV.22. *Trajectoire de robot suivant le geste*

Les deux tests sont des même résultats, alors on peut dire que nous avons attendre notre but de contrôle d'un robot mobile gestuellement.

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'essentiel de notre travail qui consiste à la programmation de la commande gestuelle de notre robot mobile. On a présenté les méthodes de détection de cible et le calcule de trajectoire de notre robot. On a vue aussi comment programmé le shield wifi pour connecter le robot avec PC et contrôler le robot.

Enfin, nous avons réalisé des tests qui nous permes de valider notre système de commande gestuelle. À partir des résultats obtenues, le robot suive les gestes obtenus de la détection, mais il y a un manque de précision, ce problème attribue au travail en boucle ouverte et le mécanisme de notre robot.

Conclusion générale

L'objectif de notre travail est la réalisation d'un robot mobile type unicycle commandé gestuellement. Notre robot déplace sous une trajectoire programmée par rapport aux cordonnées obtenue de la détection de cible.

Pour réaliser ce travail, on a passé par différentes étapes :

On a utilisé une caméra pour la détection de cible et le PC pour le calcul de trajectoire de robot. Le robot réalisé se déplace par 2 roues occupent du mouvement par deux moteurs à courant continue. Nous avons utilisé ce type de moteur pour la puissance dans le déplacement et la rotation vers la cible.

Des circuits de commande sont réalisés pour de contrôler les moteurs associés (L298). L'ensemble de système est commandé sans file par le Shield WIFI. Pour le système de déplacement, on a utilisé l'Arduino UNO, dont ses caractéristiques particulières nous ont aidés à faciliter les taches surtout en ce qui concerne sa programmation.

Ce travail nous a permis de traiter des problèmes d'ordre pratique et de vérifier des connaissances théoriques acquises toute le long de notre formation.

Grâce au travail continu, on a pu atteindre notre but et satisfaire le cahier de charge, mais cela ne veut pas dire qu'il est complet, nous proposons que le robot réalise soit la base de toute une série d'améliorations que nous n'avons pas eu la chance de les faire par manque de temps et de matériel. Le nombre d'améliorations que peuvent titre ajoutes sont :

- L'utilisation des moteurs pas à pas pour avoir une grande précision dans le mouvement du robot.
- Utilisation des capteurs plus performants comme les capteurs laser ou les caméras et d'utilisé plus des capteurs ou un plateau des capteurs rotatif pour couvrir l'environnement pour choisir meilleure trajectoire.

Bibliographie

[1] P. Codron et S. Leballois. Automatique : systèmes linéaires continus´. Edtions Dunod (289p), 1998

[2] J. AIACHE et J. CHEREAU, "Les systèmes automatisés", EduKlub S.A, 2010.

[3] J.-P. Laumond, Robot Motion Planning and Control. Lectures Notes in Control and Information Sciences 229. Springer, 1998 [88]. Disponible en ligne : http://homepages.laas.fr/jpl/book.html

[4] V.S. Bagad, Mechatronics; ISBN9788184314908, Edition 2008.

[5] Belkhadria Khemisti, "commande d'un robot mobile par réseaux de neurones artificiels", Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en électronique. Option: Robotique. Université El Hadj Lakhdar Batna.

[6] CROWLEY (J.L.). – Navigation for Intelligent robot. IEEE Journal of Robotics and Automation march 1985 pp. 31-41.

[7] H.ABDELMOUMENE, « Etude et réalisation de TéléGestServo, une Interface d'Asservissement Gestuel en Téléopération »,USTO, LAERSI, Thèse de magister 2008- 2009.

[8] H.BENSENANE, A.HAMZA « Asservissement Gestuel avec apprentissage par réseau de neurones », USTO, LAERSI, PFE, ELN, 2008-2009.

[9] A.BERRACHED, F.OUAMRI « Commande basée sur le geste »,USTO, LAERSI, Master, ELN, 2009-2010.

[10] D. Coquin, P. Lambert, B. Ionescu, « Reconnaissance d'un geste statique ou d'un geste dynamique de la main », LISTIC – Annecy, 2003.

[11] A. Just, S. Marcel, O. Bernier, J. Emmanuel Viallet, « Reconnaissance de gestes 3D, Bimanuels », Institue Dalle Malle d'intelligence artificielle perceptive, Suisse, 2003.

[12] K. Nickel, R. Stiefelhagen, «Real-time Person Tracking and Pointing Gesture Recognition for Human-Robot Interaction», Interactive Systems Laboratories Universitat Karlsruhe (TH), Germany, 2004.

[13] B. Bruno, «Problèmes posés par la reconnaissance de gestes en Langue des Signes », LIMSI-CNRS - Université Paris XI, Orsay. 2004.

[14] C. Nolker, H. Ritter, «Detection of fingertips in human hand movement sequences», Department of computer science, Bielefeld University, 1997.

[15] A. Deslandes, « Reconnaissance de geste humain par vision artificielle : application à la langue des signes », rapport de stage dans le cadre du DEA IARFA : intelligence artificielle, reconnaissance de formes et application de l'université Paris6, Pierre et Marie Curie, 2002.

[16] J. Emmanuel Viallet, «Panorama sur les techniques de vision pour l'analyse des gestes»,Séminaire CNRT Vision par ordinateur pour les télécommunications, France, Lannion, 2004.

[17] Arduino, "Arduino". [En ligne]. Disponible: https://www.arduino.cc/ [Consulté le 20 avril 2016].

[18] A. Charbonnel, « Le moteur à courant continu à aimants permanents », Académie Caen, France, 2007.

[19] F. GIAMARCHI, Je construis mon robot sumo, ETSF, Paris.: DUNOD, 2011.

[20] MathWorks, "Matlab," imfindcircles. [En ligne]. Disponible: http://www.mathworks.com/help/images/ref/imfindcircles.html?s_tid=srchtitle. [Consulté le 15 mars 2016].