

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

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

جامعة سعد دحلب البلدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

ZEKHREF Oussama

&

NOUIOUA Med Islam

pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique option 'Système de vision et robotique'

Thème

Localisation et navigation d'un robot mobile par webcam

Proposé par : Mr.KAZED BOUALEM

Année Universitaire 2014-2015

Remerciements

*Nous remercions tout d'abord, ALLAH le tout puissant,
pour nous avoir accordé la santé et le courage afin d'arriver
au terme de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères
remerciements :*

*À notre promoteur Dr B. KAZED pour son encadrement
qu'on a reçu et pour son aide et ses précieux
encouragements pour la mise en œuvre de ce travail.*

*A nos familles, collègues et amis, pour leur patience,
soutien et disponibilité.*

*A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à
la réalisation de ce travail. Notamment nos enseignants qui nous
ont instruits Tout au long de notre long parcours et en précisant
les jurys.*

Dédicaces

*Nous dédions ce modeste travail à nos chers parents, sources de
nos joies*

*Secrets de nos forces, grâce à leurs tendres encouragements et
leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et
propice à la poursuite de nos études.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer notre respect, nos
considérations et nos profonds sentiments envers eux,*

A nos sœurs et nos frères

A nos familles

*Ils vont trouver ici l'expression de nos sentiments de respect et
de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de nous
porter.*

A tous nos amis et nos collègues

*Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et
d'une amitié infinie*

ملخص:

في مشروعنا نقوم بموقعة و مراقبة وتحديد وتحكم بروبوت متنقل لاسلكيا في الوقت الحقيقي باستخدام معالجة الصور مع مطلب و نظام لاسلكي ،أولا نستعمل كاميرا ويب للكشف عن موقع الروبوت باستخدام الألوان الأحمر و الأخضر على رأس الروبوت والأزرق الهدف المراد الوصول إليه،كل لون له اثنين من الإحداثيات ،يقوم مطلب باستخراج كل الإحداثيات ويقوم بكل الحسابات اللازمة, ثم يرسل لاسلكيا و في كل لحظة البيانات إلى المتحكم الإلكتروني الموجود في الروبوت ,هذه البيانات تساعد الروبوت للوصول إلى الهدف وتحركه بشكل مستقل أثناء تنقله، يستخدم الروبوت أجهزة استشعار الاستقبال الخارجي لتجنب العقبات التي تصادفه في طريق.

كلمات المفاتيح: الروبوت المحمول,ذاتية الحكم,الموقع,الملاحة , الرؤية,معالجة الصور,نظام لاسلكي , كاميرا ويب , اتصالات.

Résumé :

Notre projet a pour objet de réaliser un système complet de localisation et navigation pour un robot mobile. L'approche adoptée consiste à utiliser une webcam reliée un ordinateur, qui grâce à un programme de traitement vidéo, permettra de localiser le robot ainsi que l'objectif à atteindre. Les coordonnées du robot et de la cible obtenus par le programme au niveau du PC seront transmises, par ondes UHF au robot, qui pourra ainsi déterminer les manœuvres nécessaires à accomplir pour atteindre l'objectif final. Au cours de son déplacement le robot peut rencontrer des obstacles, ce genre de problèmes est aussi pris en charge par notre système de navigation.

Mots clés : Robot mobile, Autonome, Localisation, Navigation, Vision, traitement d'image, système sans fil, webcam, communication.

Abstract :

The aim of our project is to design a complete localization and navigation system for a mobile robot. The adopted approach is based on using a webcam linked to a computer which is in charge of all the video processing needed to obtain the robot posture together with the coordinates of the targeted position for the robot. These coordinates are transmitted to the robot using a pair of wireless modules. Knowing its posture and its final position the robot will be able accomplish its tasks. In case of the presence of an obstacle in its path the robot is also able avoid it and carry on its movement towards the final goal.

Keywords : Mobile robot, Autonome, Localization, Navigation, Vision, image processing, Wireless system, webcam, communication.

Liste des abréviations

CIR : Centre Instantané de Rotation

GPS : Système de Positionnement Global (Global Positioning System)

CCD : charge-coupled device

CMOS : Complementary metal–oxide–semiconductor

VAO : vision assisté par ordinateur

AVR : Architecture Harvard 8 bits RISC

RISC : Reduced instruction set computer

E/S : Entrée/Sortie

ADC : Convertisseur analogique-numérique (Analog to Digital Converter)

PWM : La modulation de largeur d'impulsions (*Pulse-width modulation*)

TWI : Interface de deux fils (Two Wire Interface)

SRAM : Static Random Access Memory

EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

IDE : Integrated Development Environment

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter

MLI : Modulation de largeur d'impulsion

I²C : Inter-Integrated Circuit

SDA : ligne de données bidirectionnelle (Serial Data Line)

SCL: ligne d'horloge de synchronisation bidirectionnelle (Serial Clock Line)

ISP: in-system programmer

SMD : montage en surface (surface-mounted)

FTDI : Future Technology Devices International

SPI : Serial Peripheral Interface

MISO : Maître d'entrée Esclave sortie (Master Input Slave Output)

MOSI : Maître de sortie Esclave d'entrée (Master Output Slave Input)

SDO : Serial data d'entrée (Serial Data Out)

SDI : Serial data de sortie (Serial Data Input)

SCK : Serial horloge de SPI (SPI Serial Clock)

Table des matières

Introduction général	1
Chapitre I : Généralité sur la robotique mobile	3
I.1 Introduction	3
I.1.1 Historique.....	4
I.1.2 Définitions.....	8
I.1.3 Les lois de la robotique	8
I.2 Le robot mobile.....	9
I.2.1 présentation général sur les robots mobiles.....	9
I.2.2 Classification des Robots Mobiles.....	9
I.2.2.1 Classification selon le degré d'autonomie	10
I.2.2.2 Classification selon le type de locomotion	10
I.2.2.2.1 Les robots mobiles à roues	10
I.2.2.2.2 Les robots mobiles a chenilles	12
I.2.2.2.3 Les robots mobiles marcheurs	13
I.2.2.2.4 Les robots mobiles rampants	14
I.2.2.3 Classification selon leur domaine d'application	15
I.2.3 Composants et architecture des robots mobile	16
I.2.3.1 Composant fonctionnels	16
I.2.3.2 Technologie de constituants	16
I.2.3.3 Architecture des robots mobiles	17
I.2.4 La Navigation des Robot Mobile	18
I.2.5 La robotique et l'intelligence artificielle	20
I.2.5.1 Intelligence Artificielle (IA)	20
I.2.5.2 Les outils d'exécution de l'IA dans le robot	20

I.2.5.3 Types de programmes d'IA utilisées dans la robotique	20
I.2.5.4 Domaines d'application d'IA dans la robotique	21
I.3 Conclusion	21
Chapitre II : La localisation en robotique mobile	22
II.1 Introduction	22
II.2 La localisation d'un Robot mobile	23
II.3 les Méthodes localisation	24
II.3.1 La localisation relative	24
II.3.1.1 Les odomètres	24
II.3.1.2 Les accéléromètres	25
II.3.1.3 Le radar Doppler	26
II.3.1.4 Le gyroscope	27
II.3.2 La localisation absolue	27
II.3.2.1 Les capteurs extéroceptifs	28
II.3.2.2.1 les télémètres laser	29
II.3.2.2.2 Les capteurs infrarouge	29
II.3.2.2.3 Les capteurs ultrason	30
II.3.2.2.4 Les Balises à laser	31
II.3.2.2 Localisation par vision artificiel	31
II.3.2.3 Le géo-positionnement	33
II.4 Conclusion	34
Chapitre III : Généralités sur le traitement d'image	35
III.1 Introduction	35

III.2 L'image numérique	36
III.3 Les type d'images	36
III.3.1 Image binaire	36
III.3.2 Image à niveau de gris	37
III.3.3 Image couleur	37
III.4 Vision assisté par ordinateur (VAO)	39
III.4.1 Acquisition	39
III.4.2 Prétraitement	40
III.4.2.1 La restauration	40
III.4.2.2 L'amélioration	41
III.4.2.2.1 la modification d'histogramme	41
III.4.2.2.2 Le filtrage	44
III.4.2.3 La compression	45
III.4.3 L'analyse	46
III.4.3.1 Segmentation	46
III.4.3.1.1 Segmentation en régions	46
III.4.3.1.2 Segmentation en contours	47
III.4.3.2 caractérisation	47
III.4.4 Apprentissage et classification	47
III.4.5 Interprétation	48
III.5 Domaine d'application de traitement d'image	48
III.6 Conclusion	48
Chapitre IV : Présentation générale du robot	49
IV.1 Principe de fonctionnement	50

IV.2 Composants	50
IV.2.1 La partie mécanique	50
IV.2.1.1 Moteurs	50
IV.2.1.2 Les roues motrices	51
IV.2.2 La partie électronique	51
IV.2.2.1 Carte de commande	51
IV.2.2.1.1 Arduino UNO.....	52
IV.2.2.1.2 RedBoard.....	56
IV.2.2.2 Carte de puissance	57
IV.2.2.3 Les capteurs	58
IV.2.2.3.1 Capteur infrarouge	58
IV.2.2.3.2 Capteur fin de course	58
IV.2.2.4 Webcam	59
IV.2.2.5 Système sans fil	59
IV.3 Les bus de communication	60
IV.3.1 Le Bus I ² C	60
IV.3.1.1 Caractéristiques	60
IV.3.1.2 La prise de contrôle du bus	60
IV.3.1.3 Lecture d'une donnée	61
IV.3.1.4 Écriture d'une donnée	61
IV.3.1.5 La transmission d'une adresse	62
IV.3.2 Le Bus SPI	63
IV.3.2.1 Caractéristique	63
IV.3.2.2 principe d'une liaison SPI	64
IV.4 Communication entre les composants	65

IV.5 Programmation.....	66
IV.5.1 Matlab.....	66
IV.5.1.1 Introduction sure Matlab	66
IV.5.1.2 Traitement d'image avec Matlab	66
IV.5.2 Arduino IDE	67
IV.5.3 Les algorithmes du projet	68
V.6 Conclusion	78
Conclusion générale	79
Annex	80
Bibliographie	85

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 1950-Dr. Grey Walter et sa tortue électronique	4
Figure I.2 1950-1970 Robotique industrielle	5
Figure I.3 1960-1980 : Premiers robot mobiles	6
Figure I.4 développement de la robotique mobile	6
Figure I.5 Robots d'exploration planétaires	7
Figure I.6 Les robots de dernières années	7
Figure I.7 Robots à roues différentielles	11
Figure I.8 Robot tricycle	11
Figure I.9 Robot Voiture	11
Figure I.10 Robot mobile omnidirectionnelles	12
Figure I.11 Robot mobile à Chenilles	12
Figure I.12 Robot hexapode (Asimo)	13
Figure I.13 Robot hexapode	14
Figure I.14 Robot Rampant	14
Figure I.15 Architecture générale d'un système robotique	17
Figure I.16 Architecture d'un robot mobile	17
Figure I.17 Navigation d'un robot mobile dans un environnement plein d'obstacles	19

Chapitre II

Figure II.1 formalisme du problème de localisation d'un robot mobile	23
Figure II.2 Odomètre (MG-10MC)	25
Figure II.3 3-Axes Accéléromètre (MMA7361)	25

Figure II.4 Wireless radar Doppler (HB100)	26
Figure II.5 3-Axes Gyroscope (PmodGYRO L3G4200D)	27
Figure II.6 Télémètre Laser.....	29
Figure II.7 Capteur infrarouge (IR)	30
Figure II.8 Capteur Ultrason (US)	30
Figure II.9 Capteur de distance a balayage laser	31
Figure II.10 Camera CCD (Conrad BC-103 Sony)	32
Figure II.11 Module de réception GPS (LINX)	34

Chapitre III

Figure III.1 Image binaire	36
Figure III.2 Image a niveau de gris	37
Figure III.3 Les canaux d'une image numérique couleur	38
Figure III.4 Synthèse additive des couleurs.....	38
Figure III.5 La chaine de la vision assisté par ordinateur (VAO)	39
Figure III.6 les étapes de l'acquisition de l'image	40
Figure III.7 Image et son histogramme	41
Figure III.8 Image avant et après le recadrage	42
Figure III.9 Image avant et après l'égalisation d'histogramme	43
Figure III.10 Image filtré par le médian	45
Figure III.11 Compression d'une image	45

Chapitre IV

Figure IV.1 Photo du robot de l'extérieur.....	49
Figure IV.2 Photo du robot de l'intérieur	49

Figure IV.3 Le moteur EMG 30	51
Figure IV.4 Roue du robot	51
Figure IV.5 microcontrôleur ATmega328	52
Figure IV.6 Carte de commande Arduino UNO	52
Figure IV.7 Carte de commande Redboard	56
Figure IV.8 Carte de puissance MD25	57
Figure IV.9 Capteur infrarouge	58
Figure IV.10 Interrupteur de fin de course	58
Figure IV.11 La Webcam du projet	59
Figure IV.12 Le module émetteur/récepteur RF24	59
Figure IV.13 Exemple de condition de départ et d'arrêt	61
Figure IV.14 Exemple de lecture d'une donnée	61
Figure IV.15 Exemple d'écriture d'une donnée	61
Figure IV.16 Exemple d'une transmission d'une adresse	62
Figure IV.17 Schéma de connexions SPI	63
Figure IV.18 Schéma de principe simplifié d'une liaison SPI	64
Figure IV.19 Image qui simplifie les composants du projet	65
Figure IV.20 La fenêtre de l'Arduino IDE	67

Liste des tableaux

Tableau I.1 Domaines d'utilisation des robots mobiles.....	15
Tableau III.1 Domaine d'application de traitement d'image.....	48

Introduction générale

Le but de ce projet consiste à réaliser un robot mobile autonome capable de se déplacer à l'intérieur d'une zone rectangulaire afin d'atteindre un objectif prédéfini. Etant donné que cette opération nécessite, à chaque instant, la connaissance des coordonnées du robot et de la cible nous avons élaboré notre stratégie en se basant sur l'utilisation d'une webcam, placée au-dessus de l'aire sur laquelle le robot effectue ces mouvements. Cette caméra est connectée à un ordinateur dans lequel les traitements d'images nécessaires sont réalisés afin d'obtenir non seulement les coordonnées ainsi que l'orientation du robot mais aussi celles de l'objectif à atteindre. Les coordonnées ainsi obtenus sont transmis, par ondes UHF au robot, lui permettant d'effectuer les manœuvres nécessaires pour effectuer sa mission, tout en évitant des obstacles éventuels sur son chemin. Le traitement d'images utilisé se base sur l'extraction de couleurs particulières permettant de différencier entre les éléments constituant la scène dont fait partie notre robot lors de ces déplacements.

Pour réaliser un système robotisé qui dispose d'un niveau d'autonomie et de facilités de navigation, le système doit généralement accomplir trois tâches de base qui sont la localisation, la planification et la navigation. Parmi ces tâches, la localisation occupe une place de choix puisqu'elle détermine le bon déroulement des deux autres. Elle consiste à calculer et à maintenir à jour la connaissance de la position (coordonnées) et de l'orientation du robot. La vision par ordinateur est l'une des méthodes utilisées pour la localisation et qui peut apporter une réponse. Se localiser est une de ces choses que nous faisons naturellement en utilisant notre vue. Cela ne nous aide pas beaucoup pour construire un algorithme utilisable par un ordinateur, mais cela nous montre tout de même qu'il existe une solution performante au problème de la localisation par vision. Se localiser est une tâche importante qu'un robot doit être capable de réaliser pour accomplir un certain nombre d'objectives qu'il devra réaliser de manière autonome.

L'utilisation de la vision en robotique mobile a toujours séduit les chercheurs du domaine à cause de l'analogie que l'on peut faire avec le système de localisation humain. Lorsqu'on utilise la vision par ordinateur les données acquises sont des images issues d'une caméra embarquée. Ce capteur est l'un des plus riches en quantité d'informations véhiculées. En revanche, son utilisation implique un certain nombre de problèmes.

Premièrement, une image contient une très grande quantité de données brutes dont seule une partie comporte des informations pertinentes. Dans le cadre d'une application en robotique, il est indispensable de pouvoir identifier les zones d'intérêt de l'image et de les représenter sous forme d'informations concises. Deuxièmement, l'image représente un environnement 3D sous forme de données 2D. Troisièmement le changement d'éclairage peut engendrer des pertes d'informations.

Ce mémoire est rédigé suivant l'organisation ci-dessous :

- Le premier chapitre est une introduction générale sur la robotique (historique, les définitions d'un robot, les lois de la robotique), ainsi que les classifications des robots mobiles et ces domaines d'application, les composants et l'architecture d'un robot mobile et ce principe de navigation puis les outils et les méthodes d'intégration de l'intelligence artificielle dans le domaine de la robotique.
- Le second chapitre présente les deux techniques de localisation pouvant être utilisées en robotique mobile :
 - La localisation relative, basée sur l'utilisation de capteurs proprioceptifs.
 - La localisation absolue, basée sur l'utilisation de capteurs extéroceptifs

Et aussi les différentes méthodes de chacune de ces techniques.

- le troisième chapitre on présente des généralités sur la vision artificielle, ainsi que quelques méthodes et techniques de traitement d'images.
- Dans le quatrième chapitre nous expliquerons le fonctionnement de notre robot ainsi les propriétés et les caractéristiques de tous ces composants, nous citerons les langages de programmation utilisés et présenterons les algorithmes utilisés dans le projet.

Chapitre I

Généralités sur la robotique mobile

I.1 Introduction

La robotique est un ensemble de disciplines (mécanique, électronique, automatique, informatique), elle se subdivise en deux types : les robots industriels et les robots mobiles. Les robots industriels sont généralement fixes, ils sont utilisés dans des nombreuses applications industrielles: l'assemblage mécanique, la soudure, la peinture... Les robots mobiles ne sont pas fixes, ils sont classifiés selon leur degré d'autonomie et selon la locomotion en robots marcheurs, à roues, à chenilles... comme ils peuvent être classifiés selon le domaine d'application en robots militaires, d'espace, industriels et Médecine ...

Les robots mobiles présentent un cas particulier en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité", destinés à remplir des taches pénibles (exemple : transport de charges lourdes) et ils travaillent même en ambiance hostile (nucléaire, marine, spatiale, lutte contre l'incendie, surveillance...). L'aspect particulier de la mobilité impose une complexité technologique (capteurs, motricité, énergie) et méthodologique tels que le traitement des informations et gestion des tâches et les systèmes de localisation.

L'autonomie du robot mobile est une faculté qui lui permet de s'adapter ou de prendre une décision dans le but de réaliser une tâche même dans un environnement peu connu ou totalement inconnu.

Dans ce chapitre, nous présentons une introduction générale sur la robotique (historique, les définitions d'un robot, les lois de la robotique), les classifications des robots mobiles et ces domaines d'application, les composants et l'architecture d'un robot mobile et ce principe de navigation.

I.1.1 Historique

Le mot robot a été utilisé pour la première fois en 1921 par Karel Capek dans sa pièce R.U.R «Rossums Universal Robots ».

Il provient du tchèque "robota" qui signifie corvée, travail obligatoire.

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

Avant 1950 :

XVIII ème siècle : création d'automates. En 1738, Jacques Vaucanson crée un canard articulé en cuivre capable de boire, manger, cancaner et digérer comme un véritable animal.

1921 : Karel Capek écrit la pièce de théâtre RUR « Rossum's Universal Robots ».

1940 : Isaac Asimov écrit un ensemble de nouvelles sur les robots.

1950-1960 :

1948 : Grey Walter invente le premier robot mobile autonome, une tortue se dirigeant vers les sources de lumière qu'elle perçoit. Cependant, ce robot n'est pas programmable.

La mise en place de robots n'a été possible que dans les années 50 avec la création des transistors et circuits intégrés.



a. Dr Grey Walter (1948)



b. Tortue électronique (1969)

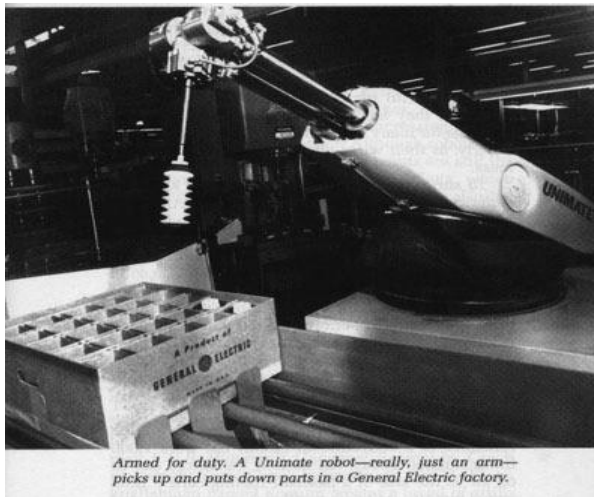
Figure I.1 1950-Dr. Grey Walter et sa tortue électronique

1950-197 : Robotique industrielle :

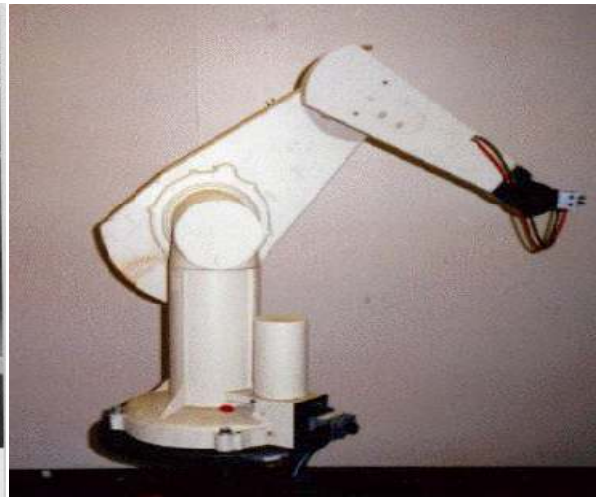
1961 : Premier robot industriel mis en place dans une usine de General Motors : UNIMATE (tubes cathodiques de télévision).

1972 : Nissan ouvre la première chaîne de production complètement robotisée.

1978 : PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) développé par General Motors (toujours utilisé).



a. Robot Unimate



b. Robot Puma

Figure I.2 : 1950-1970 Robotique industrielle

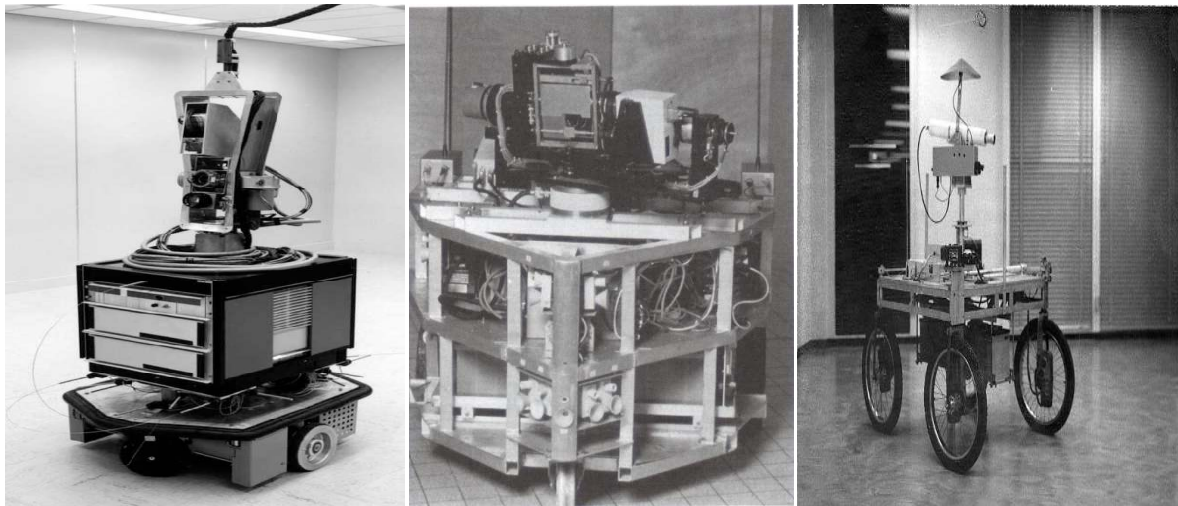
1960-1980 : Premiers robot mobiles :

1960-64 : Ouverture des laboratoires d'Intelligence Artificielle au M.I.T., Stanford Research Institute (SRI), Stanford University, University of Edinburgh.

Fin des années 60 : Mise en place de « Shakey » premier robot mobile intégrant perception, planification et exécution.

1970 : Standford Cart

1977 : premier robot mobile français HILARE au LAAS (CNRS Toulouse)



a. shakey

b. Hilare

c. Stanford cart

Figure I.3 1960-1980 : Premiers robot mobiles

1980-1990 :

Développement important de l'intelligence artificielle et de la robotique : de nouveaux robots apparaissent constamment.

1990-2000 : développement de la robotique mobile :

1992 : Mise en place de la compétition annuelle AAAI sur la robotique mobile.

1995 : Mise en place de la RoboCup .

1997 : premier robot mobile extra planétaire sur Mars.

1999 : Lancement du robot chien Aibo, par SONY.



a. Aibo

b. Sojourner

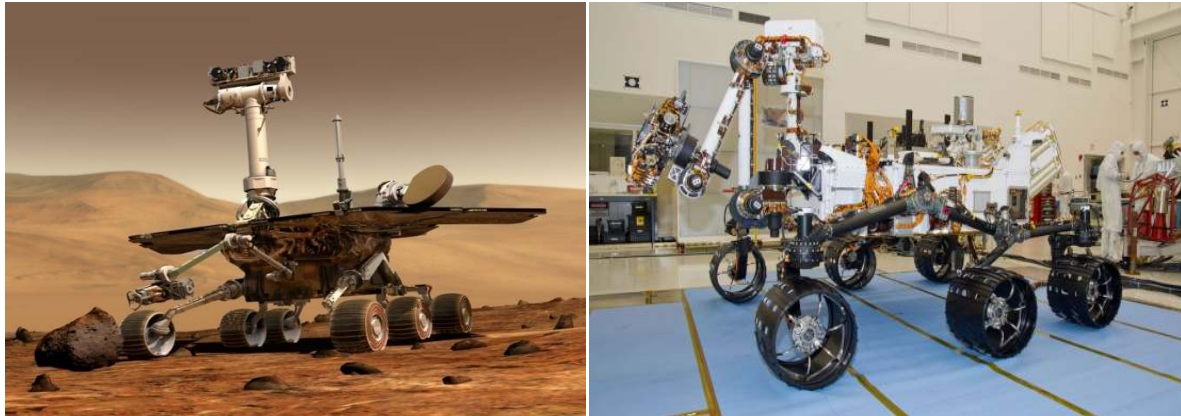
c. robocup

Figure I.4 développement de la robotique mobile

Dupuis 2000 : Exploration :

2003 : Projet "Mars Exploration Rover" (Spirit & Opportunity).

2009 : Projet "Mars Science Laboratory" succédant au projet Rover, envoi prévu de Curiosity fin 2011.



a. Robot Spirit (image d'artiste)

b. Robot Curiosity

Figure I.5 Robots d'exploration planétaires

2000 : Lancement d'Asimo, par HONDA.

Diversification des compétitions de robotique.

Utilisation de drones en situation réelle.

2006 : le projet Aibo n'est plus assez rentable, fin de la production.

2009 : robot Nao utilisé dans la Robocup Soccer.



a. Robot Nao et Aibo

b. Asimo

c. robot Nao

Figure I.6 Les robots de dernières années

I.1.2 Définitions

Un robot est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) accomplissant automatiquement soit des tâches qui sont généralement dangereuses, pénibles, répétitives ou impossibles pour les humains, soit des tâches plus simples mais en les réalisant mieux que ce que ferait un être humain. [1]

Un appareil automatique qui peut effectuer des fonctions normalement effectués par des humains. « Traduit du dictionnaire Webster's »

Appareil automatique capable de manipuler des objets ou d'exécuter des opérations selon un programme fixe ou modifiable. « Petit Larousse »

Un manipulateur reprogrammable multifonctionnel conçu pour déplacer des matériaux, des outils, des pièces ou des composants spécialisés à travers une série de mouvements programmés pour effectuer une tâche précise. « Robot Institut de robotique d'Amérique, 1979 »

Manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent, à plusieurs degrés de liberté, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des dispositifs spécialisés, au cours de mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches. Il a souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment, un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances. Ces machines polyvalentes ont généralement été étudiées pour effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées à d'autres fonctions sans modification permanente du matériel. « AFNOR Association Française de Normalisation »

I.1.3 Les lois de la robotique

Les Trois lois de la robotique, formulées par l'écrivain de science fiction de Isaac Asimov, sont des règles auxquelles tous les robots qui apparaissent dans sa fiction obéissent [4]:

1. Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni, en restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger.

2. Un robot doit obéir aux ordres que lui donne un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la Première loi.

3. Un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la Première ou la Deuxième loi.

I.2 Les robots mobiles

I.2.1 Présentation générale sur les robots mobile

Un robot mobile est la combinaison de composants matériels (mécanique, hardware) et immatériels (logiciels).

Les robots mobiles ont une place particulière en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité qui ouvre des applications dans de nombreux domaines. Comme les robots manipulateurs, ils sont destinés à assister l'homme dans les tâches pénibles (transport de charges lourdes), monotones ou en ambiance hostile (nucléaire, marine, spatiale, lutte contre l'incendie, surveillance...).

L'aspect particulier de la mobilité impose une complexité technologique et méthodologique qui s'ajoute en général aux problèmes rencontrés par les robots manipulateurs. La résolution de ces problèmes passe par l'emploi de toutes les ressources disponibles tant au niveau technologique (capteurs, motricité, énergie) qu'à celui du traitement des informations par l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle ou de processeurs particuliers (vectoriel, cellulaires).

L'autonomie du robot mobile est une faculté qui lui permet de s'adapter ou de prendre une décision dans le but de réaliser une tâche malgré un manque d'informations préliminaires ou éventuellement erronées. Dans d'autres cas d'utilisation, comme celui des véhicules d'exploration de planètes, l'autonomie est un point fondamental puisque la télécommande est alors impossible par le fait de la durée du temps de transmission des informations.

I.2.2 Classification des Robots Mobiles

On peut classer les robots mobiles selon leur degré d'autonomie, système de locomotion, leur domaine d'application :

I.2.2.1 Classification selon le degré d'autonomie

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

- Véhicule télécommande par un opérateur Ces robots sont commandés par un opérateur qui leurs impose chaque tache élémentaire à réaliser.
- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser Le véhicule contrôle automatiquement ses actions.
- Véhicule semi-autonome Ce type de véhicule réalise des tâches prédéfinies sans l'aide de l'opérateur.
- Véhicule autonome Ces derniers réalisent des tâches semi-définies.

I.2.2.2 Classification selon le type de locomotion

I.2.2.2.1 Les robots mobiles à roues

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

- A) Robots à roues différentielles : Un robot à roues différentiel 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.

CIR : Centre Instantané de Rotation

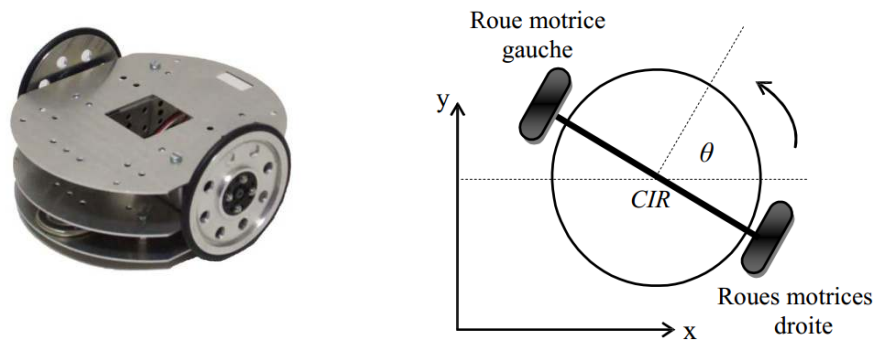


Figure I.7 Robots à roues différentielles

B) Robots de type « tricycle » : équipés d'un essieu arrière fixe muni de deux roues non orientables et d'une roue avant centrée orientable.

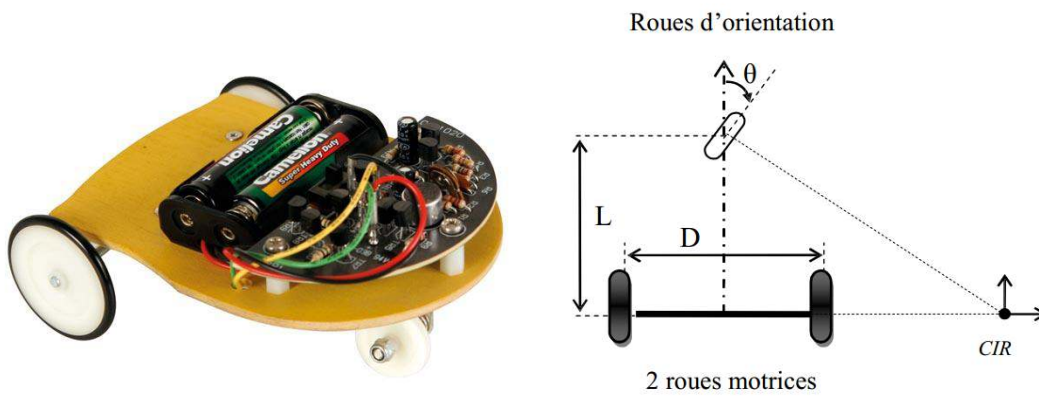


Figure I.8 Robot tricycle

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.

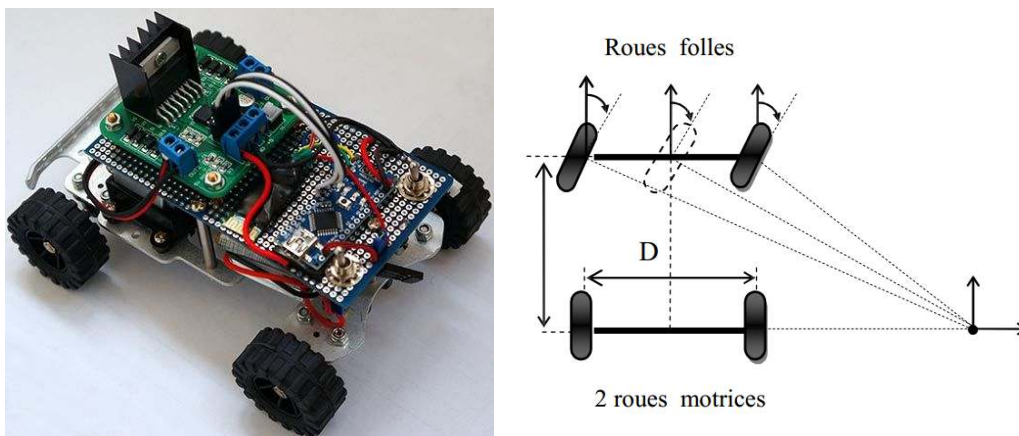


Figure I.9 Robot Voiture

- D) Robots à roues omnidirectionnelles : c'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 équilatérale

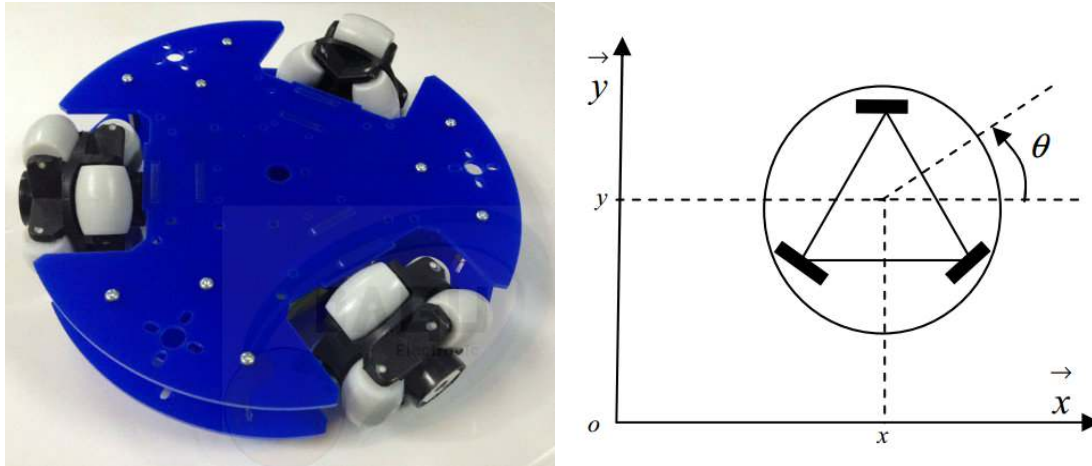


Figure I.10 Robot mobile omnidirectionnelles

I.2.2.2 Les robots mobiles à chenilles

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

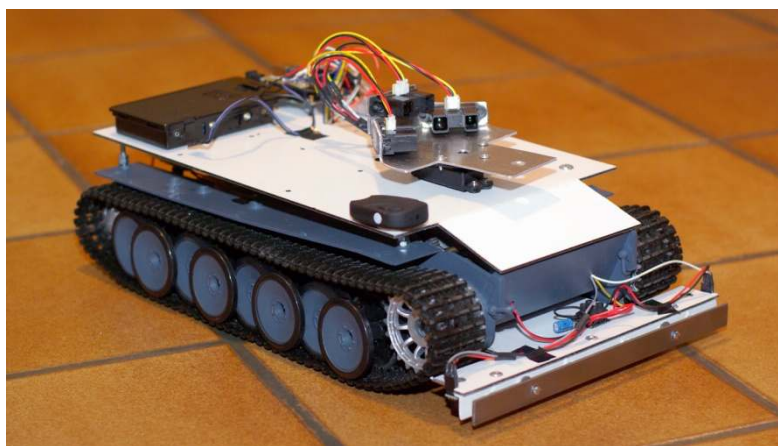


Figure I.11 Robot mobile à Chenilles

I.2.2.2.3 Les robots mobiles marcheurs

Les robots mobiles marcheurs sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès au site est difficile, dangereux ou impossible à l'homme. Leur anatomie à nombreux degrés de liberté permet un rapprochement avec les robots manipulateurs. La locomotion est commandée en termes de coordonnées articulaires. Les méthodes de commande des articulations définissent le concept d'allure qui assure le déplacement stable de l'ensemble. Les différentes techniques étudiées se rapprochent de la marche des animaux et notamment de celle des insectes.

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

A) Robot humanoïde :

Un robot humanoïde est un robot avec la forme du corps qui ressemble construit à celle du corps humain. Une conception humanoïde pour des buts fonctionnelle, telles que l'interaction avec les outils et les environnements humains, à des buts expérimentales, telles que l'étude de la locomotion bipède, ou autres pour des raisons pratiques. En général, les robots humanoïdes ont un torse, une tête, deux bras et deux jambes.

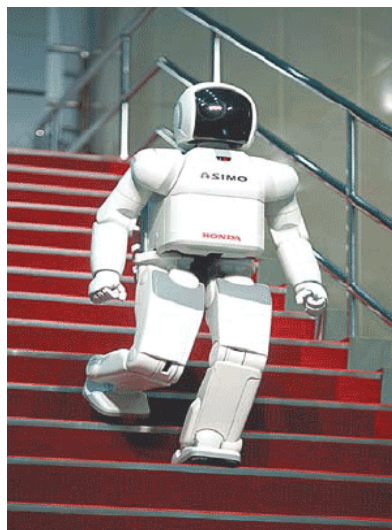


Figure I.12 Robot hexapode (Asimo)

B) 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.



Figure I.13 Robot hexapode

I.2.2.2.4 Les robots mobiles rampants

Les techniques utilisées ressemblent à des méthodes de locomotion des animaux rampants (comme les serpents), ils sont utilisés dans des environnements de type tunnel ou des endroits restreints, leur système est composé d'un ensemble de modules ayant plusieurs mobilités.



Figure I.14 Robot Rampant

I.2.2.3 Classification selon leur domaine d'application

Industrie nucléaire :	<ul style="list-style-type: none"> - surveillance de sites - manipulation de matériaux radio-actifs - démantèlement de centrales
Sécurité civile	<ul style="list-style-type: none"> - neutralisation d'activité terroriste - déminage - pose d'explosif - surveillance de munitions
Militaire	<ul style="list-style-type: none"> - surveillance, patrouille - pose d'explosifs - manipulation de munitions
Chimique	<ul style="list-style-type: none"> - surveillance de site - manipulation de matériaux toxiques
Médecine	<ul style="list-style-type: none"> - assistance d'urgence - aide aux handicapés physiques, aux aveugles
Lutte contre l'incendie	<ul style="list-style-type: none"> - assistance d'urgence - aide aux handicapés physiques, aux aveugles
Sous-marine	<ul style="list-style-type: none"> - pose de câbles - recherche de nodules - recherche de navires immergés - inspection des fonds marins
Agricole	<ul style="list-style-type: none"> - cueillette de fruits - traite, moisson, traitement des vignes...
Construction BTP	<ul style="list-style-type: none"> - projection mortier - lissage du béton
Espace	<ul style="list-style-type: none"> - exploration
Industriel	<ul style="list-style-type: none"> - convoyage - surveillance

Tableau I.1 Domaines d'utilisation des robots mobiles

I.2.3 Composants et architecture des robots mobiles

I.2.3.1 Composants fonctionnels

Les composants fonctionnels qui constituent la base d'un système robotisé sont [3] :

Mécanismes: Système de corps articulés disposant d'une haute mobilité.

Actionneurs: Générateurs d'actions mécaniques pour mettre le mécanisme en mouvement.

Capteurs: Mesure de l'état du système mécanique et extraction d'informations

Relatives à la tâche et l'environnement dans lequel elle est réalisée.

Système de contrôle: Ensemble électronique pour la commande des actions à partir d'informations capteurs.

Interface de programmation: Système de communication entre l'opérateur et la Machine ou entre les machines (Interface graphique, interface de téléopération, langage structure, etc ...).

I.2.3.2 Technologie des constituants

Les éléments technologiques sur la base desquels les systèmes robotiques sont élaborés peuvent être classés plusieurs grandes catégories [3] :

Mécanismes: Corps rigides articulés par des liaisons mécaniques selon différentes topologies.

Actionneurs: Convertisseur d'énergie primaire en énergie mécanique (actionneurs électriques, pneumatiques, hydrauliques, piézoélectriques, électrostatiques...).

Capteurs: Capteurs proprioceptifs (position, vitesse, accélération), capteurs extéroceptifs (force, vision, télémétrie, tactile, sonores . . .).

Contrôleurs: Régulateurs d'énergie primaire, interfaces capteurs (traitement du signal et numérisation), bus de communication (VME, CAN, Internet).

Interface homme machine: Langage symbolique, langage structure, COA robotique, contrôle d'exécution et d'aide à la décision, interfaces de télé-opération.

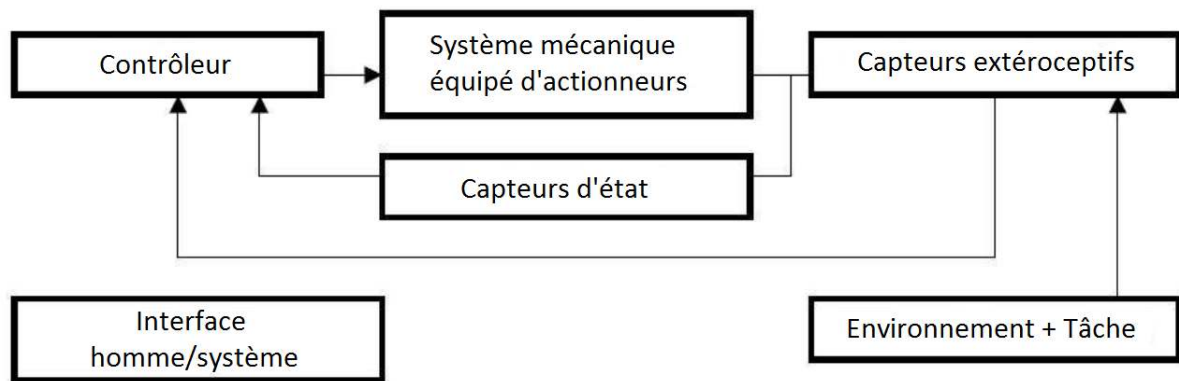


Figure I.15 Architecture générale d'un système robotique

I.2.3.3 Architecture des robots mobiles

L'architecture des robots mobiles se structure en quatre éléments :

- La structure mécanique et la motricité
- Les organes de sécurité
- Le système de traitement des informations et gestion des tâches.
- Le système de localisation.

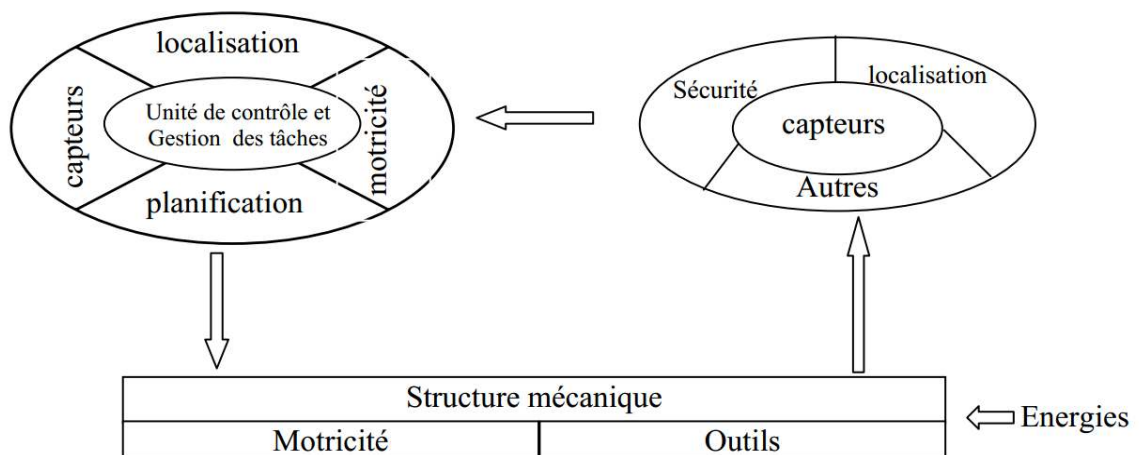


Figure I.16 Architecture d'un robot mobile

A) La structure mécanique et la motricité

il y a plusieurs types de structures mécaniques assurant la motricité : (les mobiles à roues, les mobiles à chenilles, Les mobiles marcheurs, les robots rampants...)

B) Les organes de sécurité

Un robot, selon la tâche qui lui est confiée, peut être amené à travailler au voisinage du personnel. A ce titre, il est obligatoire qu'il soit doté d'organes garantissant la sécurité. Des capteurs sont disponibles tout autour du mobile afin de détecter un obstacle sur un domaine le plus étendu possible.

C) Traitement des informations et gestion des tâches

L'ensemble de traitement des informations et gestion des tâches constitue le module information central qui établit les commandes permettant au mobile de réaliser un déplacement et d'activer les divers organes en accord avec l'objectif.

D) Le système de localisation

Les techniques de localisation employées sont de deux types :

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

On va expliquer chacune dans le deuxième chapitre.

I.2.4 La Navigation des Robot Mobile

La navigation est une étape très importante en robotique mobile, elle permet une large autonomie à un robot mobile. Le système de navigation comporte plusieurs modules qui peuvent être traités différemment et parmi lesquels on distingue celui de la localisation et celui de l'évitement d'obstacles.

Lorsque le véhicule navigue dans un milieu parfaitement connu et non évolutif, sa trajectoire peut être prédéterminée hors ligne. Dans le cas où la navigation s'effectue dans un environnement connu mais dans lequel peuvent apparaître des obstacles imprévus, des capteurs spécifiques doivent être utilisés pour contrôler en temps réel l'espace navigable et fournir les mesures nécessaires pour modifier en ligne la trajectoire du véhicule. Dans un milieu mal connu, la trajectoire doit être planifiée en ligne grâce à un système de perception extéroceptif capable de construire simultanément un modèle de l'espace navigable. Ce dernier type de tâche implique pour le véhicule des capacités décisionnelles qui peuvent être éventuellement complétées par l'intervention d'un opérateur humain [2].

La complexité de la méthode de navigation mise en œuvre sur un robot mobile dépend donc de l'environnement dans lequel il doit évoluer (milieu intérieur ou environnement naturel, sol plan ou irrégulier, milieu terrestre, sous-marin ou spatial...). Elle dépend également de la connaissance de cet environnement qui peut être figé ou évolutif et du mode de définition de la trajectoire (apprentissage préalable, planification en ligne...). Les performances du système de navigation sont étroitement liées à la précision, à la fiabilité et au temps de réponse des capteurs et des méthodes mis en œuvre pour localiser le véhicule.

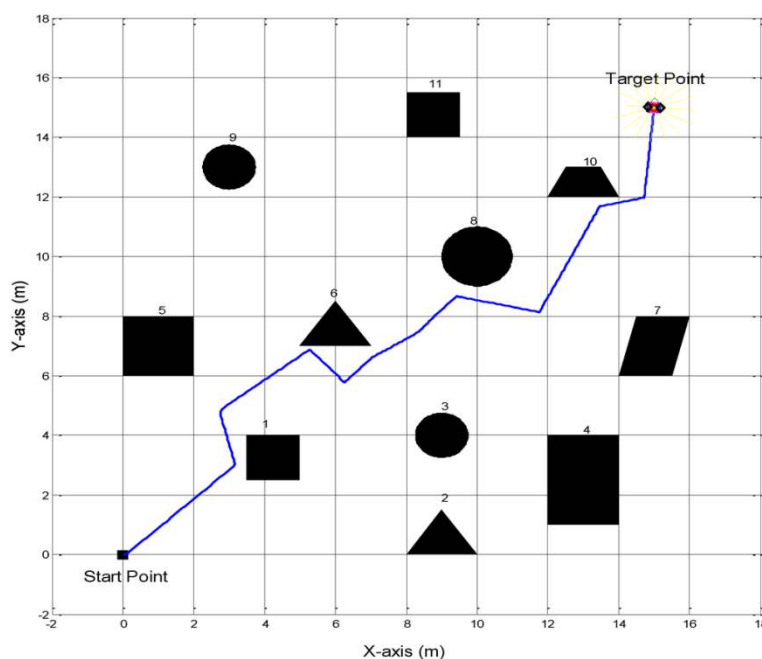


Figure I.17 Navigation d'un robot mobile dans un environnement plein d'obstacles

Dans notre travail on s'intéresse beaucoup à la localisation qui aide le robot dans la navigation. On a choisi de réaliser un système de localisation permettant au robot de se mouvoir de manière autonome (sans intervention humaine) dans un milieu partiellement connu. Cette étude d'un cas simple de robotique fera ressortir les difficultés posées par la mise au point de mécanismes d'automatisation nettement plus sophistiqués, à savoir : le choix des capteurs, leur positionnement et la localisation du mobile. La détection et l'évitement des obstacles est l'étape fondamentale de l'évolution d'un robot en territoire inconnu.

I.2.5 La robotique et l'intelligence artificielle

La robotique est une branche de l'intelligence artificielle concernée par l'étude des systèmes automatiques capables d'interagir directement avec le monde physique. C'est une automatisation de ses machines, ou l'objectif est d'augmenter les capacités de localisation et de navigation dans son espace de travail [5].

I.2.5.1 Intelligence Artificielle (IA) :

L'intelligence artificielle est la reproduction, par des moyens artificiels de toutes les formes de l'intelligence humaine pour un objectif final, qui s'intéresse à la conception des systèmes intelligents. L'IA est la capacité à raisonner, à apprendre, et à s'adapter face à de nouveaux changements qu'ils sont des éléments principaux que nous recherchons.

I.2.5.2 Les outils d'exécution de l'IA dans le robot :

L'intelligence Artificielle d'un robot se résume à un ensemble de programmes préalablement écrits avec un ordinateur [6] :

- les programmes s'exécutant sur les robots sont écrits avec un langage de programmation (exemples : C++, Java, ...).
- ils s'exécutent grâce au contrôleur et à la mémoire du robot.
- ils prennent en entrée les informations obtenues par les capteurs et en sortie envoient des ordres aux effecteurs.

I.2.5.3 Types de programmes d'IA utilisées dans la robotique :

L'intelligence Artificielle d'un robot permet par exemple :

- analyse d'images.
- localisation et navigation.
- gestion des interactions : interfaces, communication...
- planification et prise de décision.
- contrôle d'exécution des tâches.

I.2.5.4 Domaines d'application d'IA dans la robotique :

Un grand nombre de disciplines scientifiques sont concernées par la mise en place de robots [6] :

- automatique : calibrage des capteurs, des effecteurs ...
- électronique : mise en place de composants pour les robots.
- informatique : création de programmes destinés aux robots.
- mathématiques : modèles pour la prise de décision ou/et l'apprentissage, le calcul de trajectoires, la localisation ...
- sciences cognitives : interactions homme-machine, machine-machine, prise de décision ...
- physique : cinématique des robots, navigation,

I.3 Conclusion

Nous avons présenté, dans ce chapitre une récapitulation sur l'historique de la robotique, les définitions d'un robot et les lois de la robotique, nous avons décrit des robots mobile et leurs classifications (degré d'autonomie, locomotion et les domaines d'applications), et ensuite on a cité les composants fonctionnels et la technologie des constituants d'un robot mobile et son architecture, la navigation et les problèmes l'analyse de l'environnement et la complexité de la navigation d'un robot mobile et enfin l'utilisation de l'intelligence artificielle en robotique.

Le chapitre prochain concerne les différentes méthodes de localisation utilisée en robotique mobile.

Chapitre II

La localisation en robotique mobile

II.1 Introduction

Le problème de localisation en robotique mobile consiste à déterminer la posture (position et orientation) d'un robot mobile dans son environnement. Malheureusement, la posture d'un robot ne peut pas être mesurée directement. En effet, les robots ne possèdent pas de capteurs parfaits permettant de déterminer directement leur posture. On notera que le GPS est un système permettant de mesurer directement la position. Cependant ce système n'est pas parfait (précision de l'ordre du mètre) et est difficilement exploitable en milieu clos (intérieur de bâtiments, forêts...). Partant du principe qu'une seule donnée capteur ne peut pas permettre une localisation efficace, le problème de localisation consiste alors à traiter des données de natures différentes (mesures de différents capteurs, utilisé plusieurs balises...) afin de déterminer la posture d'un robot.

Ce chapitre est une introduction au domaine de la localisation en robotique mobile. La problématique de la localisation et l'intérêt de la connaissance de la position et de l'orientation du robot par rapport à son environnement y sont présentés. Les différentes approches de localisation ainsi que les capteurs associés.

II.2 La localisation d'un Robot mobile

Quel que soit le domaine d'application pour lequel il est destiné, un robot mobile, pour être utilisable, doit comporter un système permettant un certain niveau d'autonomie dans la localisation et la navigation. Pour schématiser, il doit être capable de répondre à trois types de questions : « où suis-je ? », « où vais-je ? » et « comment y aller ? ». La première question soulève le problème de la localisation. Les deux autres sont liées à la planification de trajectoire et à la navigation proprement dite. La bonne exécution des deux dernières tâches est fortement liée à la première.

Cette étude se restreint au robot mobile navigant sur un plan (2-D), ce qui englobe une très large partie des systèmes existants. Localiser le robot revient alors à déterminer trois paramètres : deux coordonnées cartésiennes pour la position et un angle pour l'orientation. 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 (Figure II.1).

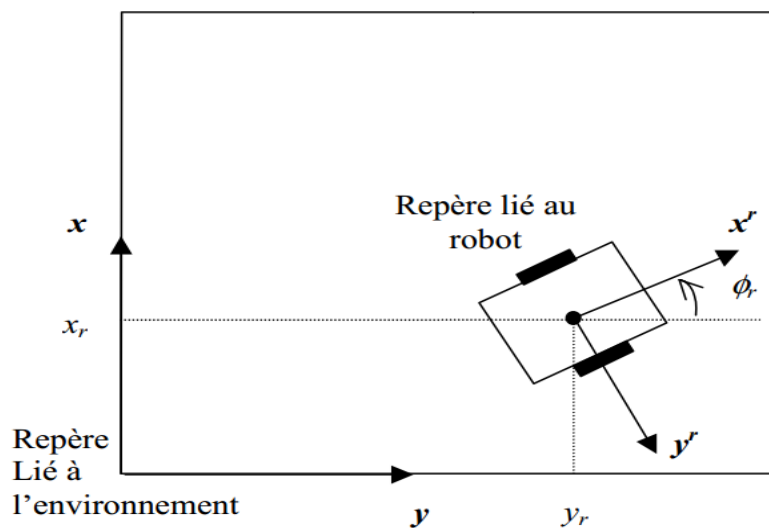


Figure II.1 formalisme du problème de localisation d'un robot mobile

Plusieurs techniques et méthodes ont été développées pour assurer la connaissance exacte et de façon autonome de la position d'un robot mobile dans son environnement. A ce jour, ces techniques peuvent être regroupées en deux catégories principales : les méthodes de localisation relatives et les méthodes de localisation absolue.

II.3 les Méthodes localisation

La localisation instantanée est un des points les plus importants et les plus délicats des robots mobiles. Elle permet de définir le positionnement [2]:

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

Plusieurs techniques et méthodes ont été développées pour assurer la connaissance exacte et de façon autonome de la position d'un robot mobile dans son environnement. A ce jour, ces techniques peuvent être regroupées en deux catégories principales [7] :

- les méthodes de localisation relatives.
- les méthodes de localisation absolue.

II.3.1 La localisation relative

Localisation relative consiste à évaluer la position, l'orientation, et éventuellement la vitesse du robot mobile par intégration des informations fournies par des capteurs dits proprioceptifs. L'intégration se fait par rapport au point de départ du robot. Ces données peuvent être des informations de déplacement (odomètre), de vitesse (vélocimétrie) ou d'accélération (accéléromètre). Ces systèmes permettent d'obtenir un flux relativement important au niveau de l'obtention des estimations de position. Cette caractéristique intéressante a favorisé l'utilisation de ces systèmes de localisation en robotique mobile. L'inconvénient de ces méthodes par intégration réside dans l'accumulation des erreurs de mesure et de calcul. Une telle technique n'est en général pas utilisée seule.

La vélocimétrie est une méthode qui consiste à mesurer directement la vitesse du véhicule et à l'intégrer pour obtenir le déplacement, le calcul de la position est effectué alors par double intégration de ces informations.

II.3.1.1 Les odomètres

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

Les odomètres sont généralement composés de codeurs incrémentaux qui permettent de mesurer les angles de rotation avec une précision qui dépend de la résolution du codeur. L'information de déplacement nécessitera la connaissance du diamètre des roues, de l'entraxe des roues, de la structure mécanique et cinématique du véhicule.

Ce capteur est fortement utilisé en robotique mobile puisqu'il présente l'avantage d'être simple à mettre en œuvre et surtout d'être peu coûteux [8].



Figure II.2 Odomètre (MG-10MC)

II.3.1.2 Les accéléromètres

L'accéléromètre est un capteur qui mesure l'accélération linéaire en un point donné. En pratique, la mesure de l'accélération est effectuée à l'aide d'une masse d'épreuve M , de masse m , reliée à un boîtier du capteur. Le principe de ce capteur est de mesurer l'effort massique non gravitationnel qu'on doit appliquer à M pour le maintenir en place dans le boîtier lorsqu'une accélération est appliquée au boîtier. Le calcul du déplacement élémentaire du robot est obtenu par double intégration de ces informations. Cette double intégration conduit généralement à des accumulations importantes d'erreurs [8].

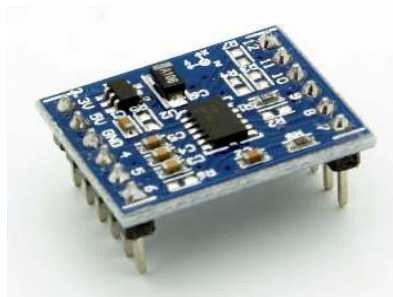


Figure II.3 3-Axes Accéléromètre (MMA7361)

II.3.1.3 Le radar Doppler

A) L'effet Doppler

L'effet Doppler ou effet Doppler-Fizeau est le décalage de fréquence d'une onde (onde mécanique, électromagnétique, etc...) entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. Si on désigne de façon générale ce phénomène physique sous le nom d'effet Doppler, on réserve le terme d'« effet Doppler-Fizeau » aux ondes électromagnétiques [10].

B) Le radar Doppler

Le radar Doppler fournit une estimation instantanée de la vitesse linéaire d'une plate-forme mobile par rapport à un objet de la scène en se basant sur l'effet Doppler-Fizeau. Le principe est de diriger un faisceau électromagnétique de fréquence F vers le sol.

Le faisceau reçu après rediffusion sur le sol présente un décalage de fréquence ΔF proportionnel à la vitesse V du déplacement relatif du véhicule par rapport au sol.

L'intégration de la mesure de vitesse fournira une estimation du déplacement du mobile.

Ce capteur est le plus souvent utilisé en milieu extérieur. Il présente le gros avantage d'être insensible aux glissements des roues ou des chenilles du mobile. En revanche, sa précision se dégrade rapidement avec la diminution de la vitesse. De plus il est généralement lourd à mettre en œuvre, tant du point de vue électronique que du point de vue du traitement des informations reçues [8].



Figure II.4 Wireless radar Doppler (HB100)

II.3.1.4 Le gyroscope

Les gyroscopes permettent de mesurer une variation angulaire. Ils sont intéressants en robotique mobile parce qu'ils peuvent compenser les défauts des odomètres. Une erreur d'orientation odométrique peut entraîner une erreur de position cumulative qui peut être diminuée voire compensée par l'utilisation conjointe de gyroscopes.

Les gyroscopes très précis sont trop onéreux pour être utilisés en robotique mobile. Cependant, les gyroscopes à fibre optique, connus pour leur grande précision, ont vu leur prix chuter et sont donc devenus une solution attractive pour la navigation en robotique mobile.

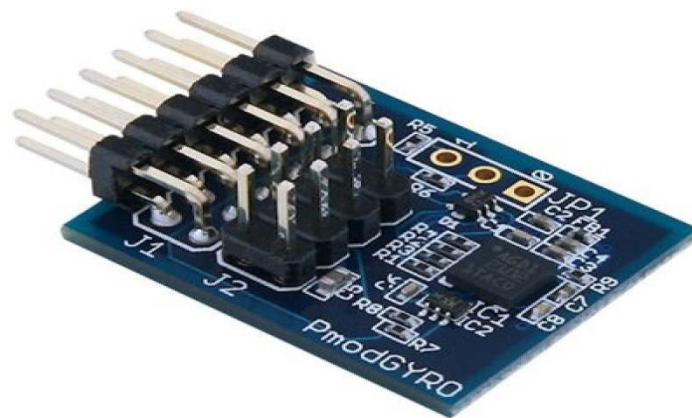


Figure II.5 3-Axes Gyroscope (PmodGYRO L3G4200D)

II.3.2 La localisation absolue

La localisation absolue est une technique qui permet à un robot de se repérer directement dans son milieu d'évolution, que ce soit en environnement extérieur (mer, terre, espace), ou en environnement intérieur (ateliers, immeubles, centrales nucléaires....). Ces méthodes de localisation sont basées sur l'utilisation de capteurs extéroceptifs, elles assurent la mesure de la position et de l'orientation du mobile à tout instant. Ces méthodes sont nombreuses et variées.

Dans certains cas, leur emploi nécessite des contraintes qui ne sont pas toujours compatibles avec la mobilité du robot.

Pour répondre à la problématique qu'est la localisation d'un robot dans son environnement, deux types de stratégies sont utilisables :

- La première consiste à utiliser des points de repère naturels : Les repères artificiels sont des balises caractéristiques qui sont ajoutées au milieu d'évolution du robot et dont les positions sont connues, l'inconvénient de ce type de techniques réside essentiellement dans son manque de souplesse et dans sa lourdeur d'utilisation.

En effet tout changement de configuration de l'environnement impliquera une remise en cause du réseau de balises. En revanche cette technique a le gros avantage d'être précise, robuste et surtout de satisfaire la contrainte temps réel.

- La deuxième à utiliser des points de repères artificiels : Cette technique consiste à utiliser les éléments caractéristiques de l'environnement pour estimer la position du robot, l'intérêt de ces méthodes est leur souplesse d'utilisation puisqu'elles ne nécessitent pas d'aménager le milieu d'évolution du robot.

La localisation absolue nécessite toujours une représentation de l'environnement, le robot possède donc une banque de données regroupant les caractéristiques des références externes qui est appelée carte de l'environnement.

II.3.2.1 Localisation par des capteurs extéroceptifs

Les capteurs extéroceptifs permettent de percevoir le milieu d'évolution du robot, le fonctionnement de ces capteurs utilisés classiquement en robotique mobile est présenté dans les sections suivantes :

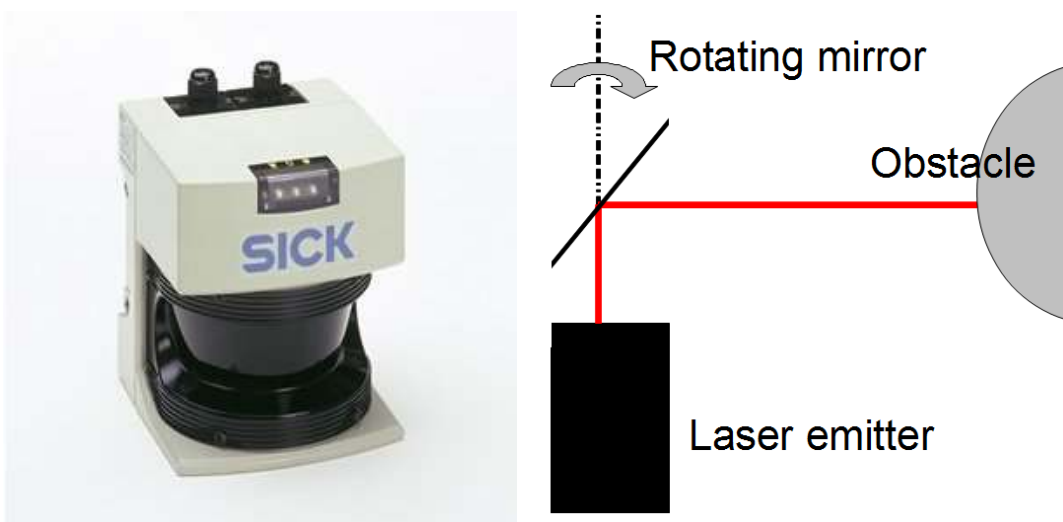
Les lasers d'abord puis les capteurs à infrarouge sont introduits, les capteurs à ultrasons sont ensuite développés plus abondamment. En effet, en raison de leur coût faible par rapport aux autres capteurs.

Les capteurs extéroceptifs embarqués servent pour les actions suivantes :

- vérification et amélioration de la trajectoire suivie par le robot.
- mesure des interactions entre le robot et l'environnement
- perception de l'environnement.
- prévention et sécurité.

II.3.2.2.1 les télémètres laser :

Les télémètres laser sont à ce jour le moyen le plus répandu en robotique mobile pour obtenir des mesures précises de distance, leur principe de fonctionnement est le suivant: a un instant donné une impulsion lumineuse très courte est envoyée par l'intermédiaire d'une diode laser de faible puissance, la réflexion de cette onde donne un écho qui est détecté au bout d'un temps proportionnel à la distance capteur obstacle. La direction des impulsions est modifiée par rotation d'un miroir.



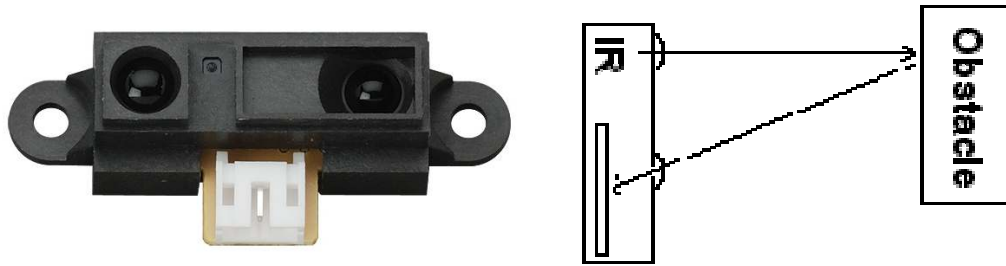
a) Exemple de télémètre laser (SICK)

b) Fonctionnement de télémètre laser

Figure II.6 Télémètre Laser

II.3.2.2.2 Les capteurs infrarouge

Les capteurs infrarouges sont constitués d'un ensemble émetteur/récepteur fonctionnant avec des radiations non visibles, dont la longueur d'onde est juste inférieure à celle du rouge visible, la mesure des radiations infrarouges étant limitée et, en tout état de cause, la qualité très dégradé d'un mètre, ces dispositifs ne servent que rarement de télémètres, on les rencontrera le plus souvent comme détecteurs de proximité, Ou dans un mode encore plus dégradé de présence.



a) Exemple d'un capteur infrarouge b) Principe émié et reçu capteur infrarouge

Figure II.7 Capteur infrarouge (IR)

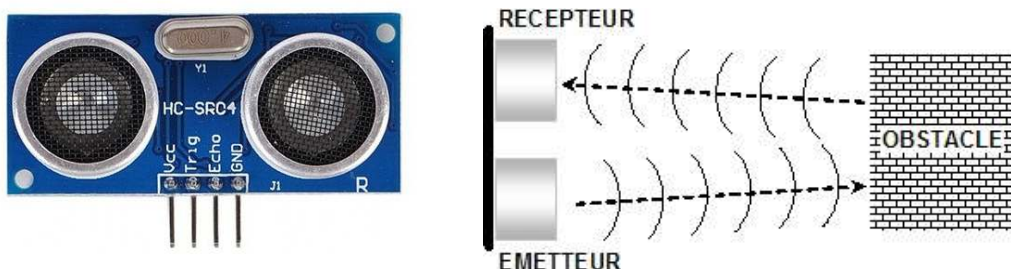
II.3.2.2.3 Les capteurs ultrason

Contrairement aux autres types de capteurs, ceux-ci émettent une onde qui se propage dans l'air (le plus souvent). Cela augmente beaucoup le temps d'acquisition, la vitesse du son étant très faible devant celle de la lumière. En revanche, la mesure par temps de vol est ici aisée avec une électronique simple.

L'atténuation de l'onde est importante dans ce milieu : les distances mesurées restent faibles (quelques dizaines de mètres) mais suffisantes en intérieur. Deux caractéristiques principales sont à préciser :

La première est la réflexion de l'onde sur un objet qui utilise les lois de Descartes.

La deuxième découle du fonctionnement du capteur en émetteur-récepteur.



a) Exemple d'un capteur ultrason b) Principe émié et reçu capteur ultrason

Figure II.8 Capteur Ultrason (US)

II.3.2.2.4 Les Balises à laser

Le principe consiste à faire tourner un laser à vitesse constante et connue avec précision sur le dessus du robot. Les balises sont alors équipées de photodiodes (adaptées au laser utilisé) afin de détecter le passage du laser. Lorsqu'une balise détecte le passage du laser, elle renvoie alors l'information au système de localisation (situé sur le robot) qui peut alors déduire les angles entre les balises.

On peut également déterminer l'orientation du robot si l'on est capable de connaître l'angle entre une balise et l'avant du robot, ce qui revient à être capable de connaître à tout instant l'orientation du laser par rapport à l'avant du robot [11].



Figure II.9 Capteur de distance a balayage laser

II.3.2.2 Localisation par vision artificielle

Chez l'humain, la vision est le sens qui transmet le plus d'informations au cerveau, elle nous fournit une grande quantité de données en provenance de l'environnement et nous permet d'entreprendre une interaction intelligente avec les environnements dynamiques (éviter d'obstacles mobiles, rendez-vous avec autres agents mobiles. . .). De ce fait, il n'est pas surprenant de trouver une grande quantité de recherches sur le développement de capteurs qui essaient d'imiter le système visuel humain. De plus, les capteurs visuels utilisés par les robots intelligents doivent avoir les mêmes sensibilités et réponses à la lumière que notre système de vision.

En robotique, au cours des deux dernières décennies, les innovations technologiques concernant la fabrication de caméras et l'évolution des ordinateurs ont permis d'intégrer des systèmes complexes de vision dans les systèmes embarqués, que ce soit sur des robots mobiles pour la navigation autonome ou sur des véhicules pour l'aide à la conduite. La vision artificielle revêt une importance toute particulière car elle permet de fournir à la machine les capacités nécessaires pour réagir avec son environnement, elle fournit les représentations à partir desquelles le robot prend des décisions.

Les systèmes de vision en robotique sont basés sur l'utilisation d'une caméra CCD. L'arrivée des capteurs CCD (Charge Coupled Device), en 1975, a été déterminante dans l'évolution de la vision : la rapidité d'acquisition, la robustesse et la miniaturisation sont autant d'avantages qui ont facilité leur intégration. Les systèmes de vision sont très performants en termes de portée, précision et quantité d'informations exploitables. Ils sont de plus les seuls capables de restituer une image sensorielle de l'environnement la plus proche de celle perçue par l'être humain.



Figure II.10 Camera CCD (Conrad BC-103 Sony)

Notre travail est basé sur l'utilisation de la localisation par vision, on veut déterminer le positionnement du robot au début par deux coordonnées (x,y) et par l'angle d'orientation en utilisant une caméra extérieure perpendiculaire à l'environnement ou se déplace le robot avec un programme de traitement vidéo.

L'environnement dans lequel le robot se déplace est partiellement connu et représenté par deux zones colorées sur le robot et une troisième couleur pour la position finale que nous voulons que le robot atteigne.

On peut présenter le processus de localisation par vision dans notre travail en quatre étapes qui sont :

- **Acquisition de l'information** : saisit d'une scène vidéo de l'environnement ou le robot se déplace.
- **Détection de couleurs** : Cette étape correspond généralement aux opérations de traitement d'image telles que le filtrage et la détection de la couleur qui nous permettent la détection des deux couleurs et donc le positionnement de robot et son objectif.
- **Extraction des coordonnées** : Trouver pour chaque couleur dans la scène la position en deux coordonnées(x,y).
- **Calcul de la position et de l'orientation du robot** : Se fait grâce aux correspondances établies dans l'étape précédente.

II.3.2.3 Localisation par la géo-positionnement (GPS)

Un des systèmes les plus connus de ces dernières années est le Système de Positionnement Global (GPS) du département de la défense des Etats-Unis qui exploite une constellation de vingt-quatre satellites en orbite à haute altitude. Chaque satellite détecte les récepteurs terrestres fixes ou mobiles qui se trouvent dans sa zone de visibilité et transmet à chacun, à période fixe, un signal contenant des informations telles que son identification, l'heure d'émission du signal et les paramètres définissant son orbite donc sa position.

Théoriquement, un récepteur doit être visible d'au moins trois satellites, pour pouvoir calculer sa position dans un repère centré sur la terre, en calculant l'intersection de trois sphère (trois cercles pour un système mobile au sol), de fait, pour tenir compte des décalages temporels entre les mesures fournies par les satellites, quatre mesures de distance entre le satellite et le récepteur sont requises pour disposer d'une précision satisfaisante [12].



Figure II.11 Module de réception GPS (LINX)

Ce système est cependant loin de résoudre tous les problèmes de localisation des systèmes mobiles. Il fonctionne en effet difficilement dans des environnements urbains, et n'est pas utilisable à l'intérieur des bâtiments car les ondes employées sont fortement atténuées en traversant les murs. Sa précision est de plus souvent trop faible pour qu'un système mobile terrestre puisse utiliser ces informations seules. En pratique, il est souvent couplé à un système inertiel qui permet de pallier aux pertes du signal GPS et il ne remplace de toute façon pas les capteurs du système mobile qui lui permettent de percevoir son environnement immédiat [13].

Mis à part son utilisation pour la localisation, ce système est aussi utilisé pour l'aide à la navigation d'avions et de bateaux lors de l'approche d'aéroports ou de ports, ainsi que dans la surveillance de camionnettes de livraison et de véhicules d'urgence, en vue de choisir au mieux leurs itinéraires.

II.4 Conclusion

Comme nous pouvons le constater, il existe de nombreuses méthodes et techniques pour localiser un robot mobile. En général ces méthodes et ces techniques sont divisées en deux familles, la localisation relative qui est basée sur l'utilisation des capteurs proprioceptifs (odomètre, accéléromètre, gyroscope ...) et la localisation absolue qui utilise les capteurs extéroceptifs (les capteurs ultrason, capteurs infrarouge, télémètres laser), la vision (camera) et la géo-positionnement (GPS). Aucune n'est actuellement universelle. Le choix de la technique est dicté par le type de tâche à réaliser.

Le chapitre suivant présente quelques notions sur la vision par ordinateur, ainsi que quelques techniques de traitement d'images.

Chapitre III

Généralités sur le traitement d'image

III.1 Introduction

Le traitement d'images est une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information.

Il s'agit d'un sous-ensemble du traitement du signal dédié aux images et aux données dérivées comme la vidéo (par opposition aux parties du traitement du signal consacrées à d'autres types de données : son et autres signaux monodimensionnels notamment), tout en opérant dans le domaine numérique (par opposition aux techniques analogique de traitement du signal, comme la photographie ou la télévision traditionnelles).

Dans le contexte de la vision artificielle, le traitement d'images se place après les étapes d'acquisition et de numérisation, assurant les transformations d'images et la partie de calcul permettant d'aller vers une interprétation des images traitées. Cette phase d'interprétation est d'ailleurs de plus en plus intégrée dans le traitement d'images, en faisant appel notamment à l'intelligence artificielle pour manipuler des connaissances, principalement sur les informations dont on dispose à propos de ce que représentent les images traitées.

La vision par ordinateur met en œuvre des caméras conventionnelles à champ de vue large ou des systèmes permettant d'acquérir des images bidimensionnelles ou tridimensionnelles. Elle décrit la géométrie et le traitement de ces images qui rendent possible l'utilisation de la vision dans de nombreuses applications, parmi lesquelles figure l'augmentation de l'autonomie perceptive des robots.

III.2 L'image numérique

Le terme image numérique désigne, dans son sens le plus général, toute image qui a été acquise, traitée et sauvegardée sous une forme codée représentable par des nombres (valeurs numériques).

La numérisation est le processus qui permet de passer de l'état d'image physique (tel que l'image optique) qui est caractérisée par l'aspect continu du signal qu'elle représente (une infinité de valeurs dans l'intensité lumineuse par exemple), à l'état d'image numérique qui est caractérisée par l'aspect discret (l'intensité lumineuse ne peut prendre que des valeurs quantifiées en un nombre fini de points distincts). C'est cette forme numérique qui permet une exploitation ultérieure par des outils logiciels sur ordinateur [14].

III.3 Types d'images numériques

III.3.1 Image binaire

Les images binaires codent l'information sur deux valeurs. Parmi les images numériques, les images binaires sont les plus simple, un pixel peut prendre uniquement les valeurs noir ou blanc (0,1). C'est typiquement le type d'image que l'on utilise pour scanner du texte quand celui-ci est composé d'une seule couleur.



Figure III.1 Image binaire

III.3.2 Image à niveau de gris

Le niveau de gris est la valeur de l'intensité lumineuse en un point. La couleur du pixel peut prendre des valeurs allant du noir au blanc en passant par un nombre fini de niveaux intermédiaires. Donc pour représenter les images à niveaux de gris, on peut attribuer à chaque pixel de l'image une valeur correspondant à la quantité de lumière renvoyée. Cette valeur peut être comprise par exemple entre 0 et 255. Chaque pixel n'est donc plus représenté par un bit, mais par un octet. Pour cela, il faut que le matériel utilisé pour afficher l'image soit capable de produire les différents niveaux de gris correspondant.

Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la " couleur " de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est important, plus les niveaux possibles sont nombreux.



Figure III.2 Image a niveau de gris

III.3.3 Image couleur

A) Principe

Une image couleur est en réalité composée de trois images, afin de représenter le rouge, le vert, et le bleu. Chacune de ces trois images s'appelle un canal. Cette représentation en rouge, vert et bleu mime le fonctionnement du système visuel humain.

La figure suivante montre la décomposition d'une image couleur en ses trois canaux constitutifs :

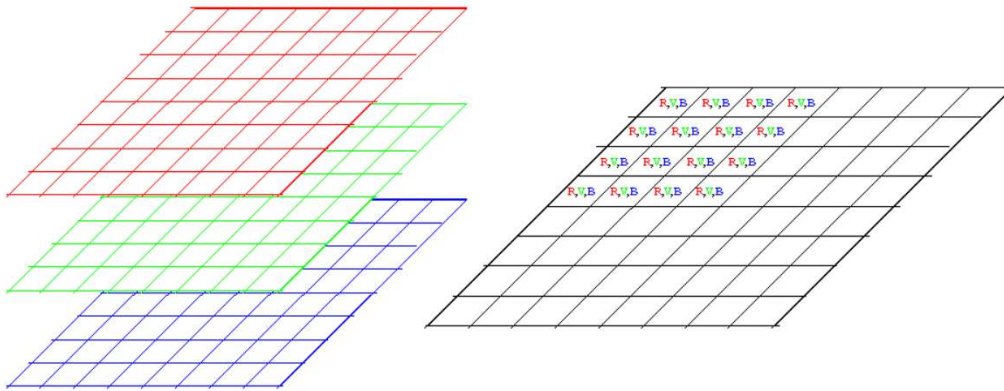


Figure III.3 Les canaux d'une image numérique couleur

B) Codage RVB

Chaque pixel de l'image couleur contient ainsi trois nombres (r,v,b) , chacun étant un nombre entier entre 0 et 255. Si le pixel est égal à $(r,v,b)=(255,0,0)$, il ne contient que de l'information rouge, et est affiché comme du rouge. De façon similaire, les pixels valant $(0,255,0)$ et $(0,0,255)$ sont respectivement affichés vert et bleu.

On peut afficher à l'écran une image couleur à partir de ses trois canaux (r,v,b) en utilisant les règles de la synthèse additive des couleurs. La figure suivante montre les règles de composition cette synthèse additive des couleurs. Un pixel avec les valeurs $(r,v,b)=(255,0,255)$ est un mélange de rouge et de vert, il est ainsi affiché comme jaune.

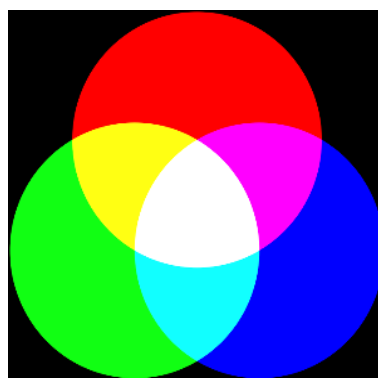


Figure III.4 Synthèse additive des couleurs

III.4 Vision assisté par ordinateur (VAO)

La vision nous permet de percevoir et d'interpréter le monde qui nous entoure. La VAO est un ensemble d'outils qui permet à l'ordinateur d'imiter la perception humaine afin d'extraire des informations d'une image brute pour pouvoir prendre des décisions. C'est un problème difficile en raison du fait que l'information disponible : des images 2D fournies par des capteurs (CCD, CMOS etc.), correspondent à une projection du monde 3D. La projection 3D-2D entraîne une perte d'informations importante, de plus, l'information disponible n'est pas parfaite (numérisation des capteurs, déformation des objectifs, bruitages). Nous pouvons alors dire que la VAO constitue une chaîne de traitements allant de l'acquisition de l'image brute jusqu'à son interprétation par la machine.

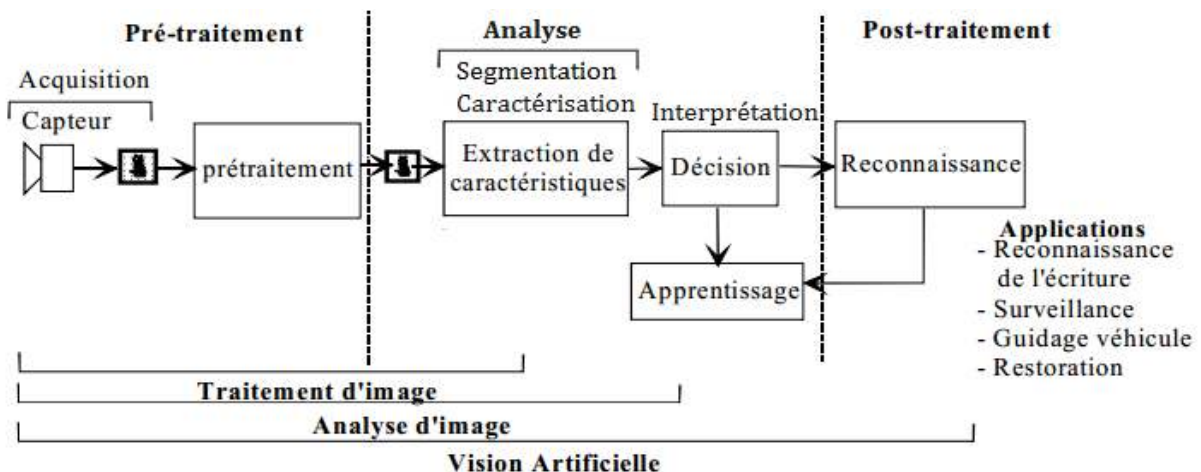


Figure III.5 La chaîne de la vision assisté par ordinateur (VAO)

III.4.1 Acquisition

Dans l'acquisition de l'image l'échantillonnage et la quantification sont deux étapes nécessaires dans le passage d'une image analogique vers une image numérique :

A) L'échantillonnage

L'échantillonnage est le procédé de discrétisation spatiale d'une image consistant à associer à chaque pixel une unique valeur. On parle de sous-échantillonnage lorsque l'image est déjà discrétisée et qu'on diminue le nombre de pixels.

III.4.2.2 L'amélioration

L'amélioration de l'image a pour but d'améliorer la visualisation des images. Pour cela, elle élimine/réduit le bruit de l'image et/ou met en évidence certains éléments (frontières, etc.) de l'image. Elle est souvent appliquée sans connaissance à priori des éléments de l'image.

Les principales techniques sont [15] :

- l'amélioration de contraste (la modification d'histogramme).
- le filtrage linéaire (lissage, mise en évidence des frontières avec l'opérateur "Image - Image lissée", etc.) et transformée de Fourier.
- filtrage non linéaire (filtres médians, etc.) pour éliminer le bruit sans trop affecter les frontières...

III.4.2.2.1 la modification d'histogramme

L'histogramme des niveaux de gris ou des couleurs d'une image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image.

Pour diminuer l'erreur de quantification ou pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents ou encore pour mesurer certaines propriétés de l'image, on modifie souvent l'histogramme correspondant.

L'histogramme permet de donner un grand nombre d'informations sur la distribution des niveaux de gris (couleur) et de voir entre quelles bornes est répartie la majorité des niveaux de gris (couleur) dans le cas d'une image trop claire ou d'une image trop foncée (Figure III.7).

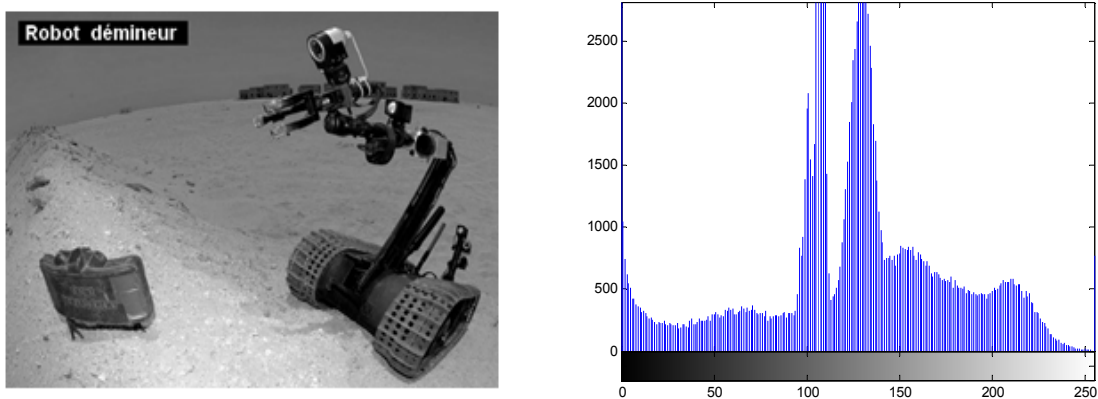


Figure III.7 Image et son histogramme

L'histogramme peut être utilisé pour améliorer la qualité d'une image (Rehaussement d'image) en introduisant quelques modifications, pour pouvoir extraire les informations utiles de celle-ci [17].

Parmi les méthodes qui sont base sur l'utilisation de l'histogramme pour améliorer l'image :

- Le Recadrage de dynamique.
- Egalisation d'histogramme.
- Mise en évidence de zones dans l'histogramme.

A) Le Recadrage de dynamique :

C'est une transformation des niveaux de gris de l'image afin que l'image utilise toute la dynamique valable pour la représentation, en d'autre termes si l'image et coder sur 8bit, les pixels de cette image on bien une valeur qui va de 0 jusqu'à 255 (Figure III.8) :

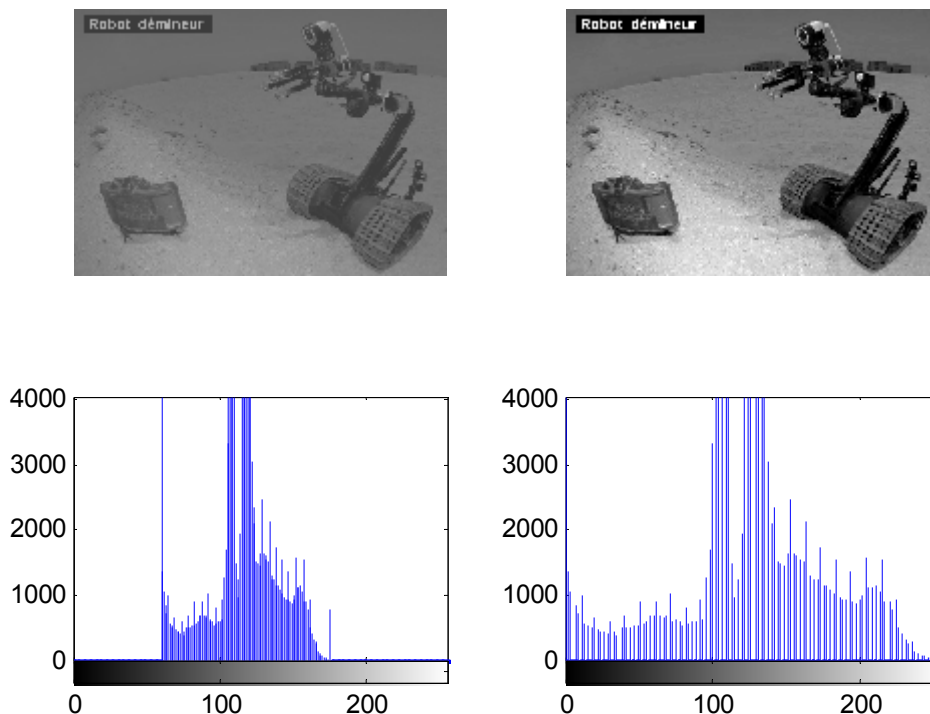


Figure III.8 Image avant et après le recadrage

B) Egalisation d'histogramme

Elle a pour but d'harmoniser la répartition des niveaux de luminosité de l'image, de telle manière à tendre vers un même nombre de pixel pour chacun des niveaux de l'histogramme. Cette opération vise à augmenter les nuances dans l'image (Figure III.9) :

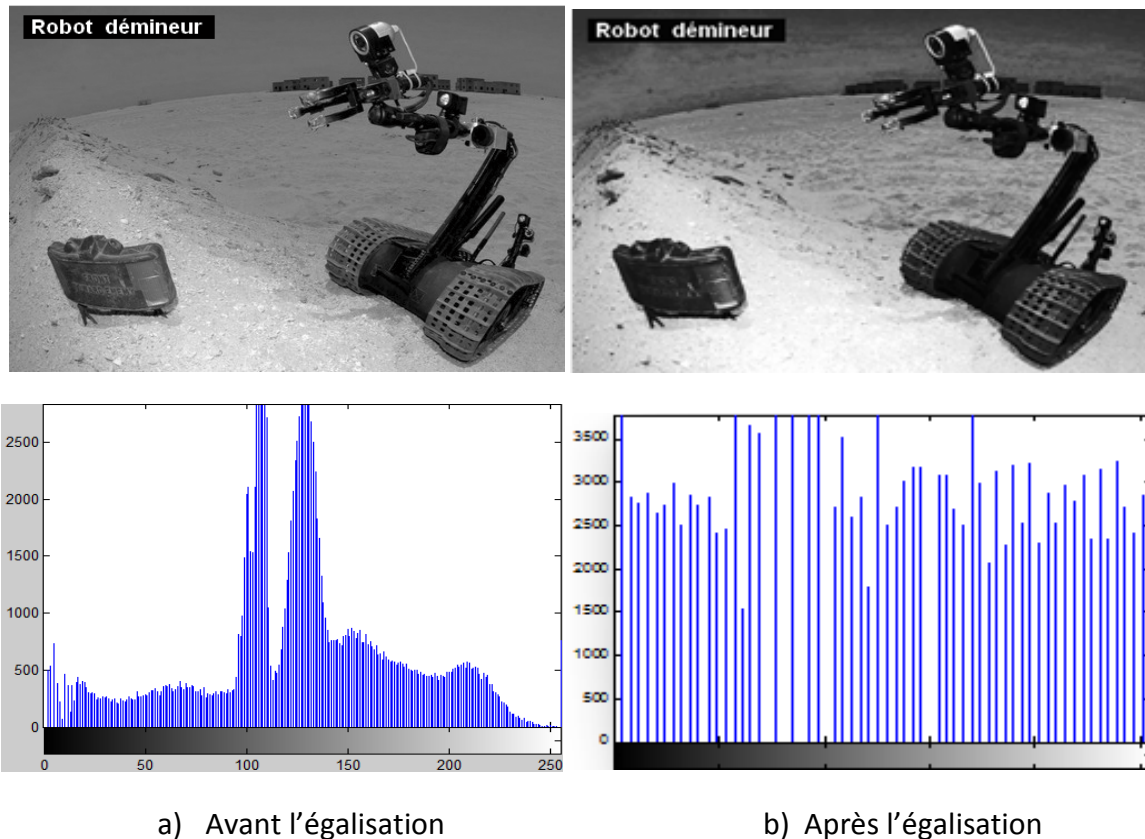


Figure III.9 Image avant et après l'égalisation d'histogramme

C) Mise en évidence de zones dans l'histogramme

Cette méthode consiste en bancarisation de l'image pour mettre en évidence certaines zones de l'histogramme.

On possède a un seuillage des niveaux de gris et on transforme tout le niveau compris entre les seuils 'a' et 'b' en 255 (blanc), toutes les autres valeurs seront mise a zéro (le noir).

III.4.2.2.2 Le filtrage

Entre une image réelle et l'image numérisée obtenue, un grand nombre de processus sont venus l'altérer. Parmi ceux-ci, le bruit résultant du bruit électronique du capteur et de la qualité de la numérisation joue un rôle fondamental. On peut définir le bruit dans une image comme un phénomène de brusque variation d'un pixel isolé par rapport à ses voisins. On peut en déduire que pour lutter contre les effets du bruit, il est nécessaire d'opérer des transformations qui tiennent compte du voisinage de chaque pixel. L'une des méthodes visant à atténuer les effets du bruit est un filtre passe-bas.

Différentes méthodes de filtrage passe bas ont été développées suivant le type et l'intensité du bruit, ou les applications auxquelles on destine l'image. Les premières et les plus simples de ces méthodes sont basées sur le filtrage linéaire stationnaire (invariant par translations), mais les limitations de ces techniques (en particulier leur mauvaise conservation des transitions) a conduit au développement des filtres "non-linéaire". Dans la plupart des cas présentés ici, le filtrage consiste à balayer l'image par une fenêtre d'analyse de taille finie.

A) Filtrage linéaire

Le filtrage linéaire qui est la transformation d'un pixel par une combinaison linéaire des pixels voisins. Une méthode simple consiste à considérer chaque point de l'image et d'en faire la moyenne avec les 8 pixels qui lui sont voisins, ce qui aura pour effet d'adoucir l'image en réduisant les fluctuations de luminosité [18].

Parmi les filtres linéaires on trouve le filtre moyen qui consiste à remplacer chaque pixel de l'image et d'en faire la moyenne avec les 8 pixels voisins, et le filtre gaussien qui utilise la moyenne pondérée.

B) Filtrage non-linéaire

Ils sont conçus pour régler les problèmes des filtres linéaires, sur tout pour ce qui concerne la mauvaise conservation des contours. Leur principe est le même que celui des filtres linéaires, il s'agit toujours de remplacer la valeur de chaque pixel par la valeur d'une fonction calculée dans son voisinage, la seule différence c'est que cette fonction n'est plus linéaire mais une fonction quelconque (elle peut inclure des opérateurs de comparaisons).

L'exemple le plus classique de filtre non linéaire est le filtre médian qui consiste à remplacer le pixel central par la valeur médiane du voisinage centrée sur le pixel, il élimine le bruit impulsionnel et il préserve l'information de contour et peut être appliqué itérativement mais il élimine les contours très fins.



Figure III.10 Image filtré par le médian

III.4.2.3 La compression

Le but de la compression est de réduire la taille des fichiers pour diminuer l'espace nécessaire à leur stockage sur le disque ou leur transfert par le réseau. Ils encodent de manières différentes les données de l'image afin de les rendre plus compactes.



a) Image original



b) Image après la compression

Figure III.11 Compression d'une image

III.4.3 L'analyse

L'analyse est une suite d'opération permettant l'extraction de l'information essentielle contenue dans une image. Elle est essentiellement composée par deux phases de la segmentation qui fournit une partition d'image et de la caractérisation.

III.4.3.1 Segmentation

La segmentation, consiste à Identifier et définir des objets dans l'image en divisant l'image en zones homogènes afin de séparer les divers composants visibles et de les identifier. Deux approches sont nécessaires pour la réalisation de la segmentation, regroupement des pixels présentant une caractéristique commune, dérivée par exemple de l'intensité des pixels (région) et mise en place des frontières aux positions qui rendent localement maximale la variation d'un critère (contour). Ces deux conceptions sont duales : une région définit son contour, un contour définit une région.

III.4.3.1.2 Segmentation en régions

L'objectif de ces méthodes consiste toujours à partitionner l'image traitée en régions homogènes, chaque objet de l'image pouvant être ainsi constitué d'un ensemble de régions. Dans le but de produire des régions volumineuses et afin d'éviter une division parcellaire des régions, un critère de proximité géographique peut être ajouté au critère d'homogénéité. Au final, chaque pixel de l'image reçoit une étiquette lui indiquant son appartenance à telle ou telle région. On obtient ainsi une carte des régions de l'image [20].

On distingue deux familles d'algorithmes pour l'approche région : les méthodes de croissance de régions qui agrègent les pixels voisins (méthodes ascendantes) selon le critère d'homogénéité (intensité, vecteur d'attributs), les méthodes qui fusionnent ou divisent les régions en fonction du critère choisi (méthodes dites descendantes).

III.4.3.1.1 Segmentation en contours

L'approche contour consiste à identifier les changements entre les régions. En général, un élément de contours est un point de l'image appartenant à la frontière de deux ou plusieurs objets ayant des niveaux de gris différents. Les variations d'intensité de lumière et de couleurs sont très bien perçues par le système visuel humain. En effet, une frontière est définie comme un endroit de l'image où le changement en niveaux de gris est le plus important. Ces frontières constituent le contour des objets [19].

L'application de détecteurs de contours sous la forme de filtres dérivateurs ou reposants sur des critères d'optimalité permet d'obtenir les contours d'objets présent dans la scène. Parmi les filtres dérivateurs on peut citer les opérateurs de gradient et Laplacien, comme ceux de Roberts, de Prewitt, de Sobel. Comme filtres optimal, on peut citer les filtres de Canny, de Marr et de Sato.

III.4.3.2 caractérisation

La caractérisation c'est l'extraction des attributs au caractéristique liés à :

- La forme (élongation, périmètre, surface, capacité ...)
- La couleur (l'analyse de l'histogramme...)
- La texture (écart type, moyenne, corrélation, entropie, contraste, énergie ...)

III.4.4 Apprentissage et classification

Catégorisation ou classification on utilise des approches comme exemple :

- L'intelligence artificielle : les réseaux neuronaux et la logique floue.
- Séparateurs à vaste marge (SVM).
- L'apprentissage non supervisé (clustering).

III.4.5 Interprétation

L'interprétation d'image est en général la dernière phase qui précède la prise de décision. Elle donne une signification à l'information, par exemple en comparant cette information avec une base de données pré-établie. Ainsi, il peut être établi qu'un ensemble connexe de pixels d'une image. L'interprétation peut nécessiter des approches très complexes comme l'intelligence artificielle, les réseaux neuronaux et la logique floue [15].

III.5 Domaine d'application de traitement d'image

Le traitement d'image s'est révélé indispensable pour des applications diverses parmi elle :

Industrie	Contrôle non destructif. Inspection et mesures automatique. Véhicule autonome. Reconnaissance des pièces.
Santé	Aide au diagnostic. Suivi des formes anatomiques. Comptage des cellules.
Sciences	Intervention en milieu confiné. Astronomie, robotique mobile. Microscopie électronique, biologie. Analyse des ressources terrestres.
Militaire	Surveillance. Guidage automatique et poursuite d'engins. Topographie.

Tableau III.1 Domaine d'application de traitement d'image

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu brièvement les types des images numériques, on a présenté les étapes et quelques notions sur la vision assisté par l'ordinateur ainsi que quelque technique de traitement d'image.

Chapitre IV

Présentation générale du robot

Dans ce chapitre nous expliquerons le fonctionnement de notre robot ainsi que les propriétés et les caractéristiques de tous ses composants, on citera les langages de programmation utilisés. A la fin de ce chapitre on donnera les algorithmes utilisés dans le projet sous forme d'organigrammes.



Figure IV.1 Photo du robot de l'extérieur

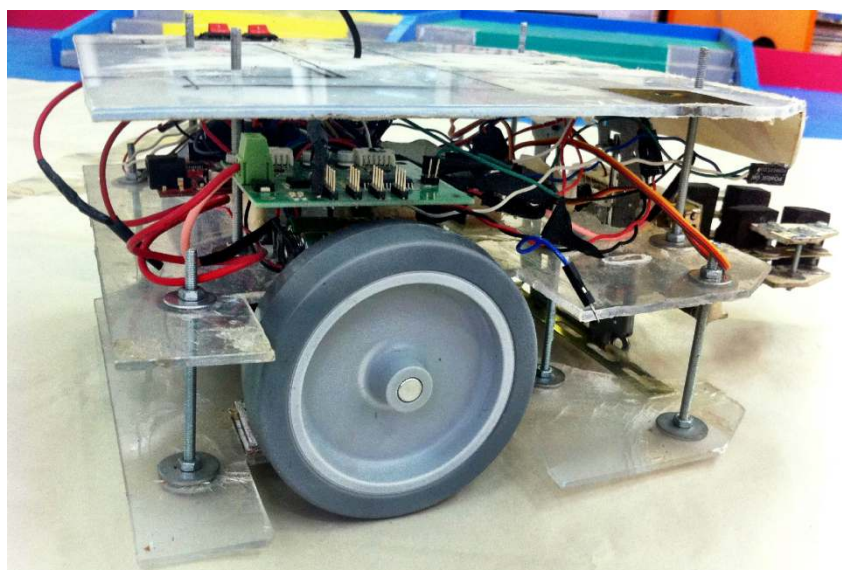


Figure IV.2 Photo du robot de l'intérieur

IV.1 Principe de fonctionnement

Notre robot mobile est autonome, localisé et contrôlé par une webcam reliée avec un ordinateur et placée au-dessus du robot. Il ya deux marques colorées (rouge, verte), la cible a une couleur bleue. Pour localiser le robot on utilise un programme Matlab pour extraire chacune des couleurs avec ses coordonnées, après on utilise ces coordonnées pour faire les calculs mathématiques de la position et de l'angle d'orientation du robot. On envoie ensuite ces données, en temps réel, vers le robot. L'envoi de ces données est effectué grâce à deux modules de transmission sans fil. Une fois informé sur ses coordonnées et celles de sa cible le robot pourra se déplacer d'une façon autonome vers la cible en évitant les obstacles sur son chemin.

IV.2 Composants

Le robot est composé essentiellement de deux parties la partie mécanique et la partie électronique :

IV.2.1 La partie mécanique

IV.2.1.1 Moteurs

Le moteur de type EGM30 (codeur, moteur, boîte de vitesses 30: 1) est un motoréducteur équipé d'encodeurs. Il est idéal pour les petites ou moyennes applications en robotique [21].

Caractéristique de moteur EMG30 :

Tension nominale: 12 V

Couple nominal: 1.5kg.cm

Vitesse nominale: 170 RPM

Courant nominal: 530mA

Vitesse à vide: 216

Courant à vide: 150mA

Courant de blocage : 2.5A

Puissance nominale: 4.22 W

Nombre d'impulsions par tour : 360



Figure IV.3 Le moteur EMG30

IV.2.1.2 Les roues motrices

Des roues de 100mm de diamètre avec moyeu de 5mm de diamètre pour une fixation facile avec les moteurs utilisées (EMG30) , la roue a une large bande de roulement en caoutchouc 26mm



Figure IV.4 Roue du robot

IV.2.2 La partie électronique

IV.2.2.1 Les cartes de commande

On a utilisé deux cartes de commande la première est une carte de type Arduino UNO, elle est reliée avec le module sans fil (wireless) émetteur et l'ordinateur, elle est responsable d'envoi les commandes de matlab vers la deuxième carte de commande RedBoard qui est reliée avec le deuxième module wireless récepteur et avec la carte de puissance et donc tous les composants du robot.

IV.2.2.1.1 Arduino UNO

Le modèle UNO de la série ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C.

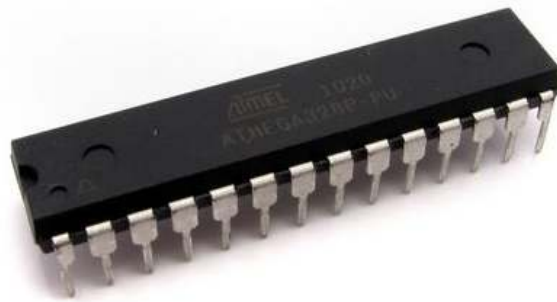


Figure IV.5 microcontrôleur ATmega328

L'intérêt principal des cartes ARDUINO (d'autres modèles existent) est leur facilité de mise en œuvre. ARDUINO fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils « open source ». Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB. En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties courantes : gestion des E/S TOR, gestion des convertisseurs ADC, génération de signaux PWM, exploitation de bus TWI/I²C, exploitation de servomoteurs ...

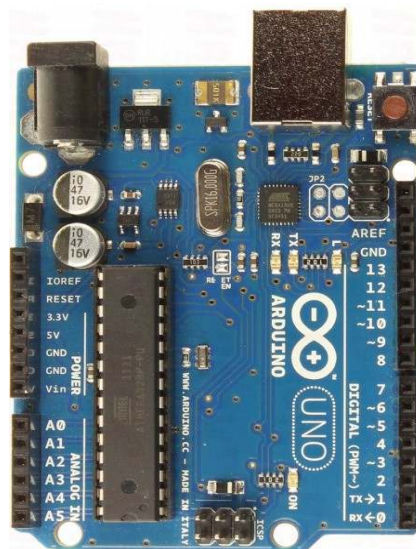


Figure IV.6 Carte de commande Arduino UNO

Caractéristiques d'un Arduino Uno :

Microcontrôleur : ATmega328

Tension d'alimentation interne = 5V

tension d'alimentation (recommandée)= 7 à 12V, limites =6 à 20 V

Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM

Entrées analogiques = 6

Courant max par broches E/S = 40 mA

Courant max sur sortie 3,3V = 50mA

Mémoire Flash 32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader

Mémoire SRAM 2 KB

mémoire EEPROM 1 KB

Fréquence horloge = 16 MHz

A) Alimentation :

La carte Arduino Uno peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 7V à 12V sous 500mA) ou des piles. L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accumulateurs peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées Gnd (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation.

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- VIN. La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). Nous pouvons alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- 5V. La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- GND. Broche de masse (ou 0V).

B) Mémoire :

L'ATmega 328 à 32Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 0.5Ko également utilisés par le bootloader). L'ATmega328 a également 2ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile – mémoire). Le bootloader est un programme préprogrammé une fois pour toute dans l'ATméga et qui permet la communication entre l'ATmega et le logiciel Arduino via le port USB, notamment lors de chaque programmation de la carte.

C) Entrées et sorties numériques :

Chacune des 14 broches numériques de la carte UNO (numérotées des 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode()`, `digitalWrite()` et `digitalRead()` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite(broche, HIGH)`.

De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Communication Série:** Broches 0 (RX) et 1 (TX). Utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données série de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.
- **Interruptions Externes:** Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement d'état. Voir l'instruction `attachInterrupt()` pour plus de détails.
- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée):** Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction `analogWrite()`.
- **I2C:** Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (TwoWire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie `Wire/I2C` (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils") .
- **LED:** Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

D) Broches analogiques :

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

Les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques : elles sont numérotées en tant que broches numériques de 14 à 19.

IV.2.2.1.2 RedBoard

La carte RedBoard est compatible avec Arduino UNO. Elle dispose de 14 broches d'E/S numériques avec 6 sorties MLI, 6 entrées analogiques, une UART, une SPI et des interruptions externes. La redBoard peut être programmée via un câble USB mini-B en utilisant l'IDE Arduino[23].

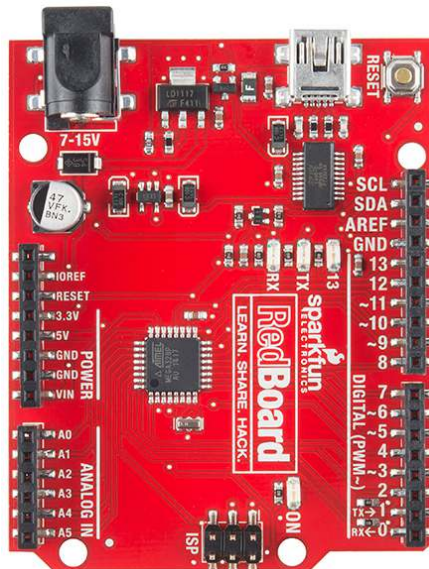


Figure IV.7 Carte de commande Redboard

Caractéristiques de RedBoard :

- Microcontrôleur ATmega328
- Programmation USB simplifiée grâce au FTDI FT231X omniprésent
- 14 broches d'E/S numériques (6 sorties MLI)
- Sorties de 0 à 5 V avec entrées compatibles 3,3 V
- Tension en entrée : de 7 à 15 V
- Mémoire Flash de 32 K
- Vitesse d'horloge de 16 MHz
- Construction totale par composants avec montage en surface (SMD)
- Bus série, I2C et SPI

IV.2.2.2 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 suivant les ordres fournis par la carte de commande, la carte de puissance utilisée dans notre projet est le modèle MD25.

La MD25 destinée à être commandée par le microcontrôleur au moyen d'une liaison série (niveau logique 0 - 5 V) ou via un bus I²C, cette platine électronique intègre un double pont en "H" permettant le pilotage indépendant de 2 moteurs à courant continu avec encodeur (consommation: 2,5 A max. par moteur) [24].

Des ordres simples nous permettrons de définir le sens de rotation ainsi que la vitesse des moteurs, de lire les informations en provenance des encodeurs des moteurs, de lire les valeurs de la tension et du courant consommé par les moteurs, de connaître la vitesse de rotation des moteurs, de définir les accélérations, etc ...

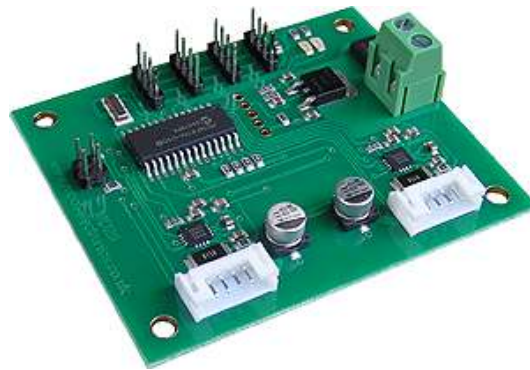


Figure IV.8 Carte de puissance MD25

- Caractéristiques de MD25 :
 - Alimentation: 12 Vcc (régulateur 5 Vcc intégré délivrant 300 mA)
 - Consommation: jusqu'à 3 A pour chaque moteur
 - Pilotage du module par bus I²C (jusque 8 modules MD25 adressables)
 - Lecture des encodeurs des moteurs pour déterminer la distance parcourue et la direction
 - Lecture du courant des moteurs dans un registre
 - Régulation de puissance
 - Accélération réglable

IV.2.2.3 Les capteurs

IV.2.2.3.1 Capteur infrarouge

Le Télémètre infrarouge utilisé c'est le SHARPGP2Y0D815, ce petit module est composé d'un circuit imprimé associé à un télémètre infrarouge ainsi qu'à quelques composants (Leds, condensateurs...), leur principe de fonctionnement est expliqué dans le chapitre 2.

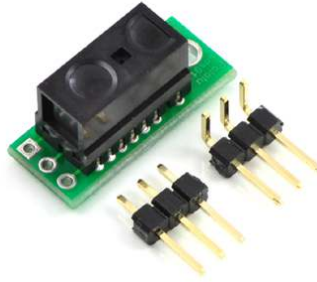


Figure IV.9 Télémètre infrarouge SHARPGP2Y0D815

Caractéristiques: Alimentation: 2.7 à 6.2 V, Consommation: 5 mA env.

IV.2.2.3.2 Capteur de fin de course

Le micro-Switch, appelés aussi "Interrupteur de fin de course", sont des boutons poussoirs simples à utiliser à leur déclenchement, ils passent à l'état bas (0 volt) et en position de repos restent à l'état haut (5V). Ils coupent ou établissent un circuit lorsqu'ils sont actionnés par un mobile ou par un obstacle.

La détection s'effectue par contact d'un objet extérieur sur le levier ou un galet. Ce capteur peut prendre alors deux états : Enfoncé (en logique positive l'interrupteur est fermé) et l'état Relâché (en logique positive l'interrupteur est ouvert).



Figure IV.10 Interrupteur de fin de course

IV.2.2.4 Webcam

On a utilisé une webcam pour effectuer l'acquisition en temps réel, dont les données numériques seront transmises à l'ordinateur via le port USB. La résolution utilisée dans l'acquisition est de 640*480 pixels.



Figure IV.11 La Webcam du projet

IV.2.2.5 Connexion sans fil

On a utilisé le module radio fréquence RF24 qui est composé par deux modules émetteurs / récepteurs et qui utilisent la bande de fréquence 2.4 GHz.

La vitesse de fonctionnement maximale est de 2 Mbps, avec une faible consommation électrique, la distance de transmission est relativement élevée et permet le pilotage du robot mobile. Ces modules peuvent être adressés par logiciel, et peuvent être accédés directement par un large éventail de microcontrôleurs comme l'Arduino et Redboard.

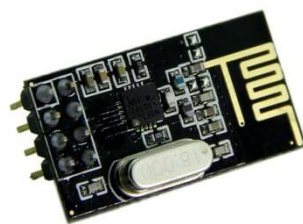


Figure IV.12 Le module émetteur/récepteur RF24

Caractéristiques de RF24:

Construit en NRF24L01 + émetteur-récepteur.

Sélectionnable taux de données avec 2 mbit/s, 1 mbit/s, 250 kbit/s.

Plage d'alimentation: 1.9 à 3.6 V, entrée tolérée jusqu'à 5 V

Régulateur de tension intégré

Dimension: 29mm x 15.2mm.

IV.3 Les bus de communication :

IV.3.1 Le Bus I²C :

IV.3.1.1 Caractéristiques

Le bus I²C (Inter Integrated Circuit) fait partie des bus série : 3 fils pour faire passer les données, il permet de faire communiquer entre eux des composants électroniques très divers grâce à seulement trois fils : un signal de données (SDA), un signal d'horloge (SCL), et un signal de référence électrique (masse).

Il s'agit d'une liaison en mode série, ce qui signifie que la vitesse de transfert sera plus faible qu'avec un bus de type parallèle. Le bus I²C permet cependant des échanges à la vitesse de 100 kbits par seconde. Certes, la vitesse de transfert du bus I²C n'est pas exceptionnelle, mais dans bien des cas, la vitesse n'est pas l'élément prédominant.

L'utilisation d'un bus I²C permet de réduire la complexité des circuits imprimés à réaliser. Par exemple, pour connecter une EEPROM ou une RAM à un microcontrôleur classique, il faut relier entre eux les bits de données et les bits d'adresses des différents composants, et, en plus, il faut bien souvent ajouter une logique de sélection. Avec des composants prévus pour se connecter au bus I²C, il suffit de les relier par deux pistes seulement. Si, par la suite, on souhaite ajouter des composants sur le circuit, le nombre de pistes à ajouter sera vraiment plus réduit [22].

De nombreux fabricants ayant adopté le système la variété des systèmes disponibles disposant d'un port I²C est énorme : microcontrôleurs, , convertisseurs A/N et N/A , mémoires (RAM, EPROM, EEPROM, etc.) , récepteurs infrarouge , capteurs de température , circuits audio (égaliseur, contrôle de volume, etc.) , drivers d'affichage LCD ou à LEDs , décodeurs télétexte , chargeurs de batterie ,etc ...

IV.3.1.2 La prise de contrôle du bus

Pour prendre le contrôle du bus, il faut que celui-ci soit au repos (SDA et SCL à '1').

Pour transmettre des données sur le bus, il faut donc surveiller deux conditions particulières:

- La condition de départ. (SDA passe à '0' alors que SCL reste à '1')
- La condition d'arrêt. (SDA passe à '1' alors que SCL reste à '0')

Lorsqu'un circuit, après avoir vérifié que le bus est libre, prend le contrôle de celui-ci, il en devient le maître. C'est lui qui génère le signal d'horloge.

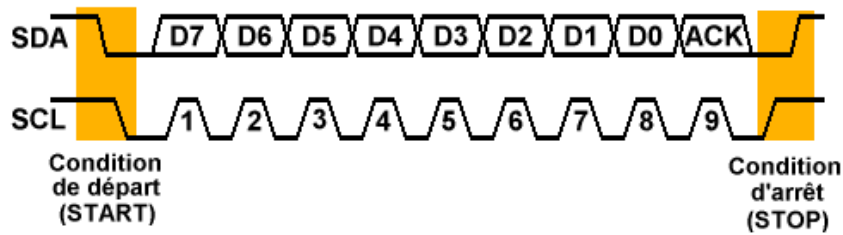


Figure IV.13 Exemple de condition de départ et d'arrêt

IV.3.1.3 Lecture d'une donnée :

La lecture d'une donnée par le maître se caractérise par l'utilisation spéciale qui est faite du bit ACK. Après la lecture d'un octet, le maître positionne ACK à '0' s'il veut lire la donnée suivante (cas d'une mémoire par exemple) ou à '1' le cas échéant. Il envoie alors la condition d'arrêt [22].

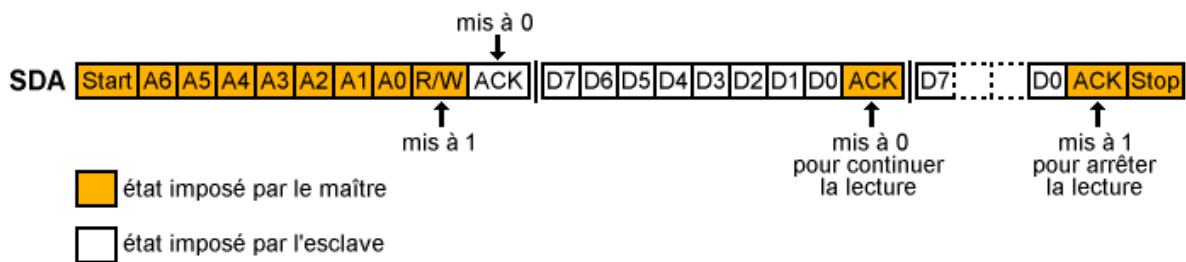


Figure IV.14 Exemple de lecture d'une donnée

IV.3.1.4 Écriture d'une donnée

Si le bit R/W précédemment envoyé était à 0, cela signifie que le maître doit transmettre un ou plusieurs octets de données. Après chaque bit ACK valide, le maître peut continuer d'envoyer des octets à l'esclave ou bien il peut décider de terminer le dialogue par une condition d'arrêt [22].

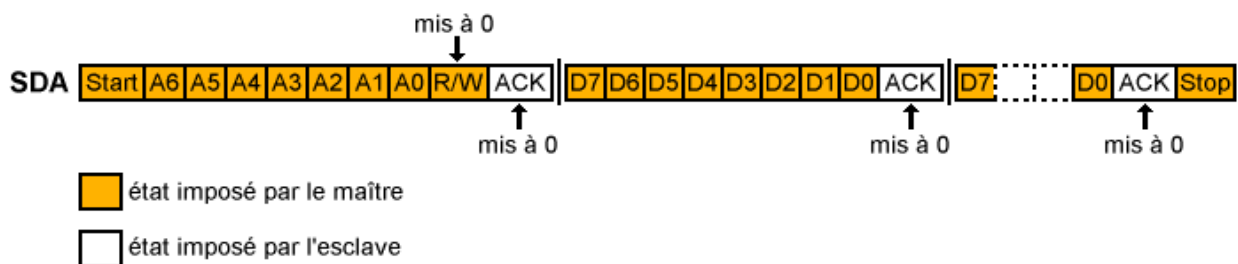


Figure IV.15 Exemple d'écriture d'une donnée

IV.3.1.5 La transmission d'une adresse

Le nombre de composants qu'il est possible de connecter sur un bus I²C étant largement supérieur à deux, le maître doit pouvoir choisir quel esclave est censé recevoir les données. Dans ce but, le premier octet que transmet le maître n'est pas une donnée mais une adresse. Le format de l'octet d'adresse est un peu particulier puisque le bit D0 est réservé pour indiquer si le maître demande une lecture à l'esclave ou bien au contraire si le maître impose une écriture à l'esclave [22].

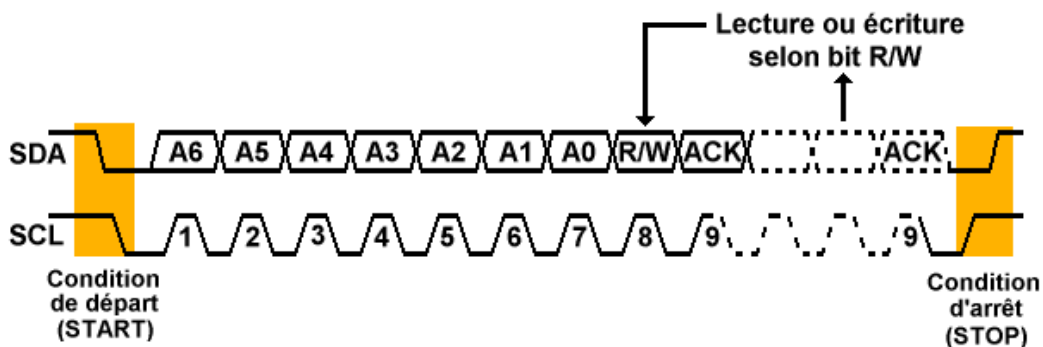


Figure IV.16 Exemple d'une transmission d'une adresse

Chaque circuit connecté au bus I²C possède une adresse, qui doit être unique. L'adresse associée à un composant est définie en partie par l'état de broches de sélections et d'autre part par sa fonction. Par exemple, le circuit PCF8574, qui est un port d'entrées/sorties bidirectionnel 8 bits, décompose son adresse de la façon suivante : [0] [1] [0] [0] [A2] [A1] [A0] [R/W]. Les bits A2, A1 et A0 reflètent l'état des broches 1, 2 et 3 du circuit. Cela permet de placer 8 circuits PCF8574 sur le bus I²C. Lors de la conception d'un système, il faut donc veiller à l'unicité des adresses attribuées aux différents composants.

Une fois l'adresse envoyée sur le bus, l'esclave concerné doit répondre en plaçant le bit ACK à 0. Si le bit ACK vaut 1, le maître comprend qu'il y a une erreur de sélection et il génère la condition arrêt. En revanche, si le bit ACK vaut 0, le maître peut continuer les opérations [22].

IV.3.2 Le Bus SPI

IV.3.2.1 Caractéristique

Dans les circuits d'interface le bus SPI (Serial Peripheral Interface) n'est pas seul est se trouve talonné depuis de nombreuses années par les circuits dotés d'une liaison série synchrone de type SPI. Cette appellation rencontre cependant des signaux et des chronogrammes qui sont beaucoup moins bien normalisés que ceux du bus I2C, tout simplement parce que la liaison du bus SPI ne fait l'objet d'aucune norme officielle.

Certains circuits indiquent qu'ils sont munis d'une interface SPI, mais nous pouvons aussi trouver comme appellation « Microwire » (qui est une marque déposée de National Semiconductor) ou bien encore « bus série trois fils ». Un bus de ce type permet la connexion, sous forme série maître-esclave, de plusieurs circuits disposant d'interfaces compatibles, avec seulement trois fils de liaisons.

Les dernières versions d'Arduino incluent une bibliothèque qui permet la communication avec les périphériques SPI.

SPI a des lignes labellisés « MOSI » : Master Output Slave Input, généré par le maître, des lignes labellisées « MISO » : Master Input Slave Output, généré par l'esclave et une ligne d'horloge (SCK : SPI Serial Clock). Ces trois lignes sont connectées à leurs lignes respectives sur un ou plusieurs esclaves. Les esclaves sont identifiées grâce au signal de leur ligne SS (Slave Select). Autres nommages possibles : SDO (Serial Data Out) et SDI (Serial Data Input)[25].

La figure ci-dessous illustre les connexions SPI :

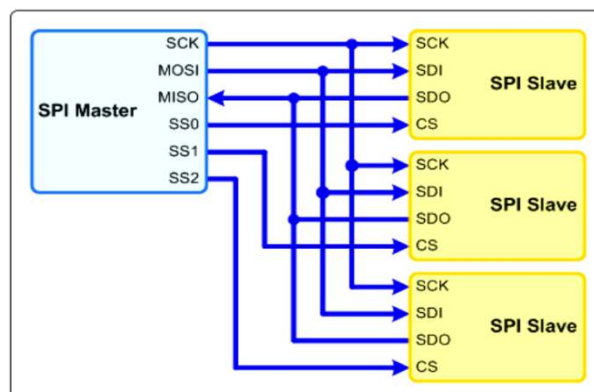


Figure IV.17 Schéma de connexions SPI

IV.3.2 principe d'une liaison SPI

La figure ci-dessous correspond au schéma de principe simplifié d'une liaison de données SPI, avec ses principaux composants.

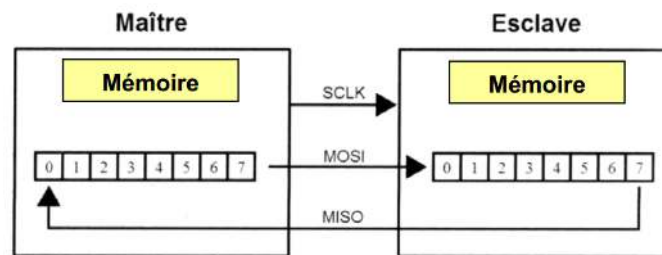


Figure IV.18 Schéma de principe simplifié d'une liaison SPI

Deux registres à décalages sont généralement mis en œuvre. Ils peuvent être de type matériel ou logiciel, selon les dispositifs employés. Quel que soit leur mise en œuvre, ces deux registres à décalage forment un buffer circulaire inter-puce, qui se trouve au cœur de la liaison SPI.

Les communications sont initiées par le maître, qui commence par sélectionner l'esclave. Au cours de chaque cycle d'horloge, le maître envoie un bit à l'esclave, qui le lit sur la ligne MOSI. En parallèle, l'esclave envoie un bit au maître, qui le lit sur la ligne MISO. Ces lectures et écritures simultanées entre le maître et l'esclave forment une communication Full-Duplex.

La gestion d'une liaison SPI avec l'Arduino est facile à mettre en œuvre. Les microcontrôleurs d'AtmelAtmega disposent d'une interface SPI dont les entrées/sorties se répartissent comme suit : SCK sur 13, MISO sur 12, MOSI sur 11 et SS (choix de l'esclave) sur 10 pour les Uno [25].

IV.4 Communication entre les composants :

La communication entre l'ordinateur et le robot mobile est réalisée avec des modules sans fil (radio fréquence), le premier relié avec l'ordinateur et l'autre avec la carte de commande du robot. Après l'acquisition de la scène dans laquelle le robot mobile se déplace, le programme Matlab extrait les coordonnées de robot et de la cible en temps réel avec un programme de traitement d'images, ensuite il effectue les calculs nécessaires pour connaître la position et l'angle d'orientation de robot pour ensuite envoyer des données vers la carte de commande du robot on utilisant les modules sans fil. Les données sont envoyées en chaque instant, ils représentent des ordres donnés vers la carte de commande du robot. Chaque donnée est exploitée par un programme spécial dans cette carte pour guider le robot vers la cible en évitant les obstacles sur son chemin.

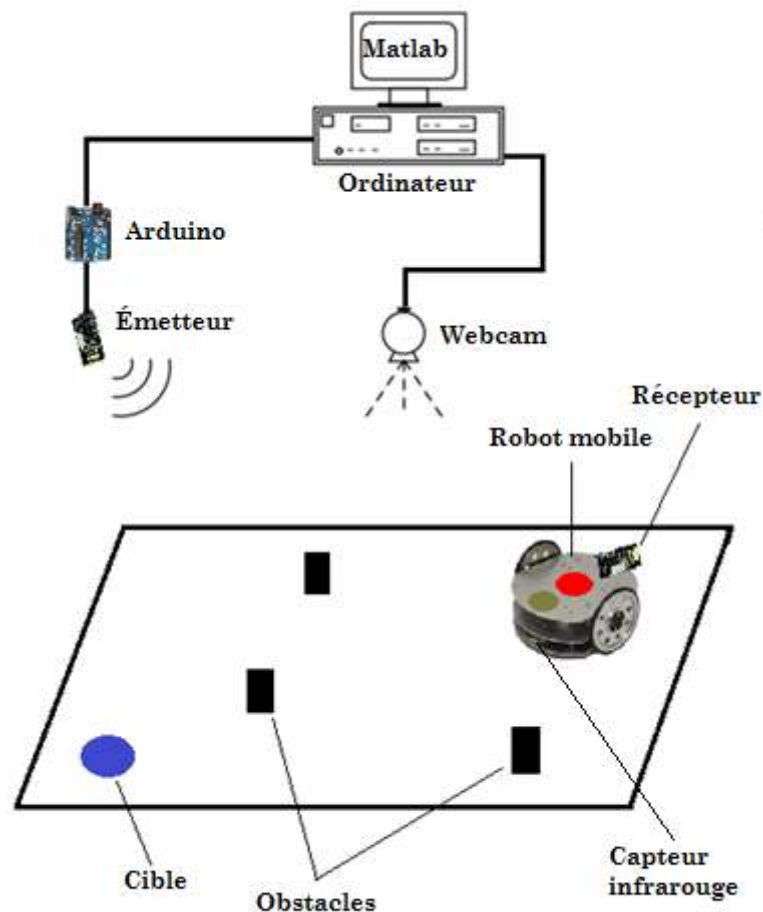


Figure IV.19 image qui simplifie les composants du projet

IV.5 Programmation

IV.5.1 Matlab

IV.5.1.1 Introduction sur Matlab

MATLAB (matrix laboratory) est un langage de programmation de quatrième génération émulé par un environnement de développement du même nom ; il est utilisé à des fins de calcul numérique. Développé par la société The Math Works, MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran. Les utilisateurs de MATLAB sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche. Matlab peut s'utiliser seul ou bien avec des toolbox (boîte à outils) [26].

IV.5.1.2 Traitement d'images avec Matlab

Matlab est un langage qui utilise les données sous forme matricielle. Ce format est très compatible avec le format de représentation des images, avec Matlab on peut réaliser plusieurs opérations de traitement d'images telles que la détection de contours, la détection des régions, le changement d'espace de couleur, le filtrage, l'amélioration de contraste... aussi il ya des toolbox (bibliothèques) complet dans Matlab de traitement d'image prêt à l'emploi.

Dans notre projet nous avons utilisées des bibliothèques de traitement d'image avec le matlab comme :

- La binarisation
- Le filtrage (filtre médian)
- Etiquetage
- Extraction des coordonnées
- Soustraction de la couleur

IV.5.2 Arduino IDE

L'environnement de programmation Arduino (IDE) est une application écrite en Java inspirée du langage de traitement. L'IDE permet d'écrire, de modifier un programme et de le convertir en une série d'instructions compréhensibles par le microcontrôleur. Le logiciel Arduino IDE a des fonctions principales:

- Pouvoir écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino et Redboard.
- Connecter la carte Arduino avec un PC pour y transférer les programmes.
- De communiquer avec la carte Arduino à travers le port série 0.

Cet espace de développement intégré (IDE) qui est dédié à la programmation des cartes Arduino et aussi Redboard comporte 3 parties principales :

- La partie déclaration des variables et les bibliothèques
- La partie initialisation et configuration des entrées/sorties : la fonction `setep()`
- La partie qui exécute en boucle : la fonction `loop()`

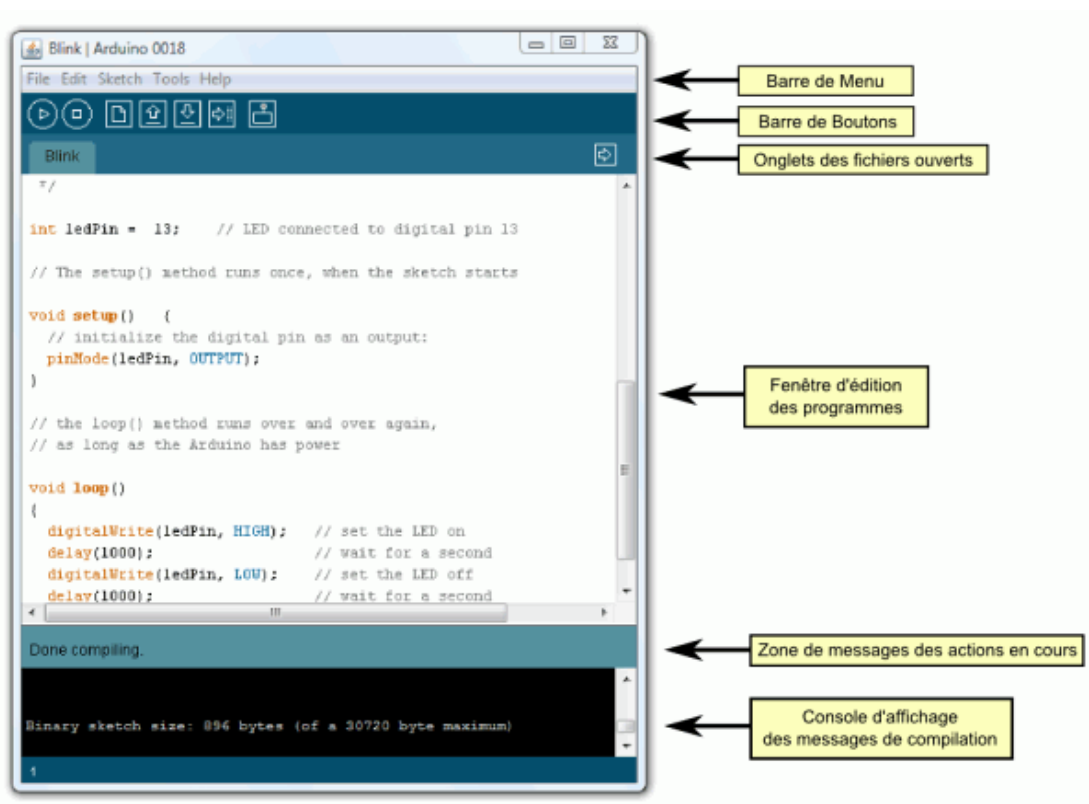
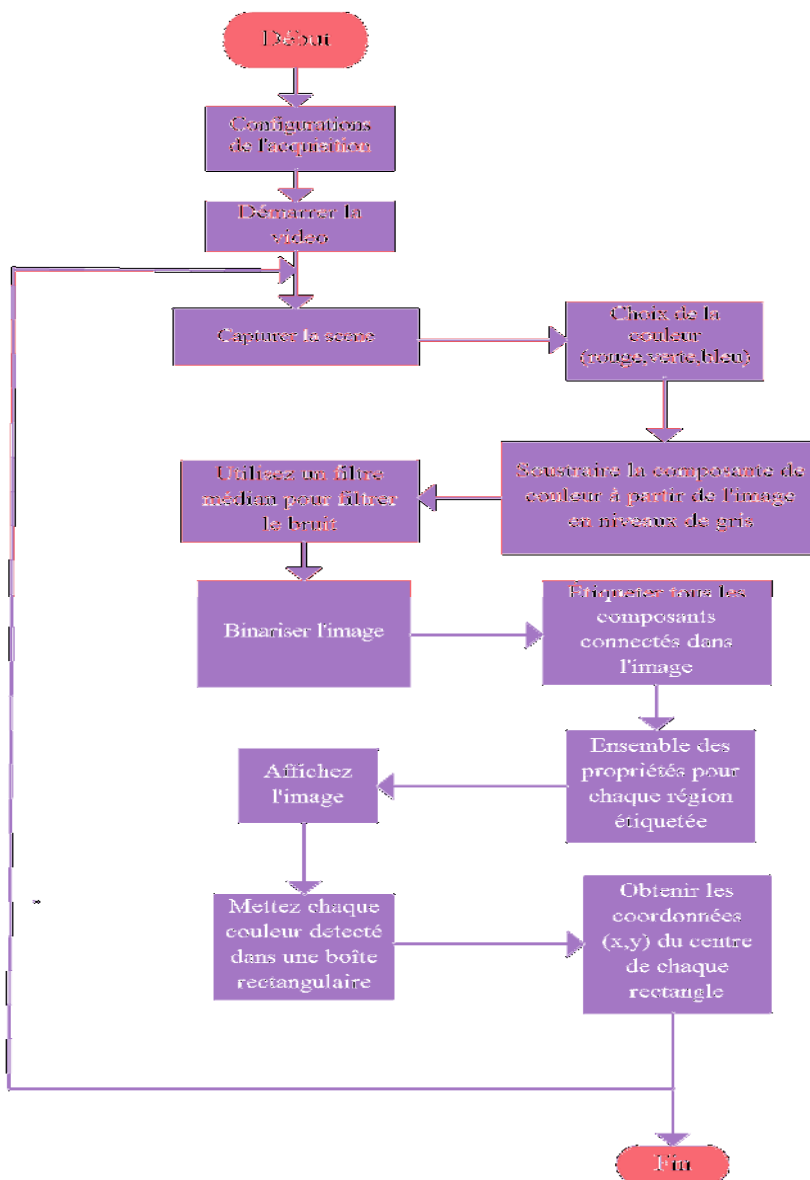


Figure IV.20 La fenêtre de l'Arduino IDE

IV.5.3 Les algorithmes de projet

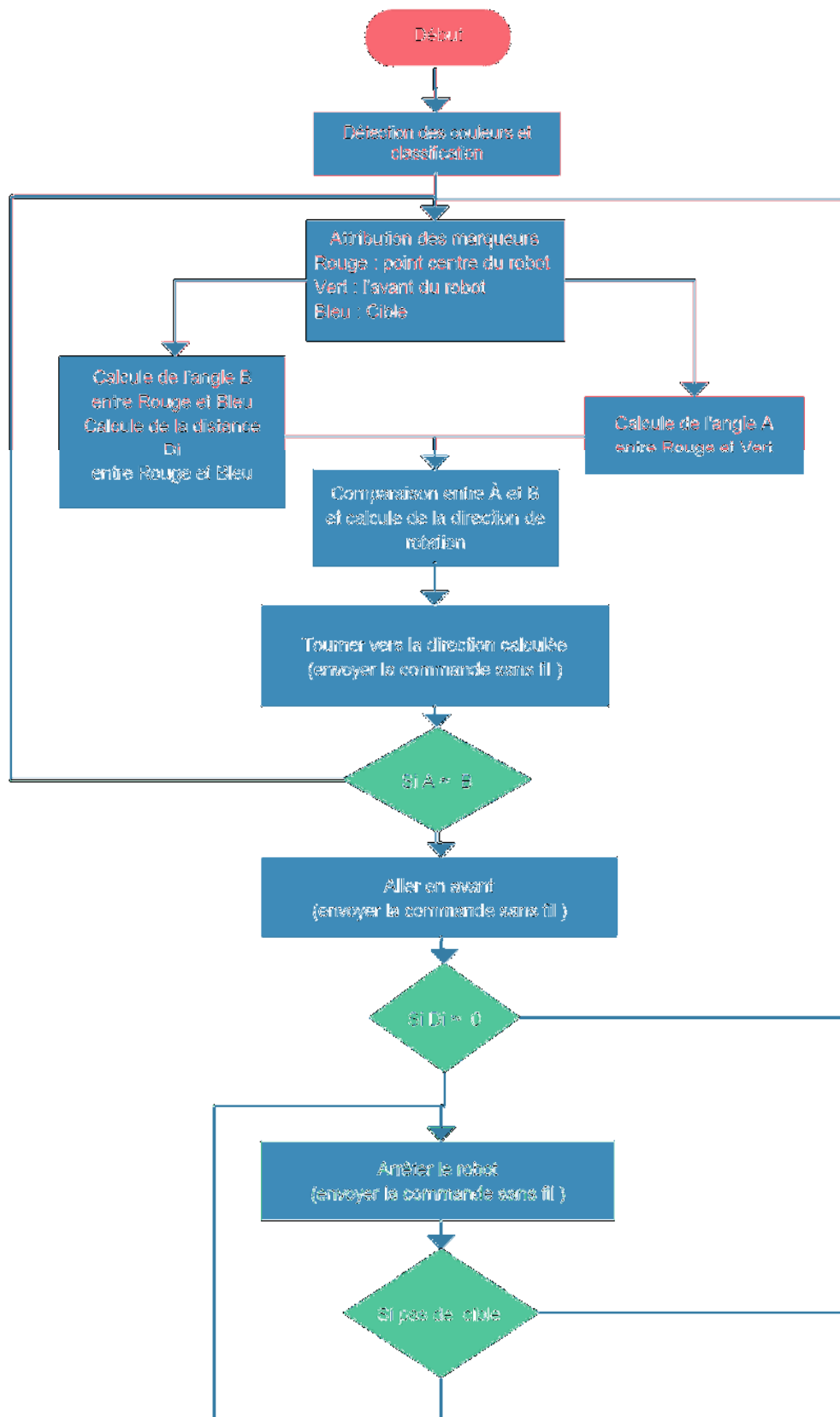
Dans notre projet nous avons essayé deux algorithmes, les deux méthodes donnent le résultat désiré. Nous avons choisi la première méthode car elle permet d'utiliser tous les composants, l'algorithme est plus développé et plus rapide que l'autre méthode, dans notre algorithme il ya du traitement d'images et des calculs mathématiques qui permet de déterminer la position et l'angle d'orientation du robot mobile ainsi que la communication entre l'ordinateur et le robot et ses composants, Il y a aussi les ordres de mouvements pour guider le robot mobile d'une façon autonome vers son but.

Organigrammes de la détection des couleurs et l'extraction des coordonnées qui est utilisé pour les deux méthodes:

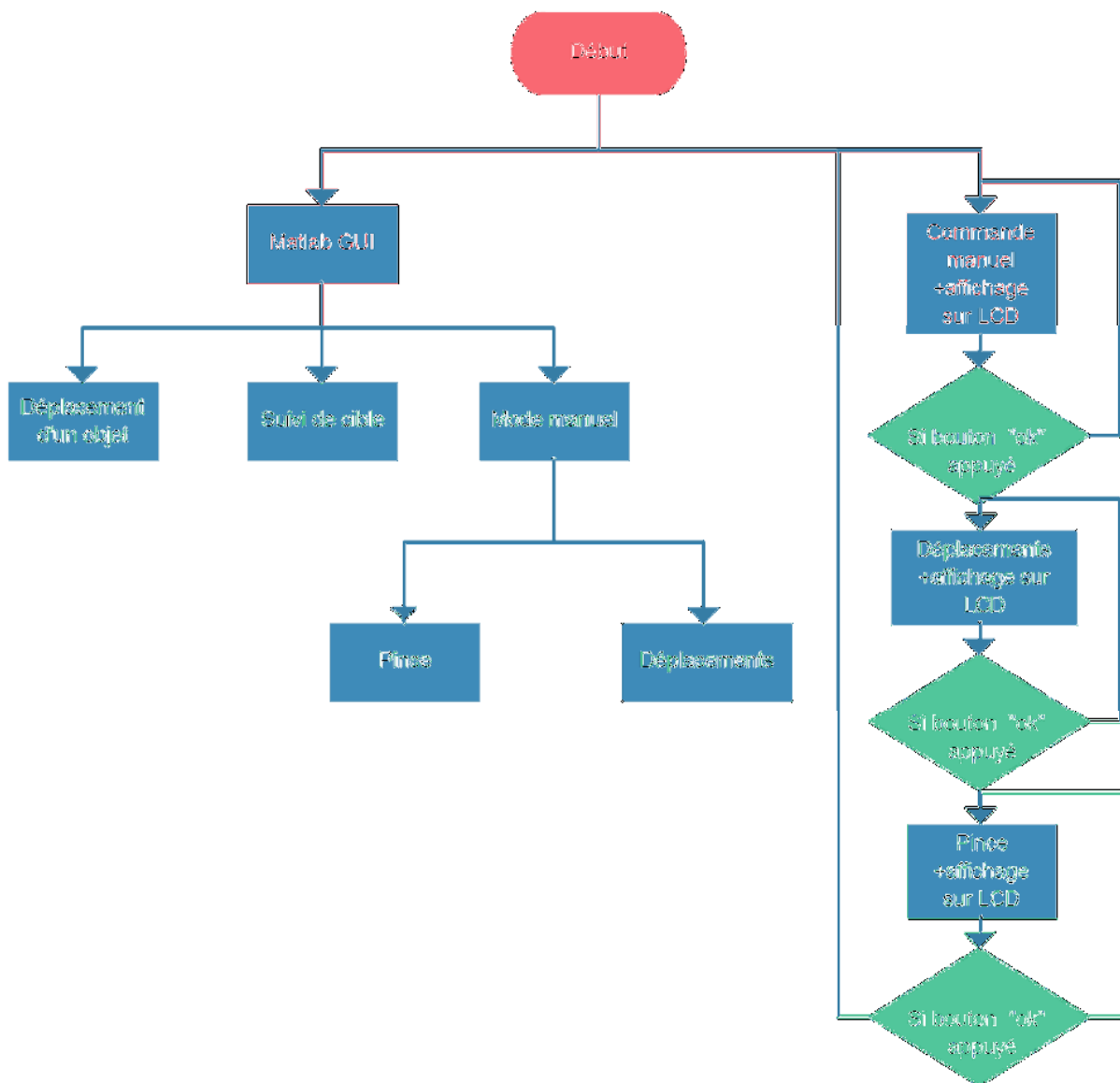


Les organigrammes de la première méthode (la méthode utilisée) :

1. L'organigramme de déplacement:

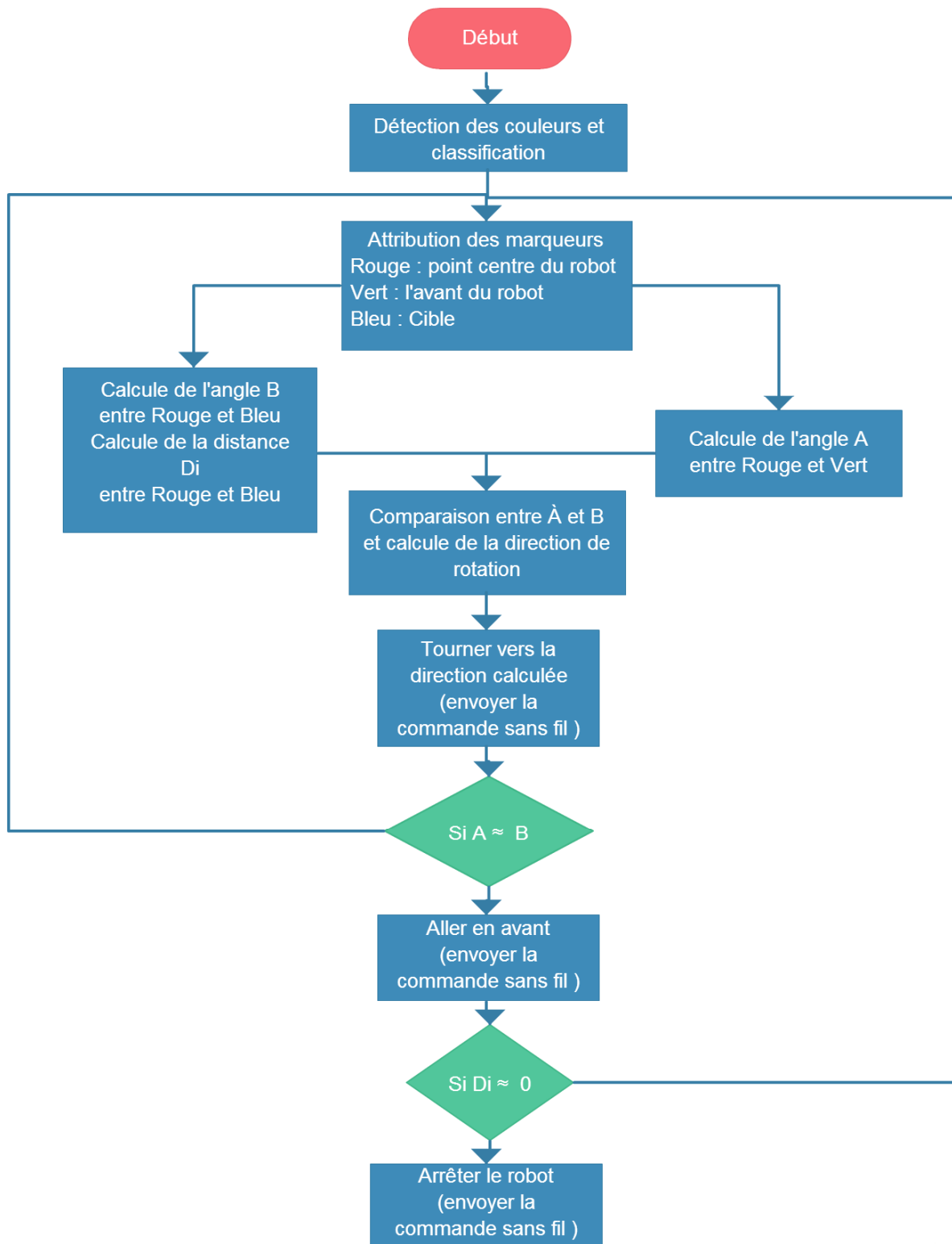


2. L'organigramme de l'émetteur :

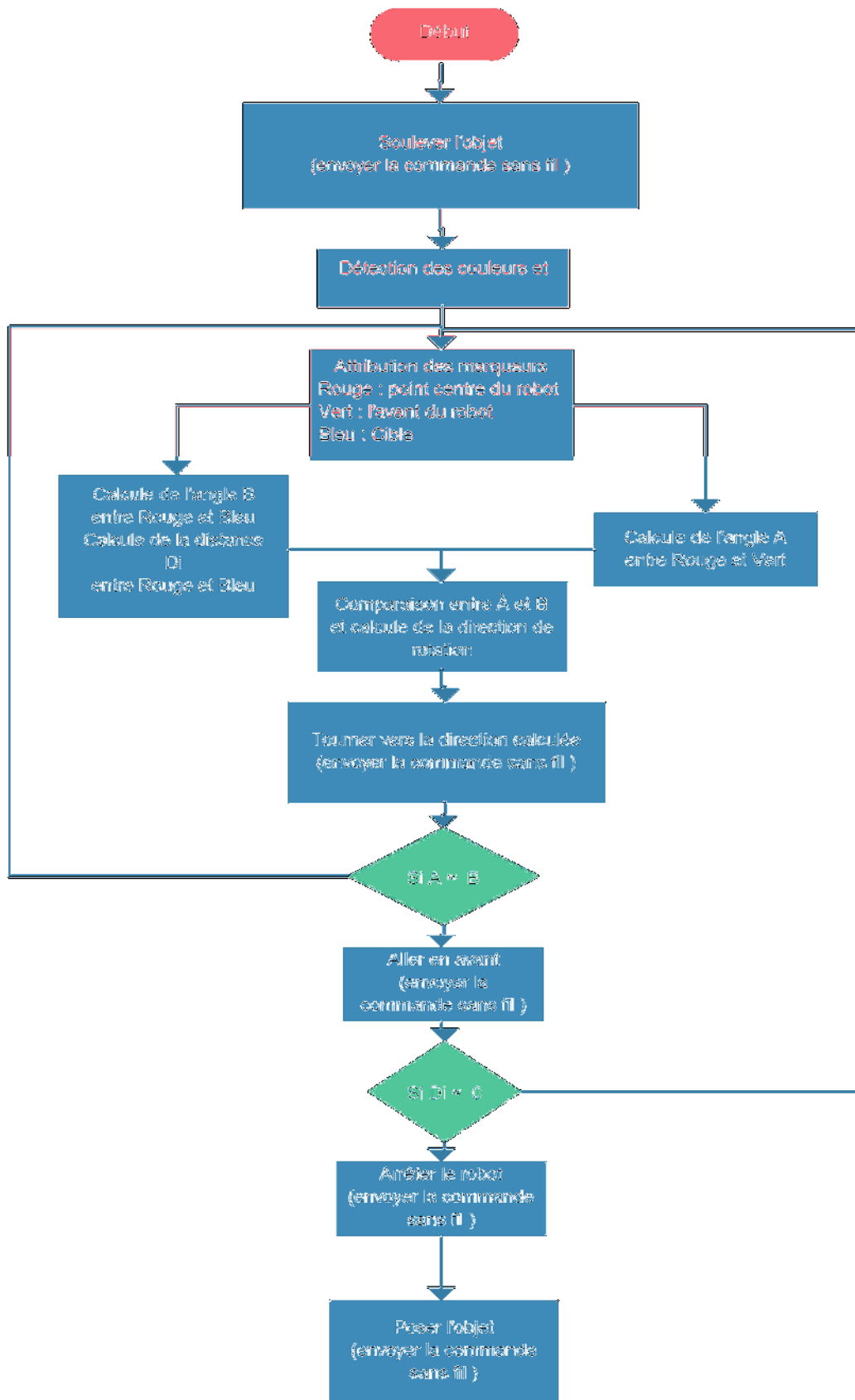


L'Arduino est équipé de quatre boutons, un afficheur LCD et une communication par port série avec Matlab, donc les commandes ou l'affichage se fait instantanément.

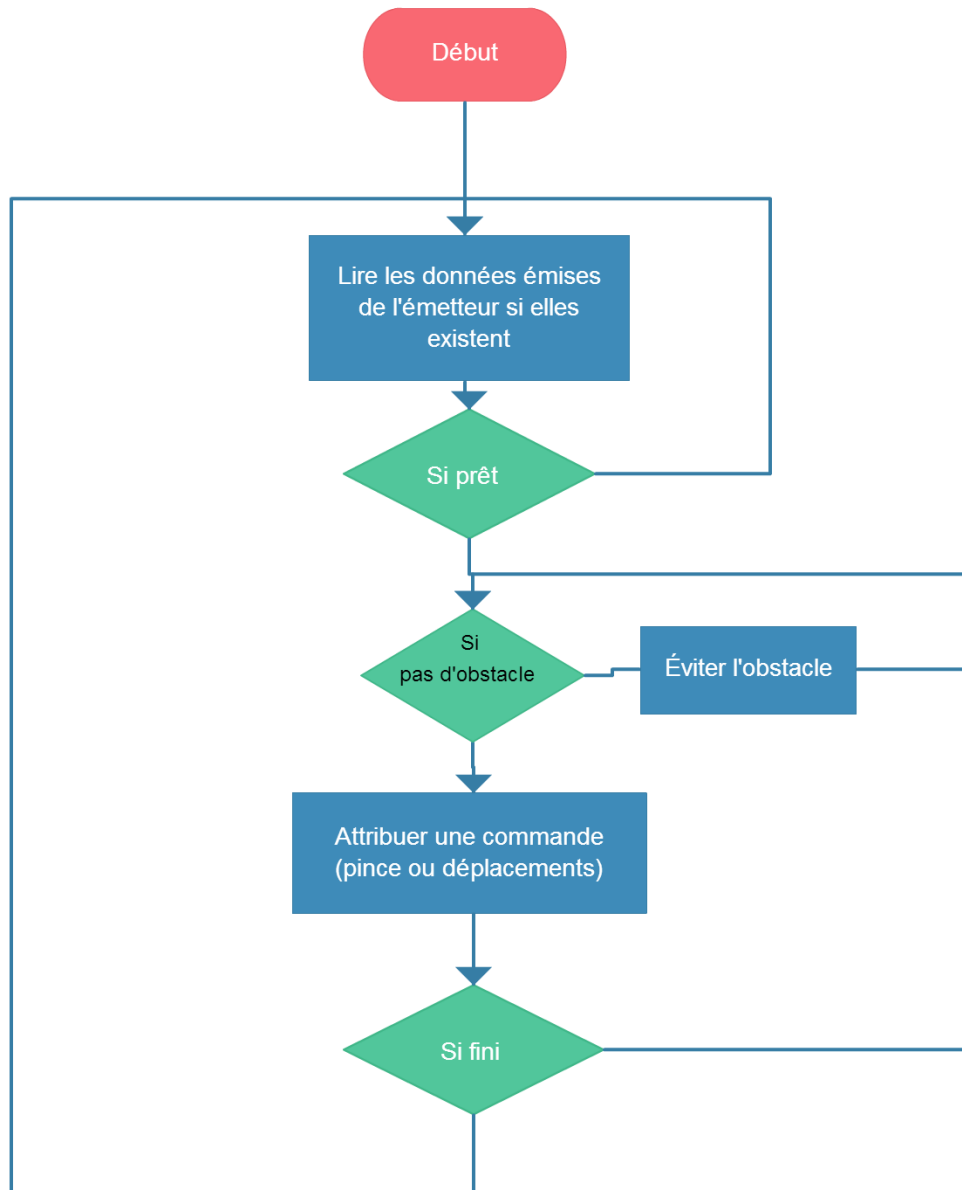
3. L'organigramme suivi de la cible :



4. L'organigramme déplacement d'un objet :

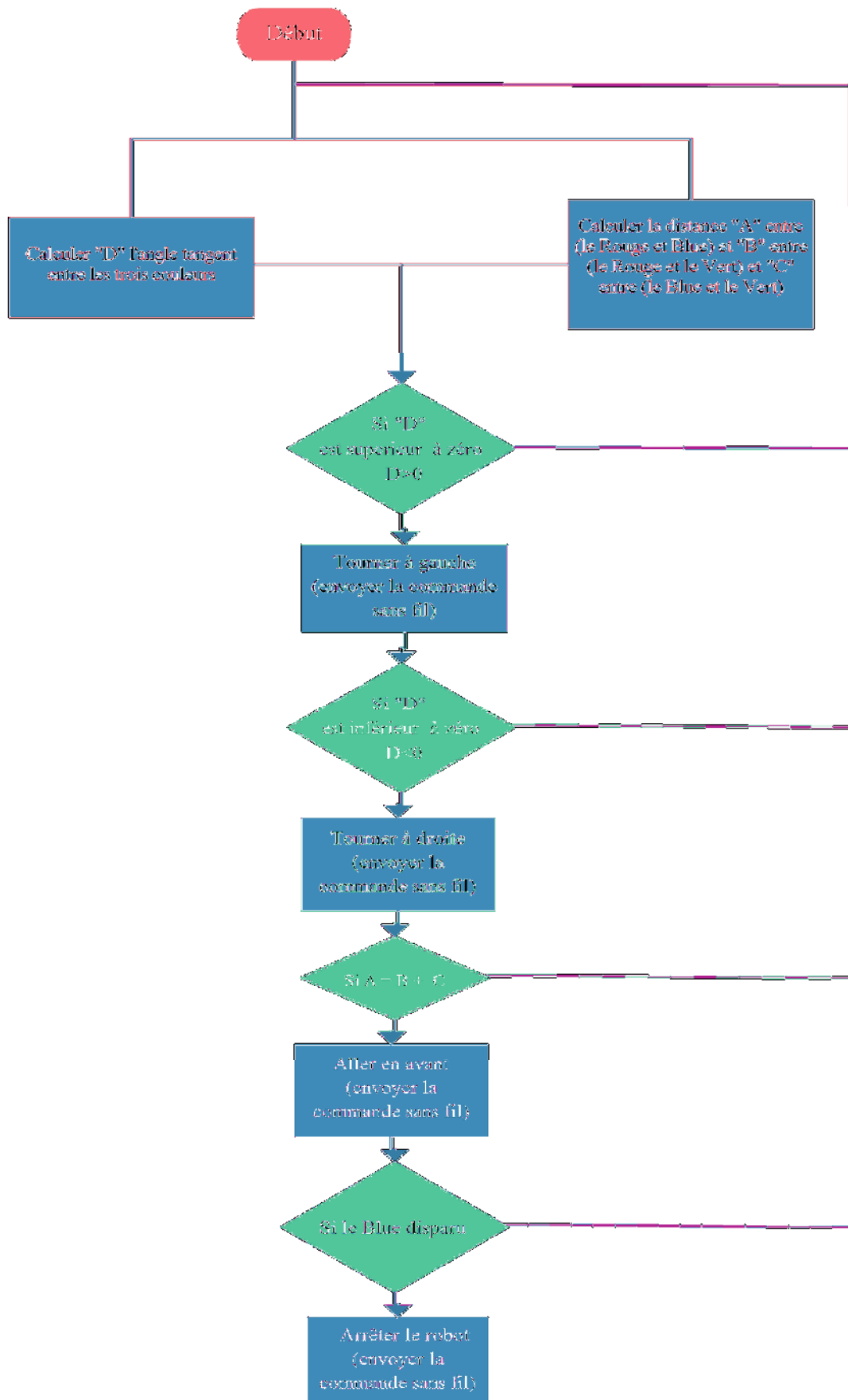


5. L'organigramme de réception :

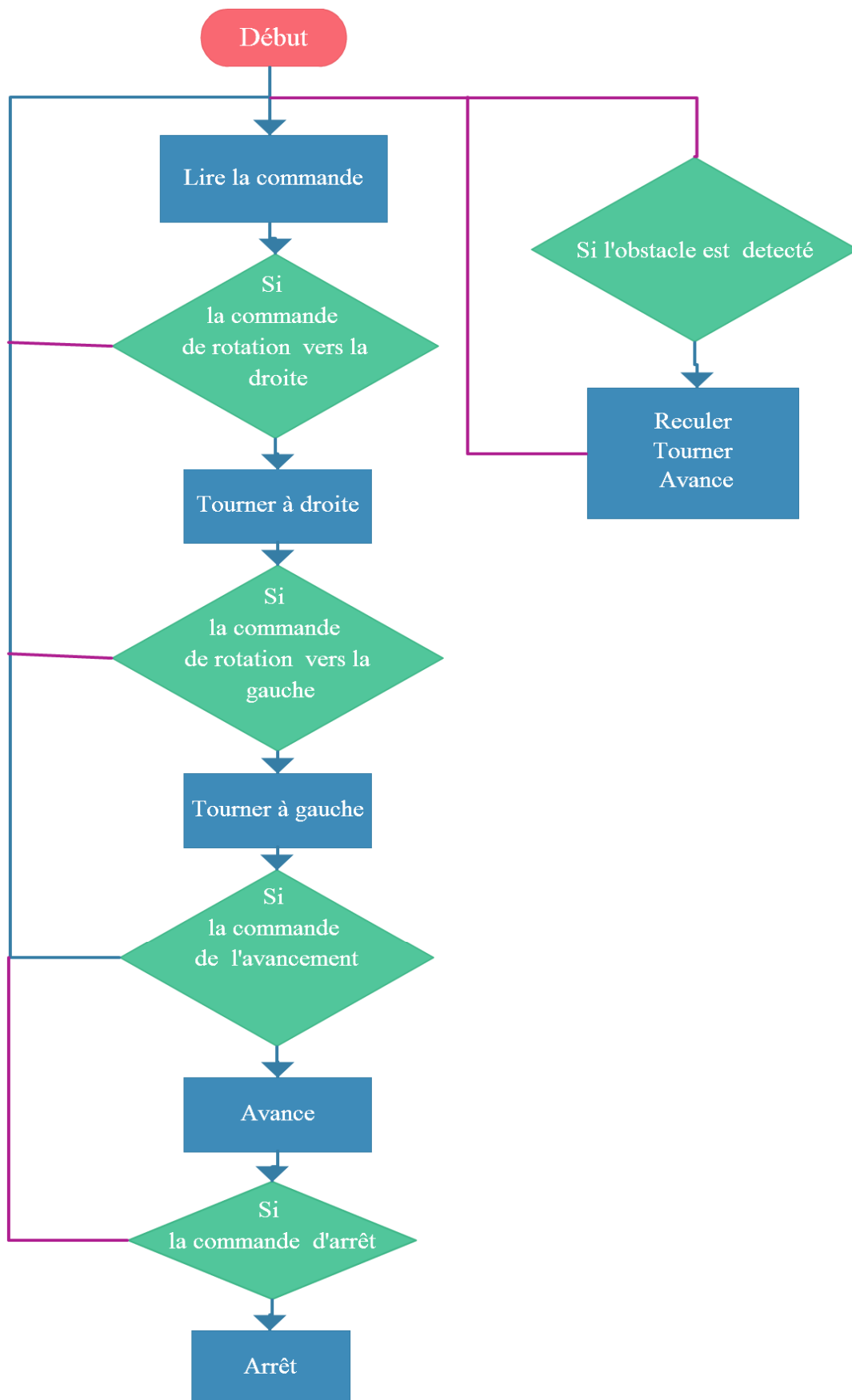


Le robot est commandé par la carte RedBoard, une fois qu'elle reçoit une commande elle sera communiquée directement aux roues et à la pince par le bus de communication I2C.

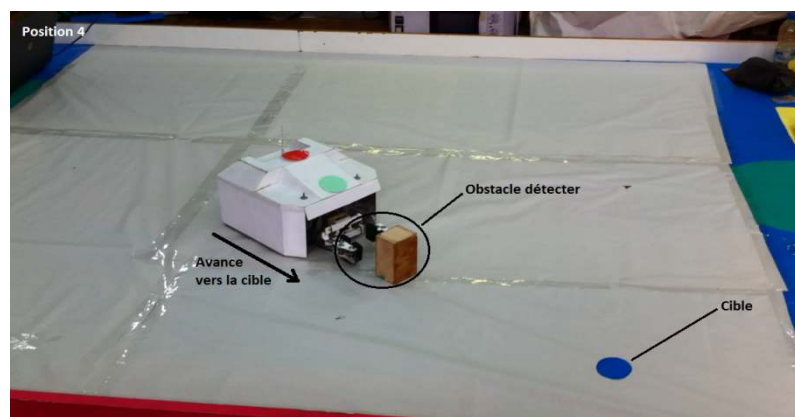
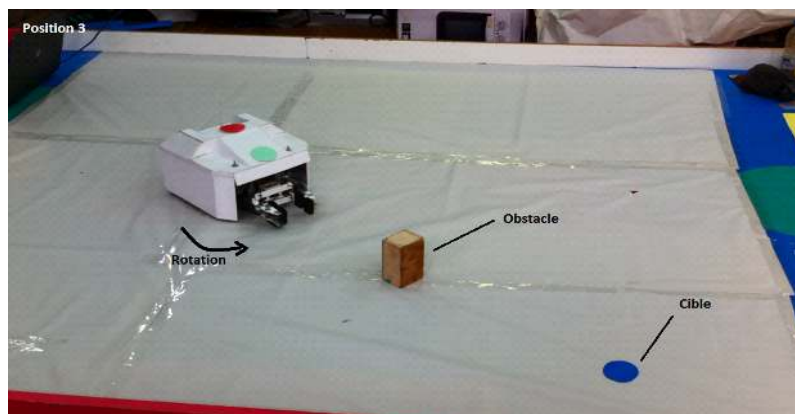
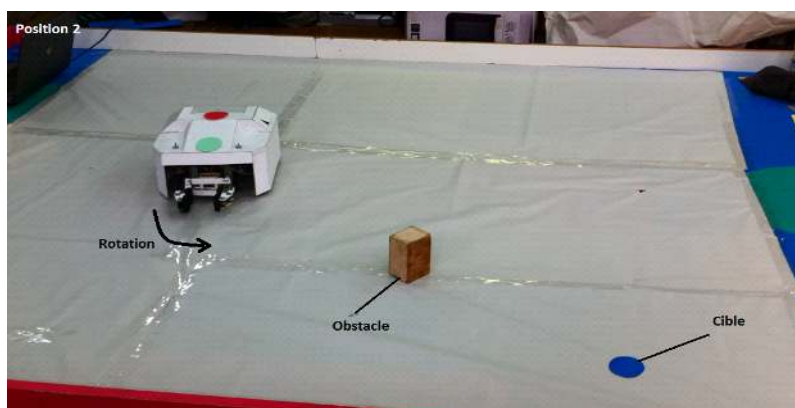
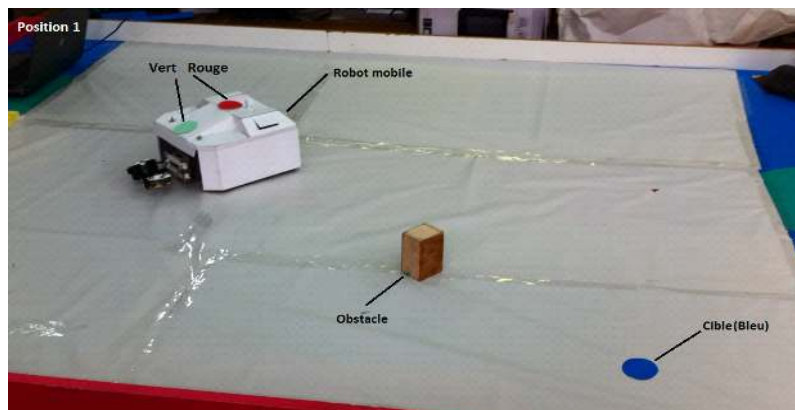
Les organigrammes de la deuxième méthode :

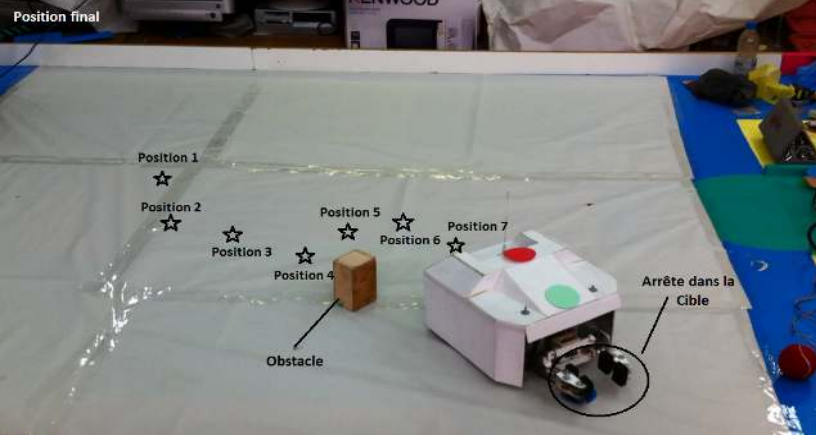
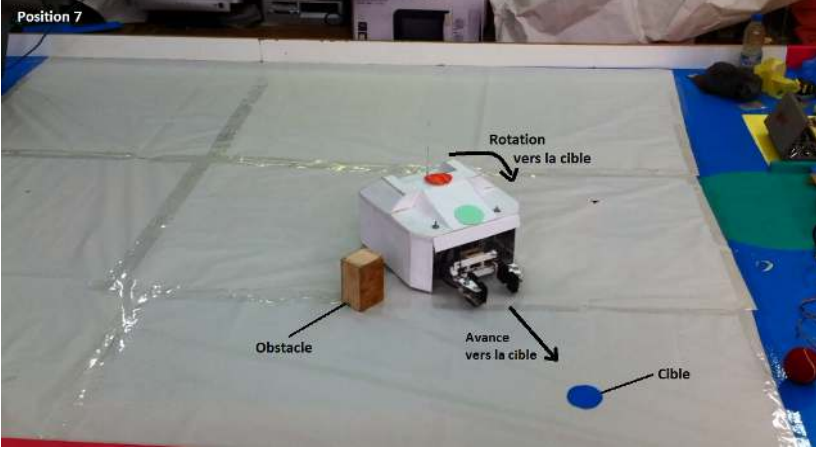
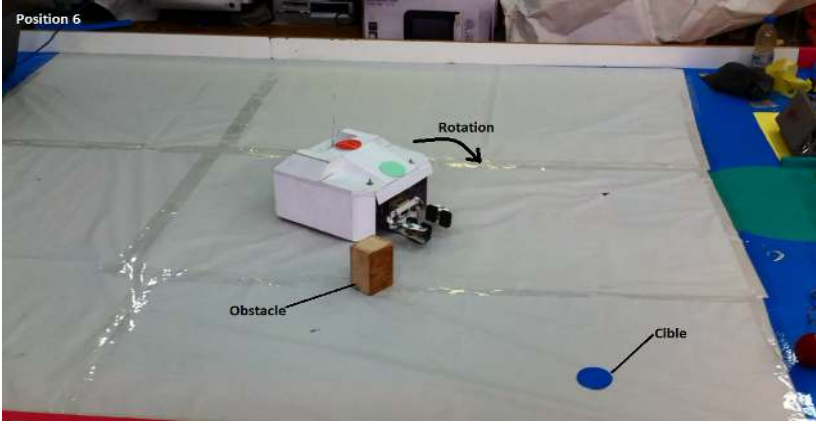
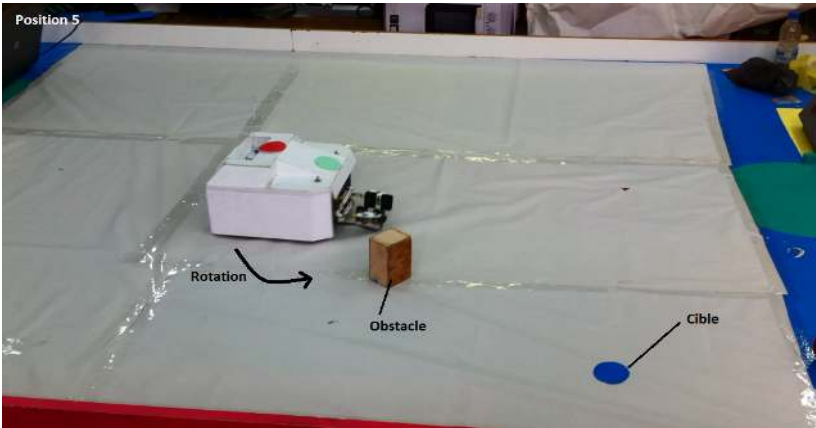


L'organigramme de la carte de commande (récepteur) :



Des photos instantanées de robot mobile durant la navigation vers la cible :





IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mentionné tous les composants de notre robot mobile, nous avons aussi expliqué les systèmes de communications utilisés entre les constituants du robot ainsi que la communication entre le micro-ordinateur et le robot.

Nous avons conclu que la bonne détection de couleur avec l'extraction de ces coordonnées est une étape très importante dans notre travail pour que l'algorithme donne de bons résultats sans problèmes particuliers.

Les deux algorithmes sont capables d'atteindre le but désiré de notre projet, la localisation instantanée du robot permet au robot de naviguer d'une façon autonome vers la cible.

Conclusion générale

La réalisation d'un système robotisé autonome doit généralement accomplir trois tâches de base qui sont la localisation, la planification et la navigation. La localisation est la tâche la plus essentielle car elle détermine le bon déroulement des deux autres.

Dans ce travail on s'est intéressés à la localisation d'un robot mobile à roues. On a étudié deux méthodes de localisation différentes, qui sont généralement utilisées en robotique mobile, à savoir la localisation relative et la localisation absolue. On a utilisé la méthode de localisation par vision avec une webcam. En effet pour être autonome, un robot mobile doit être capable d'adapter l'exécution d'un ensemble d'actions suivant les variations dans son environnement. Il a donc besoin de percevoir l'environnement et de raisonner sur les données perceptuelles acquises.

La localisation par vision, utilisée dans notre projet est très riche en quantité d'informations, ce qui implique un certain nombre de problèmes :

- Beaucoup d'informations engendrent une très grande quantité de données brutes.
- Représentation d'un environnement 3D sous forme de données 2D.
- Le changement d'éclairage peut engendrer des pertes d'informations et chevauchement entre les couleurs.

Malgré tout les problèmes cités précédemment, nous pouvons estimer que les résultats expérimentaux que nous avons obtenus sont très satisfaisants dans le sens où le cahier des charges préalablement fixé a été atteint. Ceci n'empêche pas de prévoir un certain nombre d'améliorations tels que l'utilisation d'une caméra de meilleure qualité munie d'un objectif permettant découvrir une plus grande surface et donc élargir l'espace travail du robot. Ceci permettra aussi d'envisager des applications pratiques dans plusieurs domaines tels que le guidage de robot mobiles de transport dans un environnement industriel restreint, dans le nettoyage des gares ou aéroports etc...

En perspective et afin d'améliorer l'acquisition, nous proposons d'installer une deuxième webcam pour une représentation stéréoscopique "3D" de la scène réel.

Bibliographie

[1] Site web : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Robot#Historique>

[2] SLIMANE Noureddine, « Système de localisation pour robots mobiles », Thèse de doctorat en robotique, Université de Batna. 2005.

[3] Ph. Bidaud, Cours de Modélisation des Systèmes Robotiques, Université Pierre et Marie Curie. Master Systèmes Intelligents et Robotiques

[4] Mouna Souissi, Introduction à la mécatronique, HEI l'ingénieur pour le monde

[5] CHERROUN Lakhmissi , « Navigation Autonome d'un Robot Mobile par des Techniques Neuro-Floues » , Thèse de doctorat en automatique , Université Mohamed Khider – Biskra , 2014.

[6] Laetitia Matignon, « Introduction a la robotique », Université de Caen, France, 2011/2012

[7] Omar AÏT-AIDER, « Localisation référencée modèle d'un robot mobile d'intérieur », Thèse de doctorat en robotique , Université d'Evry. 2002.

[8] Cyril DROCOURT, « Localisation et modélisation de l'environnement d'un robot mobile par coopération de deux capteurs omnidirectionnels », thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne. 2002.

[9] BALI Chaher eddine et ABAIDI Hakim, « Réalisation d'un robot mobile avec évitement d'obstacle et trajectoire programmé », Mémoire de Fin d'Etudes Master, Université Mohamed Khider Biskra.

[10] Site web : http://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Doppler

[11] Sébastien GROS, Systèmes de positionnement d'un robot dans le cadre de la coupe Eurobot, Club ROBOTIK2000.

[12] J. P. Laumond, "La robotique mobile", Hermès Science Publications, 2001, Paris, ISBN 2-7462-0246-8.

- [13] David FILLIAT, "Robotique Mobile", Cours C10-2, ENSTA, France, Octobre 2004.
- [14] Hadjila Feth Allah et Bouabdallah Réda, « Reconnaissance des visages en utilisant les réseaux de neurones ». Mémoire d'ingénieur. Université de Tlemcen. 2003.
- [15] J.P. Gastellu-Etchegorry , « Acquisition et traitement d'image numérique » , Département de Mesures Physiques, Université Paul Sabatier . Avril 2008.
- [16] Cours de Traitement d'image, Licence de Physique S6 , Université de Picardie Jules Verne , Année Académique 2007-2008
- [17] KADDOUR Chakib, AISSA BRAHIM Salim, « Généralités sur le traitement d'images ».
- [18] Site web : <http://nguyen.univ-tln.fr/projet-c-traitement-dimages.html>
- [19] MELIANI Maamar, « Segmentation d'Image par Coopération Régions-Contours », mémoire de magister. Ecole nationale Supérieure en Informatique. 2012.
- [20] Arnaud CAPRI, Caractérisation des objets dans une image en vue d'une aide à l'interprétation et d'une compression adaptée au contenu : application aux images échographiques, thèse doctorat, Université D'ORLÉANS. 2007.
- [21] Site web : <http://french.alibaba.com/product-free/emg30-motor-with-gearbox-and-encoder-243848785.html>
- [22] Site web : <http://www.aurel32.net/elec/i2c.php>
- [23] Site web : <http://www.robotshop.com/ca/fr/microcontroleur-redboard-compatible-arduino.html>
- [24] Site web : <http://www.lextronic.fr/P3104-module-de-commande-de-moteur-md25.html>
- [25] Cour Architecture fonctionnelle d'un système communicant, Transmission série : Le bus SPI
- [26] Site web : <http://fr.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

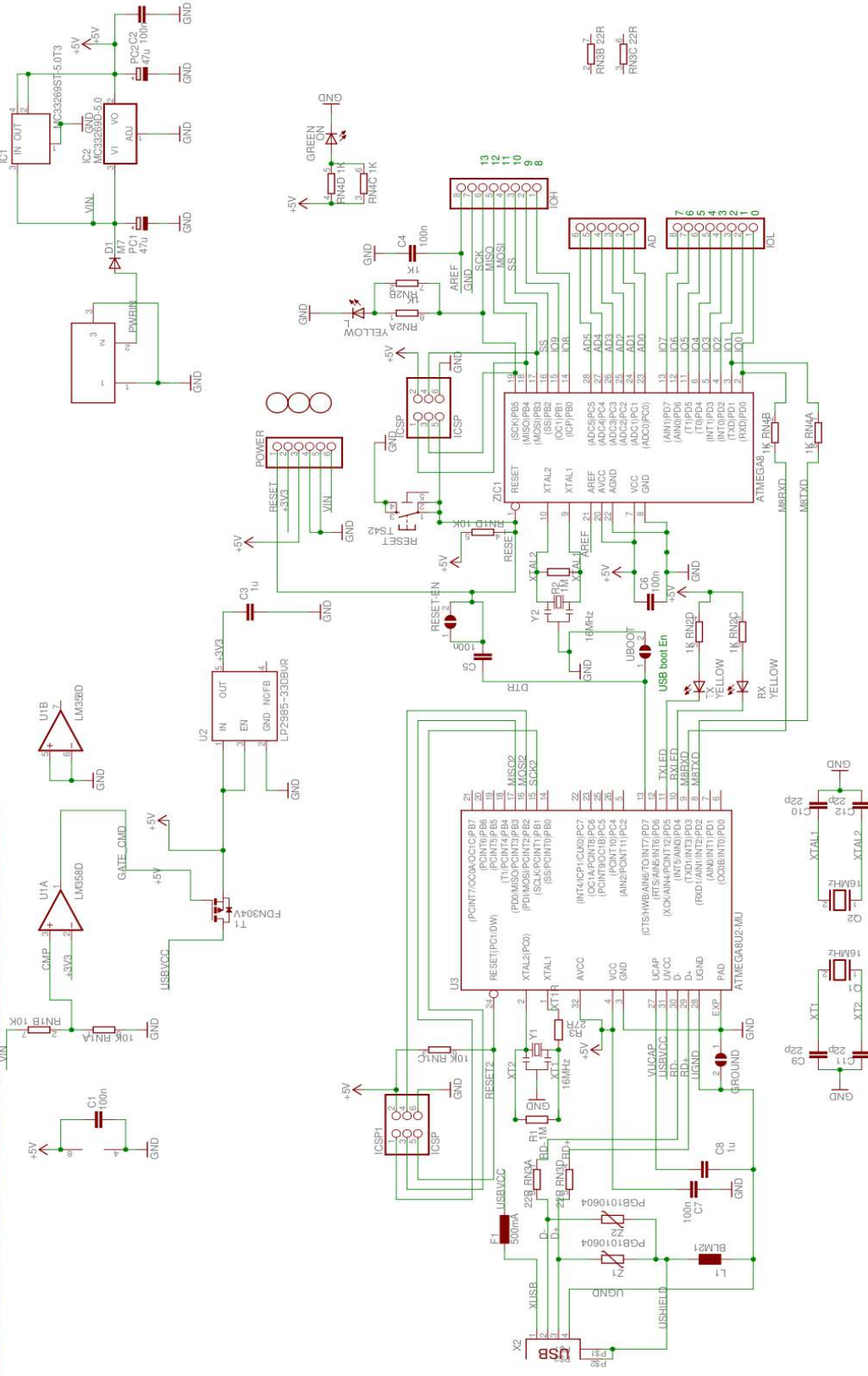
Annexe

Schéma simplifié de la carte Arduino UNO

Arduino™ UNO Reference Design

References Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "Reserved" or "undefined". Arduino reserves the right for future definition and modification of any features or instructions marked "Reserved" or "undefined" without changes to them. The product information on the Web Site or datasheet is subject to change without notice. Do not imitate a design with this information.



Caractéristiques d'Arduino Uno :

Micro contrôleur : ATmega328

Tension d'alimentation interne = 5V

tension d'alimentation (recommandée)= 7 à 12V, limites =6 à 20 V

Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM

Entrées analogiques = 6

Courant max par broches E/S = 40 mA

Courant max sur sortie 3,3V = 50mA

Mémoire Flash 32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader

Mémoire SRAM 2 KB

mémoire EEPROM 1 KB

Fréquence horloge = 16 MHz

Dimensions = 68.6mm x 53.3mm

Moteur a courant continu EMG30

Caractéristique de moteur EMG30 :

Tension nominale: 12 V

Couple nominal: 1.5kg.cm

Vitesse nominale: 170 RPM

Courant nominal: 530mA

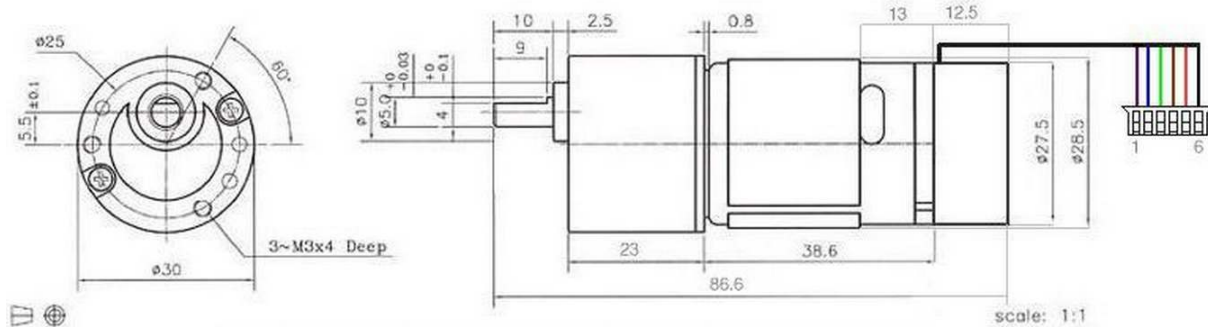
Vitesse à vide: 216

Courant à vide: 150mA

Décrochage courant: 2.5A

Puissance nominale: 4.22 W

Codeur coups par Drive l'arbre tournant: 360



Le moteur EMG30 est fourni avec un connecteur JST à 6 voies

Voici ci-dessous les couleurs des fils de moteur et leurs connexions :

Violet (1) : capteur à effet Hall B V out

Bleu (2) : capteur à effet Hall A V out

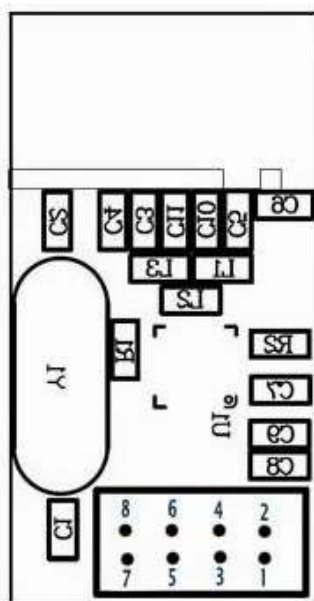
Vert (3) : capteur à effet Hall « terre »

Brun (4) : capteur à effet Hall Vcc

Rouge (5) : le positive du moteur (+)

Noir (6) : le négative de moteur (-)

Le module émetteur/récepteur NRF24L01



- (1) GND : masse « marron »
- (2) VCC : 3.3V « rouge »
- (3) CE (Pin controls RX / TX) : résistance 10 k Ω : digital pin8 « vert »
- (4) CSN (Chip select) : résistance 10 k Ω : digital pin7 « bleu »
- (5) SCK --> résistance 10 k Ω : digital pin13 « blanc »
- (6) MOSI --> résistance 10 k Ω : digital pin11 « noir »
- (7) MISO --> digital pin12 « jaune »
- (8) IRQ --> non utilisé « orange »

Le schéma du module est le suivant :

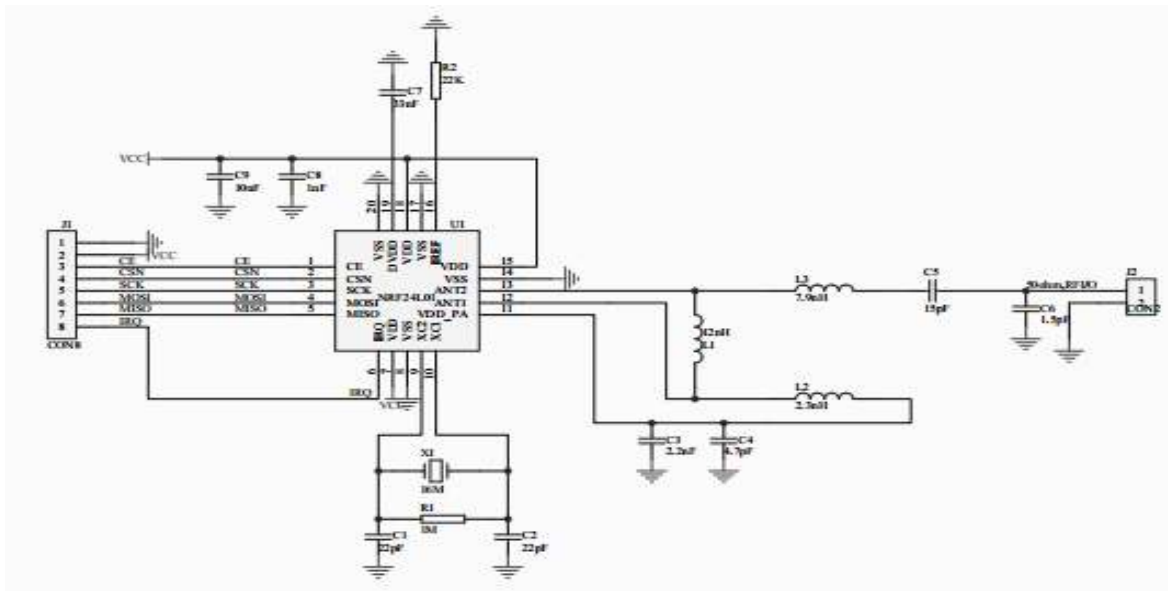


Schéma de Télémètre infrarouge SHARP GP2Y0D815

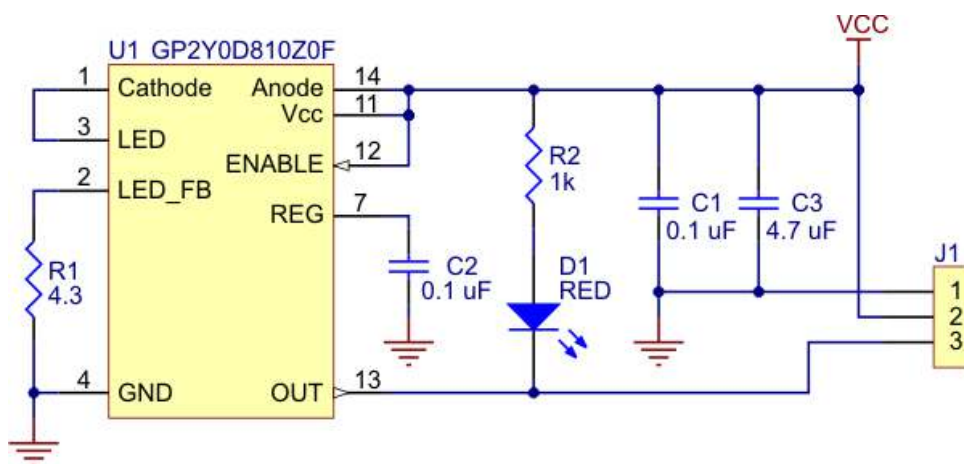
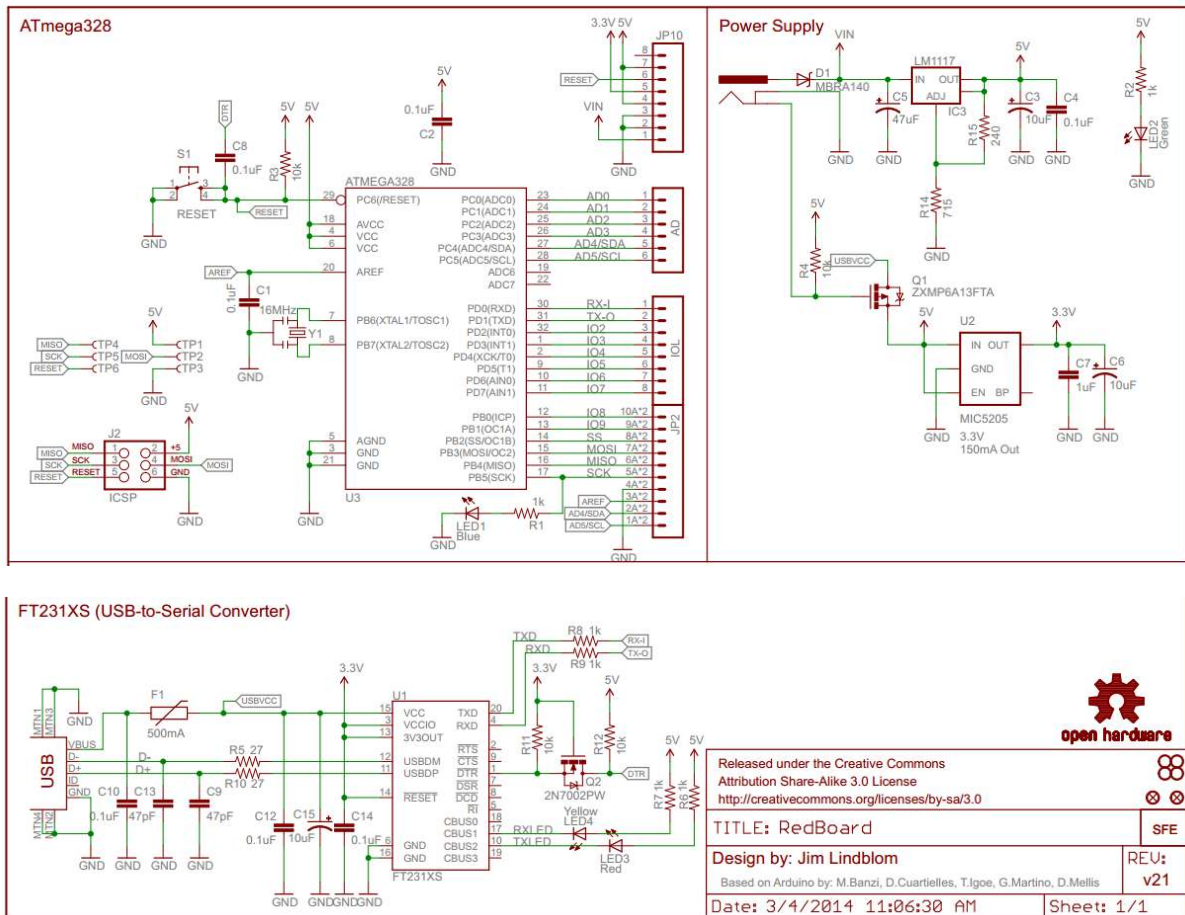


Schéma de la carte RedBoard



Caractéristiques:

- alimentation: via port USB ou 7 à 15 V sur connecteur alimenté
- microprocesseur: ATmega328
- mémoire flash: 32 kB
- mémoire SRAM: 2 kB
- mémoire EEPROM: 1 kB
- 14 broches d'E/S dont 6 PWM
- 6 entrées analogiques 10 bits
- intensité par E/S: 40 mA
- cadencement: 16 MHz
- bus série, I2C et SPI
- gestion des interruptions
- fiche mini-USB
- dimensions: 70 x 53 x 13 mm