

Ordre...../F.S.S.A/UAMOB/2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département : Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :
DAHMANI Kamilia
ADJOU Said

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : Electronique
Option : Electronique des Systèmes Embarqués

Thème :
**Développement d'un robot intelligent de
triage et stockage des objets à base de
l'Atmega 2560**

Devant le jury composé de :

A.BENZAOU	MAA	UAMOB	Président
H.AITABBAS	MCB	UAMOB	Encadreur
M.DJEBIRI	MAA	UAMOB	Examinateur
S.ISSAOUNI	MAA	UAMOB	Examinateur

Année Universitaire 2018/2019

Dédicace

Je dédie ce mémoire

À Toute ma famille.

À tous mes amis.

À Toute la Promotion 2019.

Said

Je dédie ce mémoire

À mes parents, symboles de courage et de volonté.

À ma chère soeur et mon cher frère

À toute ma famille et mes amis

À Toute la Promotion 2019

Kamilia

Remerciement

Tout d'abord nous remercions ALLAH le tout puissant , qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciement à notre encadreur de mémoire monsieur Aitabbas Hamou de nous avoir proposé ce sujet de mémoire et de l'attention qu'il a porté à notre travail. Nous avons découvert grâce à lui le monde de la recherche dans les meilleurs conditions. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour sa confiance , son attention, et surtout pour la grande patience qu'il a manifesté. Sans ses conseils, son soutien et sa disponibilité , ce travail n'aurait pas pu être couronné de succès.

Nos vifs remerciements vont également aux membre de jury d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail, et pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs proposition.

Nous remercions tout particulièrement les professeurs de l'université Akli Monhand Oulhadj notamment ceux du département de génie électrique.

Sans oublier de remercier nos amis, nos proches et toutes les personnes qui nous ont apporter leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Et pour finir nous présentons nos remerciement les plus sincères à nos chères familles, particulièrement à nos parents pour leur soutien inconditionnel et pour leur encouragement durant toute nos années d'étude.

Table des matières

Dédicace	i
Remerciement	iii
Table des matières	v
Table des figures	ix
Liste des tableaux	xiii
Liste des symboles	xiii
Introduction	1
1 Généralité sur l'automatisme et la robotique	3
1.1 Introduction	3
1.2 Robotique	3
1.2.1 Historique	3
1.2.1.1 Automates (1ère génération)	4
1.2.1.2 Robots de 2ème génération	4
1.2.1.3 Robots dotés d'intelligence artificielle (3ème génération)	4
1.2.2 Domaines d'application de la robotique	5
1.2.2.1 Domaine industriel	5
1.2.2.2 Domaine ludique	6
1.2.2.3 Domaine médical	8
1.2.2.4 Domaine militaire	9
1.2.3 Types de robots	9
1.2.3.1 Robots manipulateurs	9
1.2.3.2 Robot mobiles	12
1.2.3.3 Classification des Robots Mobiles	12
1.3 L'Automatisme	14
1.3.1 Introduction	14
1.3.2 Historique	15

1.3.3	Domaines d'application	17
1.3.3.1	Restauration automatisée	17
1.3.3.2	Gestion automatisée des déchets	18
1.3.3.3	Automatisation domestique	18
1.3.3.4	Automatisation de laboratoire	18
1.3.3.5	Automatisation industrielle	19
1.3.4	Avantages et inconvénients	19
1.4	triage automatique industriel	21
1.4.1	Système de tri par taille	21
1.4.2	Système de tri par poids	22
1.4.3	Système de tri par matériaux	23
1.4.4	Système de tri par couleur	23
1.4.4.1	Avec une camera	23
1.4.4.2	Avec un capteur de couleur	23
1.5	CONCLUSION	25
2	Etat de l'art	27
2.1	Introduction	27
2.2	Les cartes de développement	27
2.2.1	Carte Arduino	27
2.2.2	Principaux type de la carte Arduino et ses caractéristiques . . .	28
2.2.2.1	Arduino Uno	28
2.2.2.2	Arduino Méga	30
2.3	Techniques de liaison	30
2.3.1	Technologie de bus filaire	31
2.3.1.1	Interface périphérique série (SPI)	31
2.3.1.2	Bus filaire I2C	32
2.3.2	Connexion sans fils	34
2.3.2.1	Avantages d'un réseau sans fil	34
2.3.2.2	Techniques de transmission	34
2.4	Actionneurs	37
2.4.1	Servomoteurs	37
2.4.1.1	Commande d'un servomoteur	38
2.4.2	Moteur à courant continu	39
2.4.2.1	Principe de fonctionnement du moteur à courant continu	39
2.4.2.2	Contrôle de la vitesse et du sens de rotation	40
2.4.3	Le module de puissance L298N	41
2.4.3.1	Spécifications du composant de contrôle en puissance	42
2.4.3.2	Description du module L298N	42

2.5	Capteurs	42
2.5.1	Capteurs infrarouges	42
2.5.1.1	Spécifications du module	43
2.5.1.2	Branchement avec la carte arduino	43
2.5.2	Photorésistance	44
2.5.2.1	Avantages	44
2.5.2.2	Inconvénients	44
2.5.3	Capteur RGB	45
2.5.3.1	Mécanisme de perception de la couleur	45
2.5.3.2	Objet éclairé en lumière colorée	45
2.5.3.3	Exemples	46
2.6	CONCLUSION	46
3	Conception et réalisation de la station de tri et du véhicule de stock	47
3.1	Introduction	47
3.2	Partie (1) : station de triage	48
3.2.1	Système d'acheminement automatique	48
3.2.2	Tapis roulant	49
3.2.3	Capteur de couleur	51
3.2.3.1	Branchement du capteur de couleur	51
3.2.3.2	présentation du boîtier	52
3.2.3.3	Fonctionnement du capteur	52
3.2.3.4	Lecture couleur	54
3.2.4	Mécanisme de tri	56
3.2.5	Alimentation	57
3.2.6	Vue d'ensemble de la station de tri	59
3.3	Partie (2) : véhicule de stockage	59
3.3.1	Châssis du véhicule	59
3.3.1.1	Composants du véhicule	60
3.3.2	Branchement des Moteurs	60
3.3.2.1	Déplacements possibles du véhicule	61
3.3.3	Module infrarouge YL-70	64
3.3.3.1	Branchement du YL-70 avec l'arduino	64
3.3.3.2	Principe de la détection de la ligne	65
3.3.3.3	Gestion des cas possibles	66
3.3.3.4	Parcours du véhicule	67
3.3.3.5	Gestion de l'interruption	67
3.3.3.6	Organigramme du suiveur de ligne	68
3.3.3.7	Organigramme du programme d'interruption	69
3.3.4	Mécanisme de levage	69
3.3.5	Ligne et parcours du véhicule	71

3.3.6	Circuit du véhicule	71
3.4	Partie (3) : Interface de commande	72
3.4.1	Vue globale de l'interface de commande	72
3.4.1.1	Bouton poussoir	74
3.4.1.2	Afficheur LCD	74
3.4.2	Mode automatique	75
3.4.3	Mode manuel	76
3.5	Partie (4) : Software	77
3.5.1	Arduino IDE	77
3.5.1.1	Présentation	77
3.5.1.2	Structure générale du programme (IDE Arduino) . . .	79
3.5.2	Fritzing	79
3.5.2.1	Présentation	79
3.6	Conclusion	80
	Conclusion générale	81
	Bibliographie	83

Table des figures

1.1	Robots-Yaskawa motoman	5
1.2	Robot ménager ROOMBAT	6
1.3	LINE-US robot dessinateur.	7
1.4	Robot musicien par le groupe TOYOTA	7
1.5	Robot Spyder par Mark Tilden.	8
1.6	Le robot chirurgical Da Vinci XI	9
1.7	Robot utilisé dans le domaine militaire	9
1.8	Nukklear industrie bras télémanipulateurs.	10
1.9	Bras robotique "pick and place"	11
1.10	Robot à commande numérique.	11
1.11	Exemple de robot mobile à chenilles.	14
1.12	Exemples des robots marcheurs	14
1.13	Clepsydre horloge à eau.	15
1.14	Le canard de Vaucanson	16
1.15	Orgue mécanique	16
1.16	Atelier de tissage en 1953 a Fresnoy-le-Grand avec jacquard	17
1.17	Machine a tissser jacquard.	17
1.18	Camion poubelle automatique.	18
1.19	Machine de tri de pomme de terre par taille	22
1.20	Machine de tri de pomme selon poids	22
1.21	OPEN CV software de traitement d'image.	23
1.22	Machine de tri de tomate	24
2.1	Constitution de la carte Arduino UNO	29
2.2	Arduino MEGA 2560	30
2.3	Configuration SPI avec maître et esclave.	31
2.4	Architecture I2C avec plusieurs maîtres et plusieurs esclaves.	33
2.5	condition RESTART du bus I2C.	33
2.6	condition STOP du bus I2C.	34
2.7	Réseau NRF24I01	36
2.8	NRF 24I01 pinout	36
2.9	Tower Pro micro servo SG 90 à rotation angulaire	38

2.10	Les différentes positions du servomoteur en fonction de la largeur d'impulsion.	39
2.11	Principe du moteur à courant continu.	40
2.12	Un pont en H	40
2.13	diagramme des sens de rotation du moteur.	41
2.14	Branchement du module l298n avec l'arduino	42
2.15	Photorésistance.	44
2.16	principe de reflexion de couleur.	45
2.17	Absorption sélective des pigments primaires et secondaires lors de la réflexion sur un objet opaque.	46
3.1	Vue globale du système.	48
3.2	Mecanisme d'acheminement automatique.	48
3.3	Piston en action.	49
3.4	Organigramme du piston.	49
3.5	Vue primaire sur le convoyeur.	50
3.6	Branchement du tapis roulant (module L298N + moteurs et arduino).	50
3.7	Figure montrant la direction de marche des moteurs selon les entrées du module.	51
3.8	dimensions du tapis roulant.	51
3.9	Branchement du capteur de couleur.	52
3.10	boitier du capteur RGB.	52
3.11	Organigramme capteur couleur.	53
3.12	Diviseur de tension.	53
3.13	Valeur lue par l'arduino avant et après projection.	54
3.14	Valeur lue par l'arduino avant et après projection.	55
3.15	Valeur lue par l'arduino avant et après projection.	55
3.16	Valeur lue par l'arduino avant et après projection.	56
3.17	Mécanisme de tri	57
3.18	Bloc d'alimentation.	57
3.19	Brochage de l'alimentation 24/20 broches.	58
3.20	branchement d'alimentation avec les modules.	58
3.21	Vue d'ensemble des principeaux blocs de la station de tri.	59
3.22	Vue globale du vehicule.	59
3.23	Dimensions du chassis	60
3.24	Branchement des moteurs avec le L298N et l'arduino UNO.	61
3.25	Emplacement des roues.	61
3.26	Directions possibles du robot.	63
3.27	Module YL-70	64
3.28	Branchement YL-70 avec arduino.	65
3.29	Disposition des capteurs.	65

3.30	Ligne à suivre.	67
3.31	Emplacement et dimensions de l'interruption.	67
3.32	Organigramme de gestion d'interruption.	68
3.33	Organigramme suiveur de ligne.	68
3.34	Organigramme du programme d'interruption.	69
3.35	Mécanisme de levage.	70
3.36	Mécanisme de levage.	70
3.37	Parcours du robot.	71
3.38	Circuit électronique du robot.	72
3.39	Vue globale sur l'interface de commande.	73
3.40	Composants de l'interface.	73
3.41	Bouton poussoir.	74
3.42	Afficheur LCD avec interface I2C.	75
3.43	Organigramme du programme automatique.	76
3.44	Organigramme du programme manuel.	77
3.45	Interface de la plateforme Arduino.	78
3.46	HyperTerminal de l'Arduino (Moniteur Série).	78
3.47	Structure générale du programme (IDE Arduino).	79
3.48	Interface de la plateforme Fritzing.	80

Liste des tableaux

2.1	Caractéristiques de la carte Arduino uno.	29
2.2	Repartition des pins sur la carte arduino UNO.	29
2.3	Caractéristiques de la carte Arduino méga.	30
2.4	Répartition des pins de la carte arduino Mega 2560.	30
3.1	Tableau des cas possibles.	56
3.2	Gestion des cas possibles.	66

$\Rightarrow \exists x \in X \forall y \in Y$
; $f(x) = y$

Introduction

Depuis les années 70, la robotique est devenue une science extrêmement populaire dans les milieux universitaires. Alliant un grand intérêt pédagogique et industriel, cette nouvelle science demande beaucoup de créativité et des connaissances pluridisciplinaires (Mécanique, électronique, automatique, informatique, mathématique, etc.). La motivation de l'intérêt montrée à cette discipline de recherche, vient directement du besoin qui ne cesse de croître que ce soit dans les domaines : industriel, médical, militaire ou autres, surtout lorsqu'il s'agit d'interventions dans des milieux dangereux ou inaccessibles à l'être humain. Comme c'est le cas des sites nucléaires dangereux ou l'exploration spatiale [51]. Dans le domaine industriel les robots mobiles manipulateurs interviennent dans les chaînes de fabrications pour agrandir encore d'avantage les espaces de travail des manipulateurs fixes [52]. L'assistance des malades malvoyants ou autres est encore un domaine qui intéresse les chercheurs en robotique mobile. D'autres chercheurs s'intéressent aussi à la navigation de véhicule autonome de transport public [53]. C'est à dire il existe plusieurs catégories de robots : les robots manipulateurs, les robots marcheurs qu'ils soient à pattes ou bipèdes, les robots aériens (exemple : drones), les véhicules marins ou encore les robots mobiles à roues.

L'automatisme est utilisé plus souvent dans l'industrie pour faciliter les tâches et accroître le taux de rendement ainsi que d'autres avantages.

L'auteur dans son travail [54] a utilisé un système automatique afin de trier les pommes de terres selon leurs tailles. On outre, le principe de triage automatique des pommes selon leur poids a été adopté dans le travail de [55]. D'autre part, l'auteur dans [56] a opté pour l'utilisation du triage par matériaux dans une station de recyclage pour extraire le fer. Ainsi, l'auteur dans [57] a contribué à l'utilisation d'une caméra pour la détection de couleur (open cv). En plus, dans le travail de l'auteur [58], un robot suiveur de ligne a été conçu. Comme contribution, l'auteur dans [59] a opté pour une communication sans fils entre deux cartes Arduino en utilisant le module NRF24L01.

Profitons de ces travaux, nous allons contribuer à mettre ensemble une chaîne de triage et de stockage des objets par couleur en utilisant des cartes arduino, ainsi que différents capteurs et actionneurs.

Pour y arriver, nous allons diviser notre travail comme suit :

-Chapitre 1 : décrit un aperçu général sur la robotique et l'automatisme , où nous donnerons une brève définition, et les différents types des robots avec quelques applications dans les différents domaines .

-Chapitre 2 : nous allons décrire l'ensemble de modules électroniques utilisés et leur branchement, nous allons voir aussi les différentes techniques de liaison (filaire -et non filaire) et les cartes de développement.

-Chapitre 3 : représente la partie réalisation qui constitue l'objectif de notre projet de fin d'étude. Ce chapitre contient :

- Partie (1) Station de triage où nous allons voir comment se fera l'acheminement automatique des objets ainsi le mécanisme de tri par couleur
- Partie (2) véhicule de stockage ,ceci est consacré pour la réalisation du véhicule et de ses différentes fonctions ainsi que le mécanisme de levage d'objets .
- Partie (3) détaillera une interface de commande qui commandera la chaîne de tri et le robot mobile de stockage.
- Partie (4) qui représente la partie software ou sera détaillé le logiciel ARDUINO IDE.

Ce mémoire se terminera par une conclusion générale et quelques perspectives.

7 < 5D=HF 9' =

; fb ffU`lhf`

gi f`

`fWi hca Uhlg

a Y`Yh`U`

fcVch`ei Y

Chapitre 1

Généralité sur l'automatisme et la robotique

1.1 Introduction

Nous avons tous déjà entendu parler, notamment dans les livres de science-fiction, de "ROBOT". Par définition, un ROBOT est un "Appareil qui agit de façon automatique pour une fonction donnée". Un ROBOT est donc un "Système Automatisé", c'est-à-dire, un système qui exécute toujours le même travail pour lequel il a été programmé.

Pour rappel, le Système Automatisé est toujours composé d'une «Partie Commande » et d'une « Partie Opérative ». Pour faire fonctionner ce système, l'Opérateur (la personne qui fait fonctionner le système) va donner des consignes à la Partie Commande. Celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécutés par la Partie Opérative. Une fois les ordres accomplis, la Partie opérative va le signaler à la Partie Commande (elle fait un compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'Opérateur. Ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé.

De nos jours, on trouve des systèmes automatisés un peu partout; Dans l'industrie, par exemple, on les utilise pour réaliser des tâches dangereuses ou particulièrement pénibles tels que :[1]

- Distributeur de boisson
- Sites nucléaire
- Feu de croisement
- Accès à un parking payant, ...etc.

1.2 Robotique

1.2.1 Historique

Le mot ROBOT est né avec une pièce de théâtre créée en 1920 par l'écrivain

tchèque Karel Capek. Cette pièce mettait en scène des ouvriers artificiels et androïdes fabriqués pour exécuter à la place des hommes des travaux pénibles et ennuyeux. Karel Capek donna à ces êtres le nom de « robota » qui en tchèque signifie « travail forcé, corvée ». On peut schématiquement distinguer trois principales ères en robotique : les automates, les robots n'étant pas dotés d'intelligence artificielle (IA), et ceux disposant d'une IA [2]

1.2.1.1 Automates (1ère génération)

Un automate, contrairement à un robot (même s'il ne dispose pas d'intelligence artificielle), obéit uniquement à un programme préétabli, que ce soit de manière mécanique ou électronique. De ce fait, il n'y a aucune adaptation possible entre l'automate et son environnement.

On attribue la paternité du tout premier automate de l'humanité à Architos de Tarente (IV^{ème} siècle avant J.C.). Il s'agissait d'une représentation d'un pigeon capable de voler et étant propulsé par de la vapeur. Malheureusement, aucun vestige ni aucun schéma ou représentation fidèle n'ont été retrouvés.

Les toutes premières traces d'automates remontent à l'antiquité par Héron d'Alexandrie au I^{er} siècle après J.C., ses réalisations ornèrent les temples et les théâtres de la ville égyptienne. En 1495 Léonard de Vinci présenta un chevalier humanoïde capable de s'asseoir, de relever sa visière et de bouger ses bras. Ainsi, L'automate le plus célèbre est le canard mécanique de Jacques De Vaucanson, capable d'ingurgiter de la nourriture et de la digérer tout en se déplaçant. De Vaucanson aurait également présenté en 1738 un second automate représentant un homme jouant d'un instrument à vent [2].

1.2.1.2 Robots de 2ème génération

Les robots de 2^{ème} génération disposent d'organe(s) sensoriel(s), autrement dit des capteurs, pouvant influencer sur leurs comportements. Ils sont donc relativement adaptables à leur environnement. Dans ce contexte, le chien électrique de Hammond et Miessner (1915) est le premier robot de ce genre. Il se déplace selon la luminosité de l'endroit grâce à son capteur optique.

Par la suite, le chien Phillidog de Henri Piraux en 1928, et le renard de Ducrocq (1953) ont fonctionné selon le même principe. En 1950, Walter Grey équipe sa tortue cybernétique de capteurs tactiles et lumineux[2].

1.2.1.3 Robots dotés d'intelligence artificielle (3ème génération)

Pour être intégré dans cette famille, un robot doit parvenir à effectuer une tâche par lui-même, sans aucune aide extérieure. En 1973, l'université de Waseda présente le tout premier humanoïde "intelligent" dénommé Wabot-1. Il est doué de la vision, peut manipuler des objets, effectue un semblant de marche et est même capable de débiter une conversation en japonais.

Hi-T-Hand d'Hitachi en 1974 manipule des aiguilles à travers des trous grâce à la

détection de force. Vers la fin des années 70, Hans Morava présente les premiers robots capables d'évoluer à l'extérieur, de façon autonome[2].

1.2.2 Domaines d'application de la robotique

On peut introduire la robotique dans plusieurs domaines vue qu'il existe de multiple application, dont on cite différents domaines :

- industriel
- ludique
- médical
- assistance et rééducation
- militaire...

1.2.2.1 Domaine industriel

Il existe 3 types de robots :

- Les robots de peinture ou de soudure : largement répandus ;
- Les robots de montage : de taille plus réduite ;
- Les robots mobiles d'inspection : dotés d'intelligence artificielle et tenant en compte l'environnement pour les modèles les plus complexes [3].

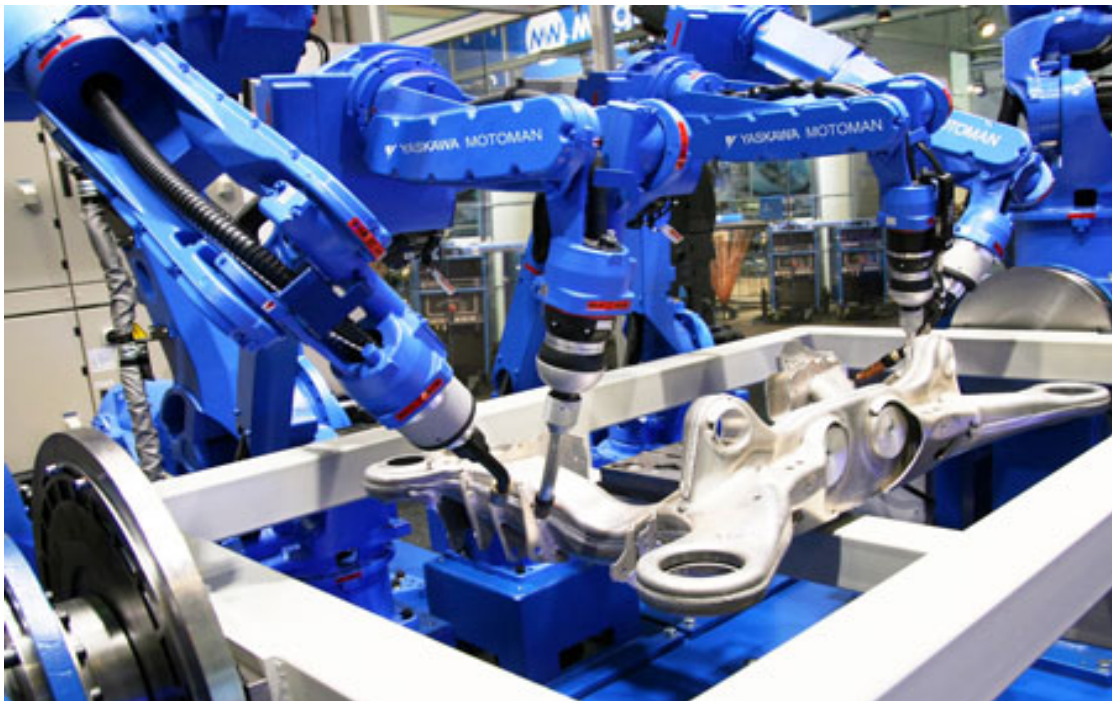


FIGURE 1.1 : Robots-Yaskawa motoman [28].

1.2.2.2 Domaine ludique

La robotique désigne les robots exclusifs aux domaines des jeux et de la vie domestique.

Robots ménagers



FIGURE 1.2 : Robot ménager ROOMBAT [29]

Les robots ménagers vous aideront à faire le ménage à l'intérieur de votre maison. Bien que leur technologie soit en cours de développement, les robots ménagers actuels vous soulageront dans votre quotidien. Nous pouvons citer :

- Les robots aspirateurs, dont le modèle le plus vendu en 2009 était le "roomba" avec environ 3 millions d'exemplaires ;
- Les robots laveur de vitres ;
- Les robots tondeuses à gazon ;
- Les robots laveur de piscines....[4].

Robots dessinateurs

Les robots dessinateurs reproduisent un texte ou un dessin en imitant les gestes humains. L'homme effectue au préalable son dessin sur une tablette tactile, puis le robot imite les gestes dans le même ordre temporel que le dessinateur humain [4]

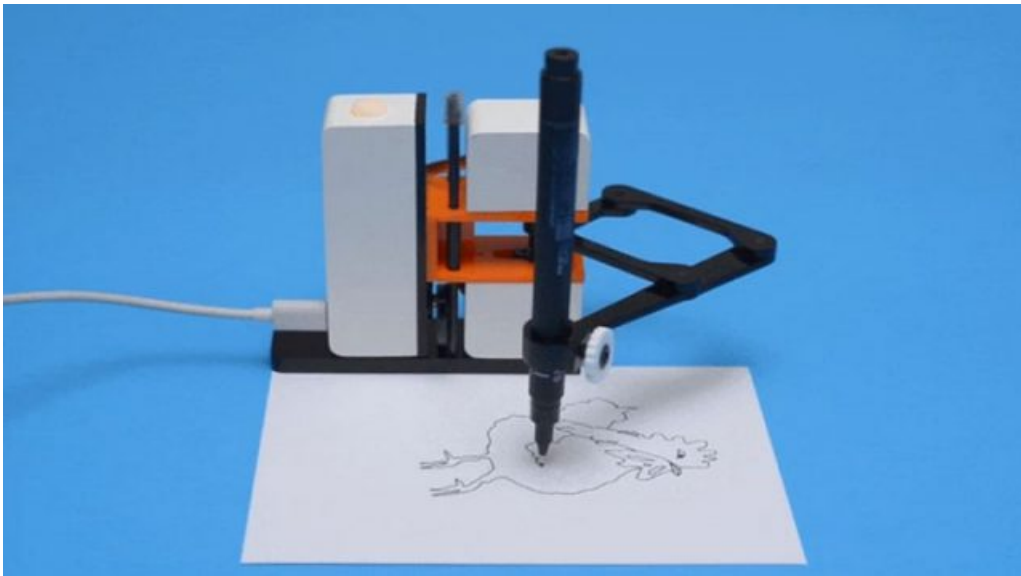


FIGURE 1.3 : LINE-US robot dessinateur[30].

Robots musiciens

Les robots musiciens utilisent le procédé de capture du mouvement (très utilisé dans les domaines du cinéma et du jeux vidéos). Les mouvements du chef d'orchestre sont enregistrés auparavant via un dispositif composé de caméras et de capteurs de mouvements. Cet enregistrement est ensuite traité par un logiciel calculant les coordonnées du mouvement, puis l'envoi au bras articulé qui imite alors le geste enregistré. Le 17 mai 2008 fut une date historique pour le domaine. En effet, pour la première fois un robot industriel "FANUCS ROBOTICS" à diriger à la Cité des Sciences et de l'Industrie, un ensemble instrumental à cordes. L'orchestre et son chef d'orchestre robotique ont donc joués les deux morceaux de musique classique : "l'Andante festivo" de Sibelius et "Danses roumaines" de Bartok [4].



FIGURE 1.4 : Robot musicien par le groupe TOYOTA [31].

Robots BEAM

Les robots BEAM (pour Biologique Électronique Esthétique et Mécanique) sont volontairement de conception la plus simple possible : recyclage de composants, peu

intelligent (réagissent plus par réflexes que par intelligence), ne possèdent pas de microprocesseur ou de programme embarqué) C'est pour ces raisons qu'ils sont très accessibles aux débutants et aux amateurs, aussi bien sur le plan technique que sur le plan financier [4].

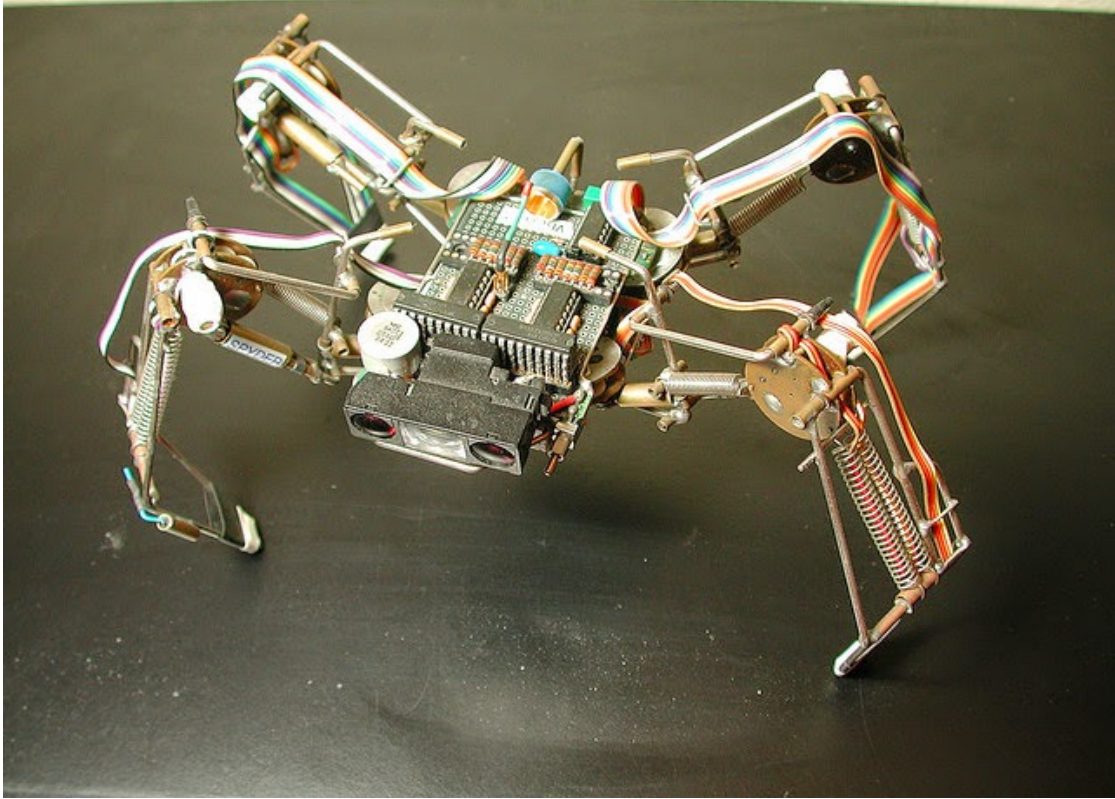


FIGURE 1.5 : Robot Spyder par Mark Tilden[32].

1.2.2.3 Domaine médical

La robotique médicale est la discipline étudiant les problèmes liés à l'utilisation d'un robot dans un contexte médical. Attention à bien faire la différence entre la robotique d'assistance au médecin ou au chirurgien, de la robotique d'assistance à la personne. La robotique d'assistance au médecin ou au chirurgien concerne les robots utilisés pour la chirurgie, l'exploration, le diagnostic, la thérapie ou encore l'apprentissage dans des spécialités telles que la neurochirurgie, l'orthopédie, la chirurgie abdominale ou la chirurgie cardio-vasculaire utilisant des techniques comme la chirurgie mini-invasive, la chirurgie percutanée, la chirurgie transgastrique ou la télé-chirurgie [5].

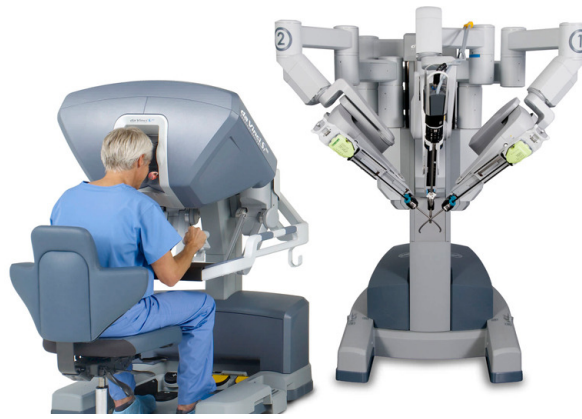


FIGURE 1.6 : Le robot chirurgical Da Vinci XI [33].

1.2.2.4 Domaine militaire

Les robots sont de plus en plus utilisés dans le domaine militaire. En effet, la miniaturisation permet aujourd'hui de créer des robots discrets mais dotés de nombreux capteurs, ce qui est idéal pour des missions d'espionnage ou d'éclairage, comme le montre la figure (I-7) suivante. De plus, certains robots sont équipés d'un armement pour évoluer en milieu hostile, dans le but de remplacer les soldats pour limiter les pertes humaines



FIGURE 1.7 : Robot utilisé dans le domaine militaire [34].

1.2.3 Types de robots

On peut classer les robots en deux grandes catégories selon leurs types de tâche :

1.2.3.1 Robots manipulateurs

Robots ancrés physiquement à leur place de travail et généralement mis en place pour réaliser une tâche précise ou répétitive. Les manipulateurs sont des systèmes mécaniques destinés à exécuter de manière autonome des tâches répétitives dans un environnement fixe et ordonné et dont les mouvements enregistrés dans une mémoire se répètent de manière cyclique, aucune fonction de décision ne lui permet de réagir dans le cas d'un événement inattendu, c'est pour ça qu'ils sont appelés (automate). Les domaines d'application des manipulateurs sont : la peinture, le soudage par position, la manipulation des objets...

etc [6].

Classification des robots manipulateurs :

Au cours des années, le développement des robots a permis de distinguer entre plusieurs classes, il existe six classes de robots manipulateurs .

Télémanipulateurs

Qui sont des bras commandés directement par un opérateur humain.



FIGURE 1.8 : bras télémanipulateur fabriqué par Nukklear industrie[35].

Manipulateurs avec séquence fixe

Manipulateur à commande séquentielle dont l'ordre d'exécution des actions ou des opérations est le même à l'intérieur de chacune des séquences d'opérations du cycle de travail, cet ordre ne pouvant être changé sans que l'on doive apporter des modifications à l'appareil, sur le plan physique.

Manipulateurs avec séquence variables

qui ont un contrôle automatique et qui sont reprogrammés mécaniquement, c'est l'exemple de « Pick and Place Manipulators » ou robot « tout ou rien »

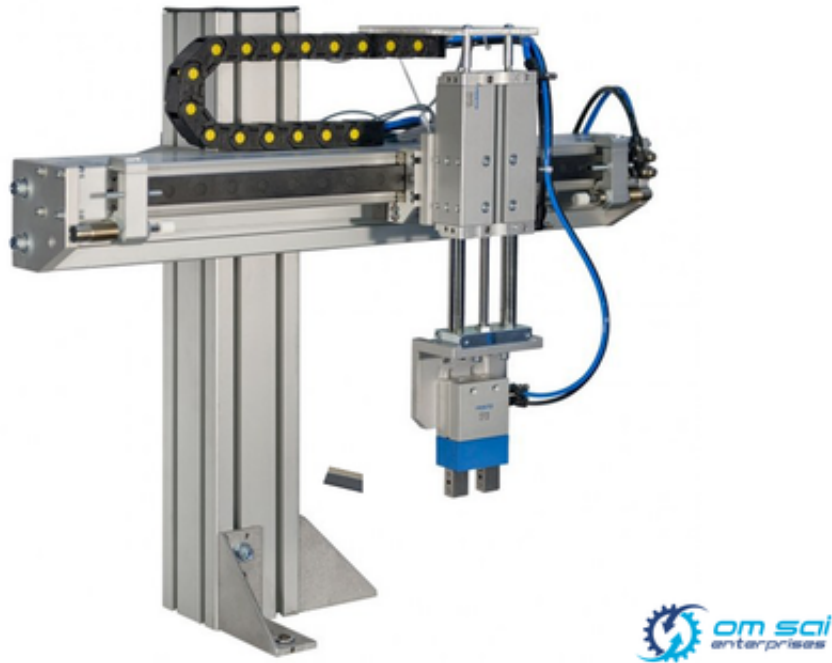


FIGURE 1.9 : Bras robotique "pick and place" [36].

Robots Play Back

Qui exécutent des séquences sous la supervision d'êtres humains et les mémorise pour les rejouer (Play Back) l'opérateur enregistre les position du robots manuellement en mémoire puis le robot ré effectue la séquence enregistré .

les robots à un contrôleur numérique

Les positions des séquences sont contrôlées par des données numériques.

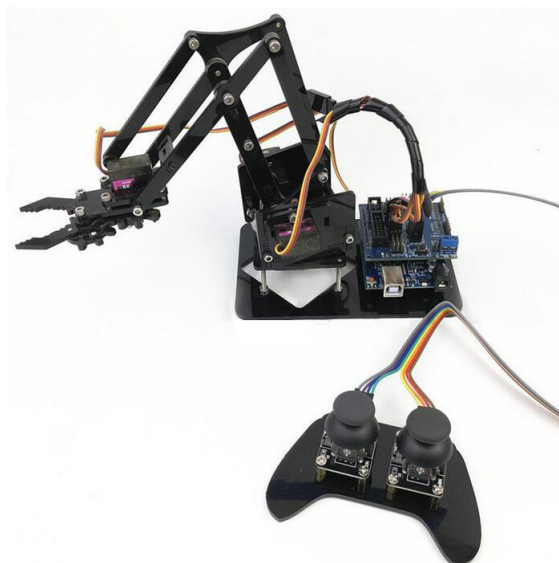


FIGURE 1.10 : Robot à commande numérique[37].

1.2.3.2 Robot mobiles

Un robot mobile est une machine automatique capable de se mouvoir dans un environnement donné. Cette appellation, <Robot mobile>, désigne généralement un véhicule équipé de capacités de perception, de décision et d'action lui permettant d'agir de manière autonome ou semi-autonome dans un environnement complexe, parfois évolutif, partiellement connu ou inconnu, et d'exécuter les tâches programmées sans intervention humaine ou avec une intervention réduite.

Il existe plusieurs types de robots mobiles et ceux-ci sont, en général, classifiés selon leur type de locomotion (le milieu dans lequel ils évoluent ainsi que leur mode de propulsion). On peut distinguer deux principaux modes de fonctionnement pour un robot mobile : télé-opéré et autonome. En mode télé-opéré, une personne pilote le robot à distance. Elle donne ses ordres via une interface de commande (clavier..). Le robot doit donc obéir aux ordres de l'opérateur qui perçoit l'environnement autour du robot, par différents moyens (camera, radar..) de manière à donner des ordres adaptés au robot. A l'inverse, en mode autonome le robot doit prendre ses propres décisions. Cela signifie qu'il doit être capable à la fois de percevoir correctement son environnement, mais également de savoir comment réagir en conséquence, suivant le niveau d'autonomie. C'est à lui d'envisager son parcours et de déterminer avec quels mouvements il va atteindre son objectif [24].

Architecture des robots mobiles

En général un robot mobile est constitué des trois structures :

A. Structure mécanique

Elle assure le mouvement du robot par des roues motrices placées selon le type de mouvement et la précision de la tâche voulue

B. Structure instrumentale

Un robot est équipé d'un certain nombre de capteurs de sécurité afin de leur donner une certaine connaissance de l'environnement. Selon l'application, les capteurs peuvent être : (capteurs ultrasons, capteurs infrarouges, capteurs lasers, les gyroscopes....).

C. Structure informatique

Une commande numérique est impérative, afin de bien analyser les différentes informations, soit du système de perception ou de localisation. Cette commande peut être à base d'un microprocesseur ou microcontrôleur.

1.2.3.3 Classification des Robots Mobiles

A. 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 de reformation qui lui permettent d'accomplir sous contrôle humain réduit un certain nombre de tâches, dans un environnement non complètement connu.

- Véhicule télécommande par un opérateur : Ces robots sont commandés par un opérateur qui leur impose chaque tâche 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.

B. Classification selon le type de locomotion

Selon le système de locomotion, on peut distinguer trois types des robots :

1) Les robots mobiles à roues

- Robot Unicycle
- Robot Tricycle
- Robot voiture
- Robot omnidirectionnel
- Robot mobile à roues non directionnelles (skid-steering)

2) Robot mobile utilisant la chenille

Lorsque le terrain est accidenté, les roues perdent leur efficacité de locomotion. Ceci limite la capacité de mouvement du robot mobile équipé de ce type de système de locomotion. Dans ces conditions, les chenilles sont plus intéressantes car elles permettent d'augmenter l'adhérence au sol et de franchir des obstacles plus importants.



FIGURE 1.11 : Exemple de robot mobile à chenilles[38].

3) Les robots mobiles marcheurs

Les robots mobiles marcheurs sont destinés à réaliser des tâches variées dont l'accès au site est difficile et dangereux à l'homme. Leur structure dans plusieurs degrés de liberté permet un rapprochement avec les robots manipulateurs. On distingue les robots marcheurs à deux jambes (humanoïdes), à quatre pattes (type cheval), et à six pattes (type araignée).



FIGURE 1.12 : Exemples des robots marcheurs [39].

1.3 L'Automatisme

1.3.1 Introduction

L'automatisme industriel ou domestique a pour but de soulager l'homme de tâches

dangereuses, répétitives ou fatigantes à accomplir. C'est aussi un moyen de produire plus vite, à toutes heures, des biens ou des services. L'automatisation est réalisée à partir d'un système mécanique d'abord, puis complété par une installation infotronique ensuite. Le pilotage ou contrôle se fait par un système logique câblé ou programmé. Certains automatismes sont purement logiciels : maniement de données informatiques, moteur de recherche, routeurs IP (avec des composants électroniques ou optiques) [7].

1.3.2 Historique

Garder une trace précise du temps était une préoccupation des Grecs et des Arabes (entre environ 300 ans avant notre ère et environ 1200 ans après JC). En Égypte ptolémaïque, environ 270 avant JC, Ctésibius a décrit un régulateur à flotteur pour une horloge à eau, un appareil qui ressemble à la balle et au coq dans une toilette à chasse d'eau moderne. C'était le premier mécanisme contrôlé par rétroaction. [9] L'apparition de l'horloge mécanique au XIV^e siècle a rendu obsolètes l'horloge à eau et son système de contrôle à rétroaction.

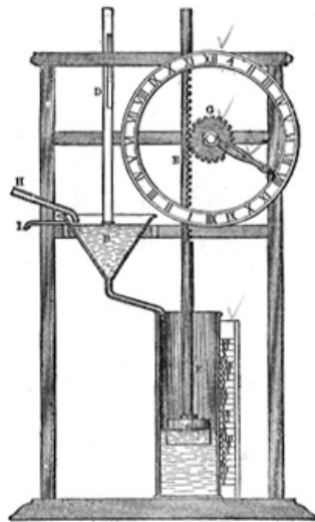


FIGURE 1.13 : Clepsydre horloge à eau[40].

LE XVIII^e siècle, époque des androïdes et animaux artificiels, Les véritables automates sont nés en plein siècle des lumières (1715-1789) avec l'art de l'horlogerie. Cette époque, dominée par l'esprit scientifique voit naître de nombreuses créatures artificielles qui tentent de copier trait pour trait la nature animaux mécaniques et androïdes (automate à figure humaine) sont ainsi réalisés par des horlogers-mécaniciens attirés par la médecine et les sciences naturelles. Leur but n'est pas de divertir mais de faire progresser la science en s'entourant de médecins et chirurgiens dans l'élaboration des différents organes artificiels. Le canard de Vaucanson marchait, battait des ailes, ingurgitait grains et liquide et rejetait même des excréments [8].

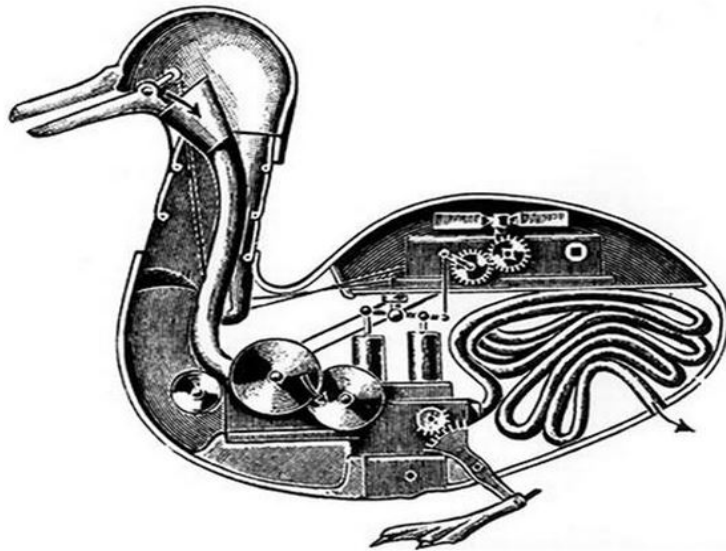


FIGURE 1.14 : Le canard de Vaucanson [8].

Ensuite sont apparus les machines ou objets programmables capables d'effectuer diverses actions en fonction d'un programme qu'on leur fait lire. Comme exemple cet orgue mécanique du début du XVIII siècle peut jouer différents morceaux de musique enregistrés. Le son est obtenu par l'envoi dans certains tuyaux de l'orgue, d'un jet d'air produit par un soufflet.

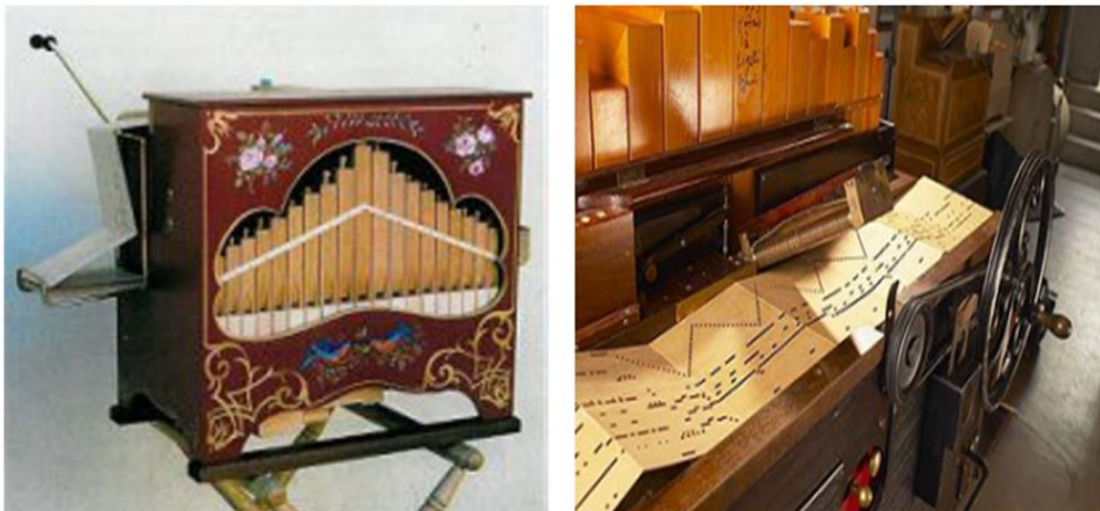


FIGURE 1.15 : Orgue mécanique [8].

ou comme la fabrique des tapis du type Jacquard (du nom de son inventeur), dans lesquels des cartes perforées défilent devant un système de lecture [8].

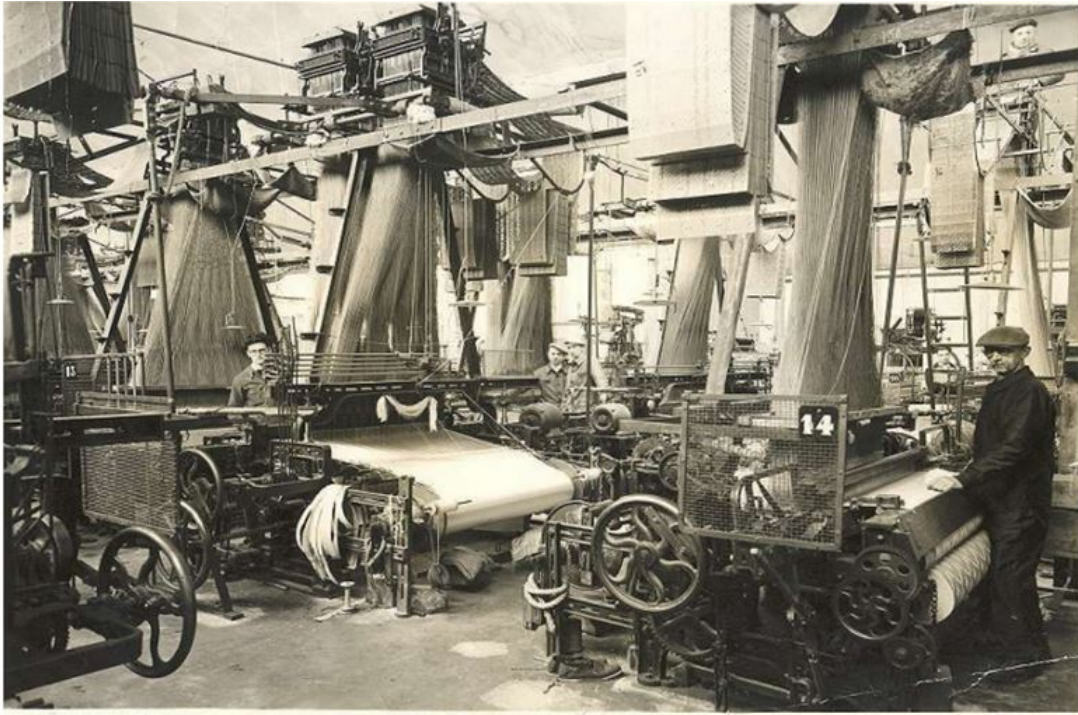


FIGURE 1.16 : Atelier de tissage en 1953 a Fresnoy-le-Grand avec jacquard [8].

Le dessin réalisé sur le tissu correspondait à la disposition des trous sur la carte. L'invention de Jacquard permettait à un seul ouvrier d'effectuer un travail qui, auparavant, nécessitait la présence de 3 ouvriers. Cette invention fut l'une des causes de la révolte à Lyon, des ouvriers du tissage de la soie (révolte des « Canuts »)

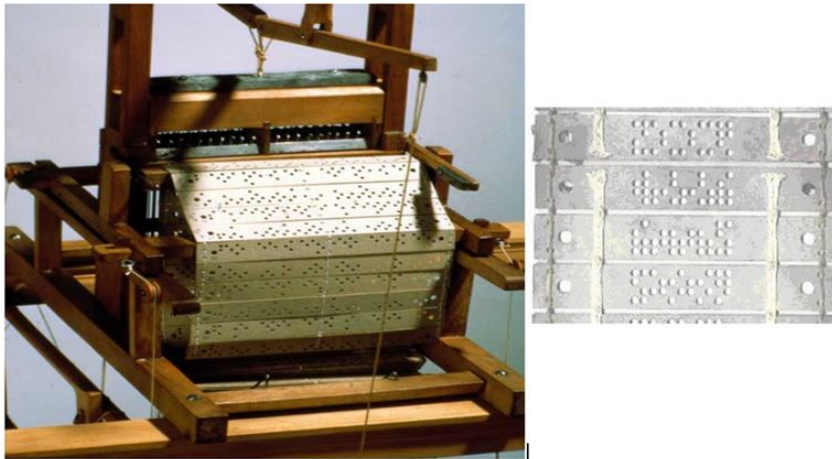


FIGURE 1.17 : Machine a tisser jacquard[8].

1.3.3 Domaines d'application

De nos jours, l'automatisme occupe une surface très vaste qu'on peut le trouver dans presque tous les domaines dont on peut citer :

1.3.3.1 Restauration automatisée

Le secteur de la vente au détail de produits alimentaires a commencé à

automatiser le processus de commande; McDonald's a introduit des systèmes de commande et de paiement à écran tactile dans bon nombre de ses restaurants, réduisant ainsi le nombre d'employés caissiers. L'Université du Texas à Austin a mis en place des magasins de vente au détail de cafés entièrement automatisés. Certains cafés et restaurants ont utilisé des "applications" pour téléphones mobiles et tablettes pour rendre le processus de commande plus efficace pour les clients qui commandent et paient sur leur appareil. Certains restaurants ont automatisé la livraison des plats aux clients à l'aide d'un système de convoyeur à bande. L'utilisation de robots est parfois utilisée pour remplacer le personnel d'attente [10].

1.3.3.2 Gestion automatisée des déchets

Les camions de collecte des déchets automatisés évitent le recours à autant de travailleurs et allègent le niveau de main-d'œuvre nécessaire pour fournir le service.



FIGURE 1.18 : Camion poubelle automatique[41]

1.3.3.3 Automatisation domestique

L'automatisation domestique (aussi appelée domotique) désigne une pratique émergente consistant à automatiser davantage les appareils ménagers et les caractéristiques des logements résidentiels, en particulier par le biais de moyens électroniques qui permettent des opérations impraticables, excessivement coûteuses ou tout simplement impossibles au cours des dernières décennies. L'augmentation de l'utilisation des solutions domotiques a pris une tournure reflétant la dépendance accrue des utilisateurs de telles solutions. Cependant, le confort accru apporté par ces solutions d'automatisation est remarquable [11].

1.3.3.4 Automatisation de laboratoire

L'automatisation est essentielle pour de nombreuses applications scientifiques et

cliniques. Par conséquent, l'automatisation a été largement utilisée dans les laboratoires. Depuis 1980, des laboratoires entièrement automatisés fonctionnent déjà. Cependant, l'automatisation ne s'est pas généralisée dans les laboratoires en raison de son coût élevé. Cela peut changer avec la possibilité d'intégrer des appareils à faible coût avec du matériel de laboratoire standard. Les échantillonneurs automatiques sont des dispositifs couramment utilisés dans l'automatisation de laboratoire [12].

1.3.3.5 Automatisation industrielle

L'automatisation industrielle concerne principalement l'automatisation des processus de fabrication, de contrôle de la qualité et de manutention. Les contrôleurs à usage général pour les processus industriels comprennent les contrôleurs logiques programmables, les modules d'E / S autonomes et les ordinateurs. L'automatisation industrielle doit remplacer la prise de décision des hommes et les activités manuelles de réponse de commande par l'utilisation d'appareils mécanisés et de commandes de programmation logiques. L'une des tendances est l'utilisation accrue de la vision par ordinateur pour l'inspection automatique et les fonctions de guidage des robots ; L'automatisation industrielle est simplement requise dans les industries.

L'intégration du contrôle et des informations dans l'entreprise permet aux industries d'optimiser les opérations de processus industriels.

L'efficacité énergétique dans les processus industriels est devenue une priorité majeure. Des sociétés de semi-conducteurs telles qu'Infineon Technologies proposent des applications de microcontrôleur 8 bits, telles que les commandes de moteur, les pompes d'usage général, les ventilateurs et les vélos électriques, afin de réduire la consommation d'énergie et ainsi améliorer l'efficacité.

peut citer encore d'autres domaines comme :

- Exploitation minière automatisée
- Production électrique automatisée
- Vente au détail automatisée
- Systèmes routiers automatisés
- Automatisation des processus métier
- Automatisation de la logistique ...ect

1.3.4 Avantages et inconvénients

L'avantage le plus souvent cité de l'automatisation dans l'industrie est peut-être qu'elle est associée à une production plus rapide et à des coûts de main-d'œuvre moins chers. Un autre avantage pourrait être qu'il remplace un travail pénible, physique ou monotone. De plus, les tâches effectuées dans des environnements dangereux ou au-delà des capacités humaines peuvent être effectuées par des machines, celles-ci

pouvant fonctionner même sous des températures extrêmes ou dans des atmosphères radioactives ou toxiques. Ils peuvent également être maintenus avec de simples contrôles de qualité. Cependant, à l'heure actuelle, toutes les tâches ne peuvent pas être automatisées et certaines tâches sont plus coûteuses à automatiser que d'autres. Les coûts initiaux d'installation de la machine dans les paramètres d'usine sont élevés, et le fait de ne pas maintenir un système pourrait entraîner la perte du produit lui-même. En outre, certaines études semblent indiquer que l'automatisation industrielle pourrait avoir des effets pervers outre les préoccupations opérationnelles, notamment le déplacement de travailleurs en raison de la perte systémique d'emplois et de dommages environnementaux aggravés ; toutefois, ces conclusions sont à la fois compliquées et de nature controversée et pourraient potentiellement être contournées [13].

Les principaux avantages de l'automatisation sont les suivants :

- Augmentation du débit ou de la productivité.
- Qualité améliorée ou prévisibilité accrue de la qualité.
- Amélioration de la robustesse (cohérence) des processus ou du produit.
- Augmentation de la cohérence de la production.
- Réduction des coûts directs de main-d'œuvre humaine.
- L'installation en exploitation réduit le temps de cycle.
- Peut effectuer des tâches nécessitant un degré élevé de précision.
- Remplace les opérateurs humains dans les tâches qui impliquent un travail physique dur ou monotone (par exemple, utiliser un chariot élévateur à fourche avec un seul conducteur plutôt qu'une équipe de plusieurs travailleurs pour soulever un objet lourd)
- Réduit certaines blessures professionnelles (par exemple, moins de dos fatigués pour soulever des objets lourds)
- Remplace les humains lors de tâches effectuées dans des environnements dangereux (feu, espace, volcans, installations nucléaires, sous-marins, etc.)
- Effectue des tâches dépassant les capacités humaines telles que la taille, le poids, la vitesse, l'endurance, etc.
- Réduit considérablement le temps d'opération et le temps de traitement du travail.
- Libère les travailleurs pour qu'ils assument d'autres rôles.
- Fournit des tâches de niveau supérieur dans le développement, le déploiement, la maintenance et l'exécution des processus automatisés.

Les principaux inconvénients de l'automatisation sont les suivants :

- Menaces / vulnérabilités possibles pour la sécurité en raison d'une susceptibilité relative accrue pour les erreurs de validation.

- Coûts de développement imprévisibles ou excessifs.
- Coût initial élevé
- Déplace les travailleurs en raison du remplacement d'emplois

1.4 triage automatique industriel

L'augmentation rapide des capacités de calcul, selon le modèle de la loi de Moore (doublement de la capacité des composants électroniques tous les 18 mois), a permis le développement scientifique et l'arrivée à maturité de nombreuses technologies, matérielles et d'algorithmes (machine learning, big data, cloud computing, robot intelligent, internet des objets, drones autonomes, impression 3D, etc.). Au-delà du cœur de métier industriel, le quasi intégralité des fonctions de l'entreprise se retrouvent impactées par l'arrivée des technologies numériques, de la recherche et développement à la gestion en passant par les achats, la production, le stockage et la logistique, le marketing ou les ventes. Les entreprises doivent s'adapter à ce changement rapide si elles ne veulent pas être dépassées par les développements du secteur et par leurs concurrents. L'industrie est bouleversée, au point que nombreux sont ceux qui parlent aujourd'hui de 4e révolution industrielle, et de l'avènement d'une industrie du futur.

Le triage : c'est n'importe quel processus d'arrangement d'objet à une certaine séquence ou différents ensembles, et pour cela il a deux sens communs mais distincts

1. ordonner : organiser les éléments dans une séquence ordonnée par un critère ;
2. catégoriser : regrouper des éléments ayant des propriétés similaires.

L'objectif principal de triage c'est d'optimiser la rapidité et l'efficacité des processus, le tri peut être de n'importe quel produit et peut être réalisé par différentes méthodes.

Il existe actuellement plusieurs initiatives relatives au système de tri automatique industriel :

1.4.1 Système de tri par taille

Le terme taille peut spécifier plusieurs sens, on peut trier par largeur d'objet, diamètre, longueur, volume, surface ...ect. et pour chacun de ces attributs ; il existe des différentes méthodes et techniques pour trier.

Le triage par taille est surtout utilisé dans l'industrie agroalimentaire, on prend par exemple la fabrication des chips, l'usine veut garder une certaine consistance par rapport à la taille de son produit finale, alors dès l'arrivée des pommes de terre à l'usine, elles seront déchargées dans des bacs afin de les trier et de rejeter de la ligne les pommes

de terre qui ne respectent pas les critères imposées par l’usine, les petites taille sont carrément rejetées, alors que celles qui dépassent la critères seront recouper et renvoyées dans la machine à trier.



FIGURE 1.19 : Machine de tri de pomme de terre par taille [54].

Le volume de la pomme de terre n’est qu’un exemple des possibilités de triage par taille.

1.4.2 Système de tri par poids

le triage par poids est aussi utilisé dans plusieurs industries comme alimentaire ou bien l’industrie des fabrication des boulon ou autres etc. et elle consiste a diviser les éléments en catégories de poids comme exemple dans un port de pêches il peut y avoir une machine de tri par poids de crabs pour faciliter la vente âpres et même permettre a l’étiquetage de prix a chacun des produits ,aussi les machines de tris par poids permet au entreprise de livraison de classifier les colis selon le poids car certain entreprise ne charge pas si le colis ne dépasse pas un certain poids .



FIGURE 1.20 : Machine de tri de pomme selon poids [55].

1.4.3 Système de tri par matériaux

Dans un chaîne de tri des déchets pour le recyclage, souvent le matériau le plus simple a détecter est le fer, l'usine utilise un mécanisme spécial pour retirer le fer de la chaîne principale en utilisant un aimant suspendue au dessus de la chaîne ou bien les objet passerons devant un capteur a effet hall si le capteur détecte que l'objet est magnétique un bras sors pour le pousser hors de la ligne de recyclage et passer a une autre ligne .

1.4.4 Système de tri par couleur

Le tri par couleur peut se faire par plusieurs méthode on distingue 2 grandes catégories :

1.4.4.1 Avec une camera

Les camera sont attachées a une unité de traitement d'image afin de détecter l'objet et sa couleur généralement la camera est située au dessus de tapis où système d'enchaînement utilisé, dès que l'objet passe sous la camera elle prend une image et l'envoie au système de traitement.

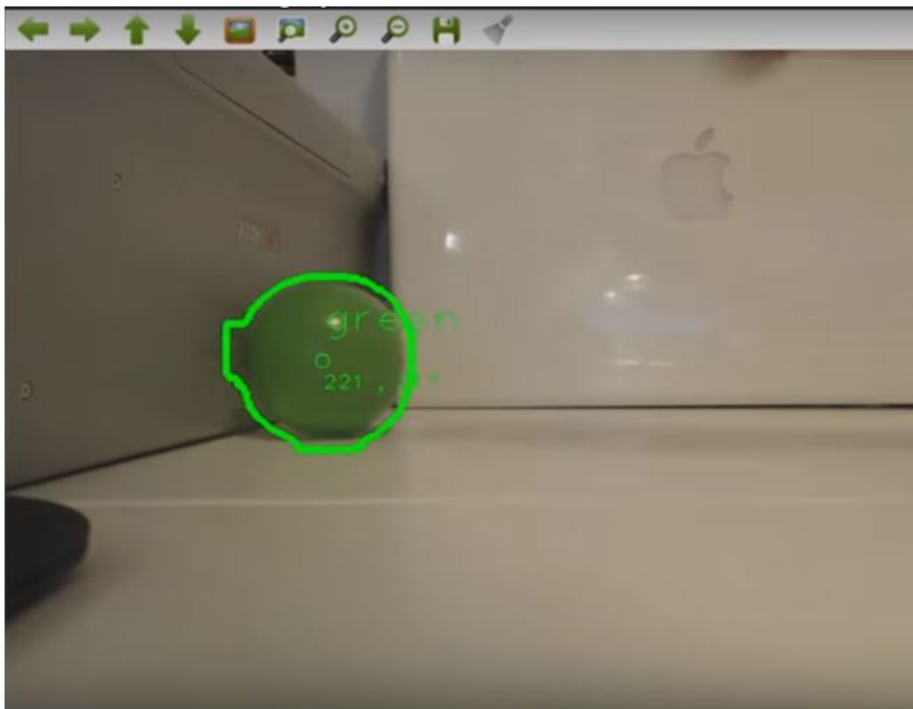


FIGURE 1.21 : OPEN CV software de traitement d'image [57].

Une fois la couleur déterminé par le système en utilisant des algorithmes de traitement d'image la commande est envoyé a des actionneurs afin d'exécuter l'action voulu. Pour le traitement d'image OPENCV est généralement utilisé avec un raspberry PI. Cette méthode est couteuse difficile a implémenter et a programmer.

1.4.4.2 Avec un capteur de couleur

L'industrie généralement utilise de haute technologie pour augmenter le rendement

et le débit de production, on prend l'exemple les applications de tri alimentaire en usine et en récolte (tomate, ails, et oignons, la machine de tri par couleur dans une station de récolte de vignes assure une qualité de produit avec une grande précision grâce à une meilleure reconnaissance des tomates, des feuilles et des tiges et tous les objets étrangères au produit.

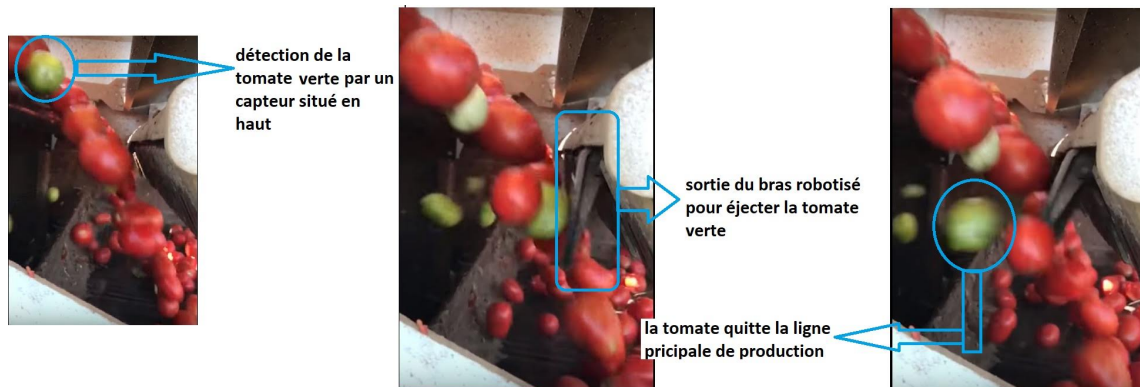


FIGURE 1.22 : Machine de tri de tomate

On peut citer comme exemple de capteurs :

- TCS3200
- TCS34725
- ADJD-S311

Ces capteurs sont à base de photodiode qui sont en configuration de matrices qui ont le même fonctionnement.

Dans ce contexte, le capteur de lumière fonctionne en projetant une lumière blanche sur un objet, puis en enregistrant la couleur réfléchi. Il peut également enregistrer l'intensité de la réflexion (luminosité). Grâce aux filtres de couleur rouge, vert et bleu, la photodiode convertit la quantité de lumière en courant. Le convertisseur convertit ensuite le courant en tension que notre arduino peut lire. Ce capteur permet ainsi d'automatiser de manière économique des nouvelles applications en vue tout comme des processus déjà en installation afin d'y inclure une nouvelle caractéristique de couleur et obtenir ainsi une meilleure détection d'objet, Les possibilités de paramétrage de la caractéristique "Couleur" sont très vastes (plus de 16 millions de couleurs)et permettent une détection fiable et performante.

Avantages de tri par couleur :

- Réduction importante de la main d'œuvre
- Débit augmenté
- Rendement augmenté
- Une technologie éprouvée pour un tri de meilleure qualité

1.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons résumé des notions de base nécessaires à la compréhension du domaine de la robotique et l'automatisme, ainsi que les techniques de triage automatique industriel. Nous avons choisi le tri par couleur comme type de triage pour notre étude vue son aisance et son efficacité.

7 < 5DHF 9'

=

9hUhXY`fufk.

Chapitre 2

Etat de l'art

2.1 Introduction

Grâce à l'innovation et la technologie de nos jours, il existe de milliers de composants électroniques divers avec lesquels on peut réaliser des millions d'appareils et de machines ainsi des robots qui ont de multiple fonctions . Dans ce chapitre nous allons voir les différents dispositifs, capteurs et actionneurs disponibles pour réaliser notre projet et les différentes méthodes d'utilisation ainsi que leurs principe de fonctionnement.

2.2 Les cartes de développement

Un système automatisé est caractérisé par sa capacité de s'adapter à son environnement et d'être programmé par ses utilisateurs (robot mobile, portail automatique, système d'alarme, régulation de chauffage, etc). Pour cela, il dispose d'une chaîne d'informations (partie commande) qui commande une chaîne d'énergie (partie opérative) agissant pour obtenir l'effet attendu (mouvement, son, etc)[14] . Pour traduire les informations provenant de la partie commande vers la partie opérative, et vis versa, on place une interface programmable entre les deux parties. Pour assurer la commande de notre système on doit utiliser une unité de (arduino par exemple) qui fournit des impulsions pour commander la position des actionneurs du système . Parmi les contrôleurs les plus utilisés, on cite le microcontrôleur PIC, le DSP, l'Arduino et le raseberryPI. Ils peuvent être utilisés pour commander différents types de moteurs (moteurs pas à pas, moteurs à courant continu et servomoteurs)[14].

2.2.1 Carte Arduino

C'est une carte électronique open source, basée sur un microcontrôleur de la compagnie ATMEL, c'est un outil qui va permettre la création des systèmes électroniques plus ou moins complexes, elle est programmée en langage Arduino C, qui est à son tour dérivé de langage C. Arduino est un projet crée par une équipe de développeurs italiennes pour créer un système Arduino, qui va nous donner la possibilité d'allier les performances de la programmation à celle de l'électronique. [19]

2.2.2 Principaux type de la carte Arduino et ses caractéristiques

Il existe plusieurs types de carte arduino comme uno, méga, nano, mega2560, méga ADK, micro, mini...etc nous nous intéressons à la carte ARDUINO UNO et ARDUINO MEGA2560.

La carte Arduino peut être alimentée via la connexion USB ou avec une alimentation externe. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée. Une alimentation externe peut provenir soit d'un adaptateur AC-DC ou d'une batterie. L'adaptateur peut être connecté en branchant une prise dans la prise d'alimentation de la carte ou à partir d'une batterie connectée dans le pin (ou broche) GND et V-in (alimentation externe). Le processeur peut fonctionner sur une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la tension est inférieure à 7V, le pin 5V peut fournir moins de cinq volts et le processeur peut devenir instable. Si la tension est supérieure à 12V, le régulateur de tension peut surchauffer et endommager la carte. La plage recommandée est de 7 à 12 volts. Les pins (ou broches) d'alimentation sont les suivantes :[19]

- V-in. Tension d'entrée à la carte Arduino à l'aide d'une source d'alimentation externe (par opposition à 5 volts de la connexion USB ou une autre source d'alimentation régulée). Si l'alimentation en tension est faite par l'intermédiaire de la prise d'alimentation, on pourra y accéder via ce pin.
- 5V. Cette pin délivre un 5V régulé par la carte. Le processeur peut être alimenté soit à partir de la prise d'alimentation DC (7-12V), le connecteur USB (5V), ou le pin V-in de la carte (7-12). La fourniture d'une tension via les 5V ou 3,3V contourne le régulateur, et peut endommager votre processeur. A déconseiller !
- 3,3V . Une alimentation de 3,3 volts générée par le régulateur. La consommation de courant maximale est de 50 mA.
- GND. Masse
- IOREF. Ce pin sur la carte Arduino fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne.

2.2.2.1 Arduino Uno

La carte Arduino Uno est basée sur un Microcontrôleur ATmega328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus récente et la plus économique carte à microcontrôleur [15]. Les caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO sont présentées dans le tableau suivant (2-1)

Microcontrôleur	ATMEGA 328
Tension de fonctionnement	5V
Fréquence	16MHz
Pins des entrées /sorties digitales	14Pins
Pins analogique	6Pins
Pins UART	1Port/2Pins(Tx,Rx)
Pins PWM (pulse width modulation)	6Pins
Mémoire flash	32Kb
EEProm	1Kb
Langeur	68.6mm
Largeur	53.4mm

TABLE 2.1 : Caractéristiques de la carte Arduino uno.

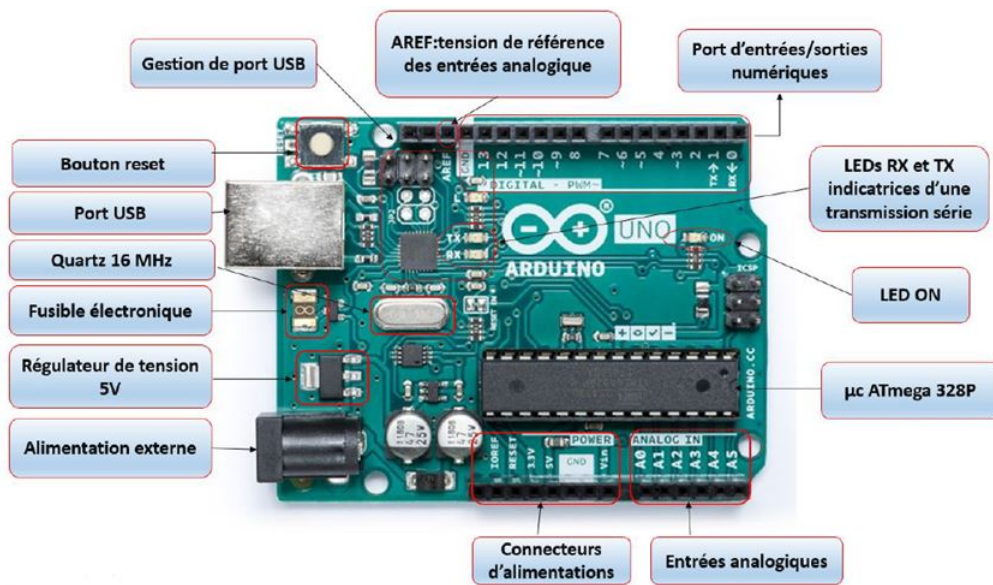


FIGURE 2.1 : Constitution de la carte Arduino UNO[19].

Les pins de l'arduino sont des pins entrée sortie configurable selon le besoin la repartition des fonctions des pins est représenté dans le tableau suivant :

D0 – D13	14 entrée/sortie digitale.
A0 – A5	6 entrées /sorties analogique
D3-D5-D6-D9-D10-D11	12 pins de modulation de largeur d'onde
Pin # 0 (RX) , Pin # 1 (TX)	4 port Uart communication série
Pin # 12 (MISO) Pin # 11 (MOSI) Pin # 13 (SCK) Pin # 7 (SS)	SPI Communication Pins.
Pin # 20 (SDA) , Pin # 21 (SCL)	I2C Communication Pins.
Pin # 13	Built-in led for testing

TABLE 2.2 : Repartition des pins sur la carte arduino UNO [19].

2.2.2.2 Arduino Méga

Microcontrôleur	ATMEGA 2560
Tension de fonctionnement	5V
Fréquence	16MHz
Pins des entrées/ sorties digitales	54 pins
Pins analogiques	16 pins
Pins UART(transmitter, receiver)	4 Ports/8Pins (Tx , Rx)
Pins PWM(Pulse Width Modulation)	14 pins
Mémoire flash	256 KB
EEPROM	1KB
Langueur	101,6mm
Largeur	53,4mm

TABLE 2.3 : Caractéristiques de la carte Arduino méga.

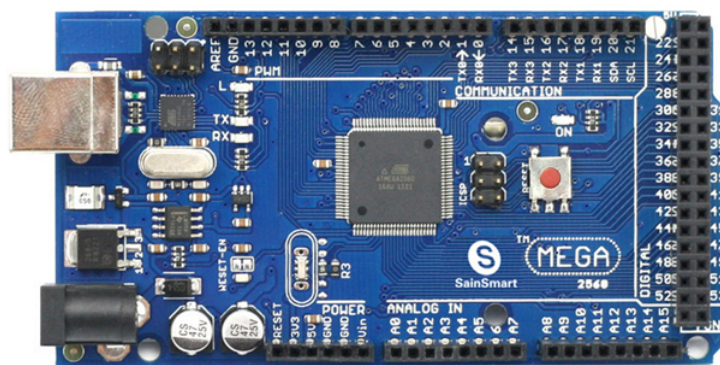


FIGURE 2.2 : Arduino MEGA 2560 [19].

D0 – D53	54 entrée/sortie digitale.
A0 – A15	16 entrée/sortie analogique.
D2 – D13	12 Modulation de largeur d'onde (PWM) Pins.
Pin # 0 (RX) , Pin # 1 (TX) Pin # 19 (RX1) , Pin # 18 (TX1) Pin # 17 (RX2) , Pin # 16 (TX2) Pin # 15 (RX3) , Pin # 14 (TX3)	4 port UART communication serie
Pin # 50 (MISO) Pin # 51 (MOSI) Pin # 52 (SCK) Pin # 53 (SS)	SPI Communication Pins.
Pin # 20 (SDA) , Pin # 21 (SCL)	I2C Pins de Communication I2C
Pin # 13	Led intégré.

TABLE 2.4 : Répartition des pins de la carte arduino Mega 2560 [19].

2.3 Techniques de liaison

Il existe plusieurs technologies de liaison utilisées , elles sont comme suite :

2.3.1 Technologie de bus filaire

Cette technologie permet aux composants communiquer avec le même langage, afin qu'ils puissent échanger, analyser, et traiter les informations. L'information circule dans les deux sens : Une unité d'entrée envoie des informations aux récepteurs de l'unité de sortie, qui sont chargés de d'effectuer une tâche précise à des équipements de l'installation électrique (éclairage, chauffage, alarme...), ces derniers envoient ensuite des informations concernant leur état vers la où les unités d'entrée. on cite parmi ces bus filaire .

2.3.1.1 Interface périphérique série (SPI)

L'interface série périphérique (SPI) est l'une des interfaces les plus largement utilisées entre les microcontrôleurs et les circuits intégrés périphériques tels que capteurs, CAN, CNA, registres à décalage, SRAM, etc. . SPI est une interface synchrone, duplex intégral maître-esclave. Les données du maître ou de l'esclave sont synchronisées sur le front montant ou descendant de l'horloge. Le maître et l'esclave peuvent transmettre des données en même temps. L'interface SPI peut être à 3 ou 4 fils.[17].

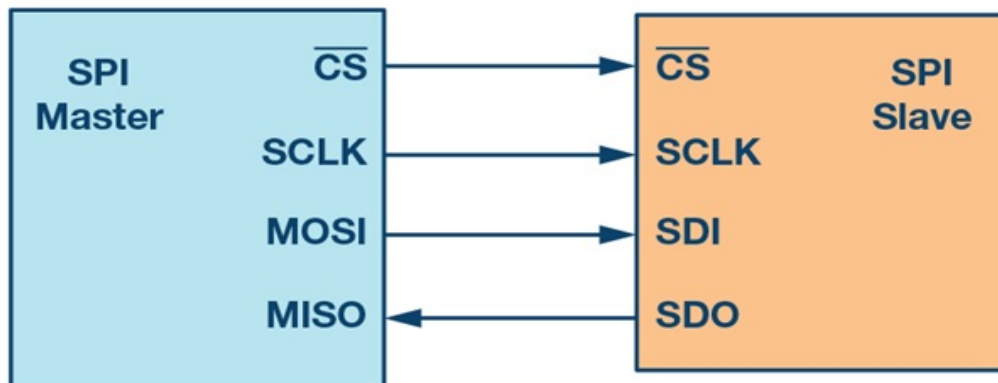


FIGURE 2.3 : Configuration SPI avec maître et esclave[17].

Interface

Les appareils SPI à 4 fils ont quatre signaux :

- Horloge (SPI CLK, SCLK)
- Sélection de puce (CS)
- Sortie maître, entrée esclave (MOSI)
- Master in, slave out (MISO)

L'appareil qui génère le signal d'horloge s'appelle le maître. Les données

transmises entre le maître et l'esclave sont synchronisées sur l'horloge générée par le

maître. Les périphériques SPI prennent en charge des fréquences d'horloge beaucoup plus élevées que les interfaces I2C. Les utilisateurs doivent consulter la fiche technique du produit pour connaître la spécification de fréquence d'horloge de l'interface SPI [17]. Les interfaces SPI ne peuvent avoir qu'un seul maître et peuvent avoir un ou plusieurs esclaves. Le signal de sélection de puce du maître est utilisé pour sélectionner l'esclave. Il s'agit normalement d'un signal bas actif et est actionné haut pour déconnecter l'esclave du bus SPI. Lorsque plusieurs esclaves sont utilisés, un signal de sélection de puce individuel pour chaque esclave est requis du maître. Dans cet article, le signal de sélection de puce est toujours un signal bas actif.

MOSI et MISO sont les lignes de données. MOSI transmet les données du maître à l'esclave et MISO transmet les données de l'esclave au maître[17].

2.3.1.2 Bus filaire I2C

I2C (signifie : Inter-Integrated Circuit, en anglais) est un bus informatique qui a émergé de la « guerre des standards » lancée par les acteurs du monde électronique. Conçu par Philips pour les applications de domotique et d'électronique domestique, il permet de relier facilement un microprocesseur et différents circuits, notamment ceux d'un téléviseur moderne : récepteur de la télécommande, réglages des amplificateurs basses fréquences, tuner, horloge, gestion de la prise péritel, etc. Il existe d'innombrables périphériques exploitant ce bus, il est même implémentable par logiciel dans n'importe quel microcontrôleur. Le poids de l'industrie de l'électronique grand public a permis des prix très bas grâce à ces nombreux composants. Ce bus porte parfois le nom de TWI (Two Wire Interface) ou TWSI (Two Wire Serial Interface) chez certains constructeurs[16].

Topologie

I2C est un bus série synchrone bidirectionnel half-duplex, où plusieurs équipements, maîtres ou esclaves, peuvent être connectés au bus. Les échanges ont toujours lieu entre un seul maître et un (ou tous les) esclave(s), toujours à l'initiative du maître (jamais de maître à maître ou d'esclave à esclave). Cependant, rien n'empêche un composant de passer du statut de maître à esclave et réciproquement. La connexion est réalisée par l'intermédiaire de deux lignes : SDA (Serial Data Line) : ligne de données bidirectionnelle, SCL (Serial Clock Line) : ligne d'horloge de synchronisation bidirectionnelle. Il ne faut également pas oublier la masse qui doit être commune aux équipements. Les 2 lignes sont tirées au niveau de tension VDD à travers des résistances de pull-up (RP).

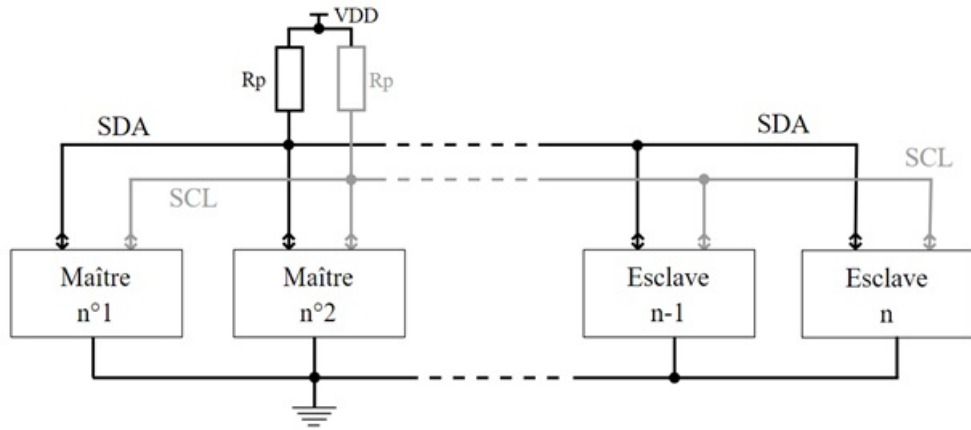


FIGURE 2.4 : Architecture I2C avec plusieurs maîtres et plusieurs esclaves[16].

Le nombre maximal d'équipements est limité par le nombre d'adresses disponibles, 7 bits d'adressage et un bit R/W (lecture ou écriture), soit 128 périphériques, mais il dépend également de la capacité (CB) du bus (dont dépend la vitesse maximale du bus). Il faut savoir que des adresses sont réservées pour diffuser des messages en broadcast et que de nombreuses adresses sont déjà attribuées par les fabricants ce qui limite grandement le nombre d'équipements (une variante d'adressage sur 10 bits existe également)[16].

A. Condition de **RESTART**

La condition de RESTART est une transgression de la règle de codage des bits qui est utilisée par le maître pour signifier le début d'une nouvelle trame dès la fin de la trame précédente sans passer par une condition de STOP. La condition de RESTART est similaire à la condition de START, à cela près que la ligne SCL doit d'abord passer du niveau « LOW » au niveau « HIGH ».

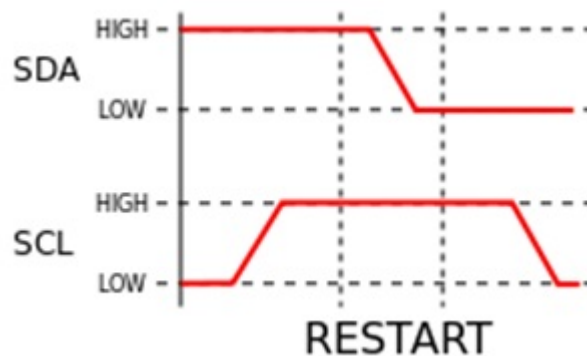


FIGURE 2.5 : condition RESTART du bus I2C.

B. Condition de **STOP**

La condition de STOP est une transgression de la règle de codage des bits qui est utilisée par le maître pour signifier la fin d'une trame. Cette condition est caractérisée par le passage de la ligne SDA du niveau « LOW » au niveau « HIGH » pendant que la

ligne SCL est maintenue au niveau « HIGH ».

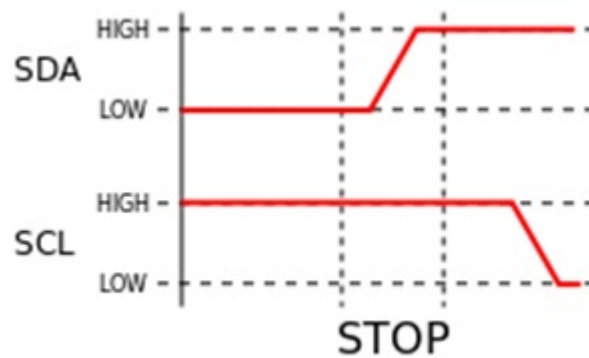


FIGURE 2.6 : condition STOP du bus I2C.

Ce type d'installation offre plusieurs avantages aux utilisateurs :

- La rédaction massive de câblage.
- Une meilleure fiabilité de transmission des informations et de l'installation.
- Surveillance locale et à distance.
- Un meilleur exemple sur ce bus, c'est bus de terrain KNX.

2.3.2 Connexion sans fils

Il existe plusieurs interface d'échange sans files les unes différentes des autre avec chacune ses propre avantages et inconvénients on cite parmi les

- Bluetooth
- WIFI
- ZiGbee
- Radio fréquence

2.3.2.1 Avantages d'un réseau sans fil

Les avantages d'un réseau sans fil sont nombreux mais les occasions d'en profiter sont rares :

- Des connexions temporaires
- Du matériel de secours
- Du matériel mobile
- Accroître l'étendue d'un réseau et la distance entre les postes
- Profiter des avantages d'un réseau dans les endroits où il ne peut y avoir de câbles[18].

2.3.2.2 Techniques de transmission

Les techniques de transmission sont au nombre de quatre :

- L'infrarouge
- Le laser
- La radio à bande étroite (fréquence unique)
- La radio à spectre étalé[18].

A.L'infrarouge

L'infrarouge est un faisceau de lumière. Les transmissions en infrarouge doivent être très intenses afin qu'il n'y ait pas de confusion avec les nombreuses sources de lumière qui existent dans une pièce (fenêtres, néons, télévision, ampoules, ...) La lumière infrarouge possède une large bande passante, les débits sont relativement importants, mais la portée est faible :

- 10 Mb/s.
- 30 mètres

Un réseau infrarouge est commode, rapide, mais sensible aux interférences lumineuses. Le faisceau ne doit jamais être coupé sinon la transmission est interrompue[18].

Types de réseaux infrarouge

Il existe quatre types de réseaux infrarouges :

- Les réseaux à visibilité directe (les émetteurs et les récepteurs doivent être proches les uns des autres)
- Les réseaux infrarouge à diffusion (les signaux infrarouges se réfléchissent sur les murs et les plafonds sur une distance de 30 mètres, mais le débit est lent en raison des rebonds du signal)
- Les réseaux réflecteurs (les transmetteurs des ordinateurs transmettent les signaux vers le même point lequel fait office de routeur en les redirigeant vers l'ordinateur destinataire)
- Les réseaux à liaison optique à large bande (les performances sont comparables à un réseau câblé et permettent de transmettre des fichiers multimédias)[18].

B.Laser

Le laser est une technologie semblable à l'infrarouge en ce sens qu'elle nécessite une visibilité directe. Le laser est aussi appelé « la lumière cohérente » [18].

C.Radio à bande étroite (à fréquence unique)

La radio à bande étroite (à fréquence unique) fonctionne comme une radio, il faut régler l'émetteur et le récepteur sur la même fréquence. La radio à bande étroite (à fréquence unique) ne nécessite pas de visibilité directe, la portée de diffusion est importante, mais la vitesse de transmission est faible :

- 1650 mètres
- 4,8 Mb/s

La transmission par les ondes radio requiert une licence ou une autorisation de la part des autorités locales[18].

NRF24L01 Transmetteur Module

Le module émetteur-récepteur NRF24L01. Il utilise la bande 2,4 GHz et peut fonctionner à des vitesses de transmission allant de 250 kbps à 2 Mbps. Si elle est

utilisée dans un espace ouvert et avec une vitesse de transmission inférieure, sa portée peut atteindre jusqu'à 100 mètres. Le module peut utiliser 125 canaux différents, ce qui permet d'avoir un réseau de 125 modems fonctionnant indépendamment à un endroit. Chaque canal peut avoir jusqu'à 6 adresses ou chaque unité peut communiquer avec 6 autres unités simultanément[20]

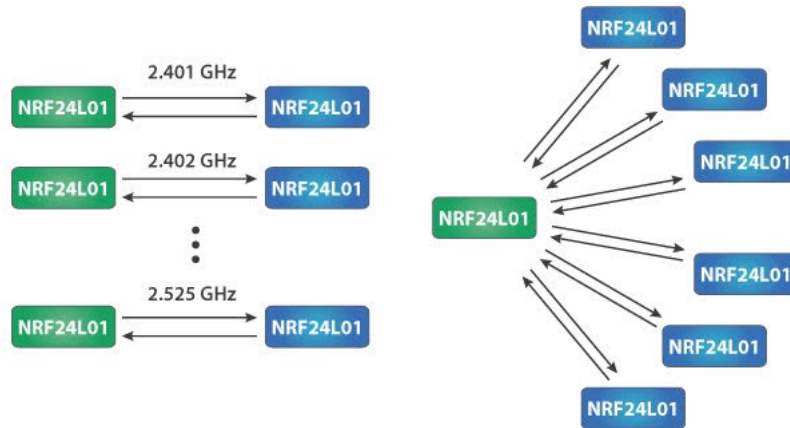


FIGURE 2.7 : Réseau NRF24L01 [20].

La consommation électrique de ce module est d'environ 12 mA au cours de la transmission, ce qui est même inférieur à une seule LED. La tension de fonctionnement du module est comprise entre 1,9 et 3,6 V, mais l'aspect positif est que les autres broches tolèrent une logique de 5 V, ce qui permet de le connecter facilement à un Arduino sans utiliser de convertisseur de niveau logique[20]

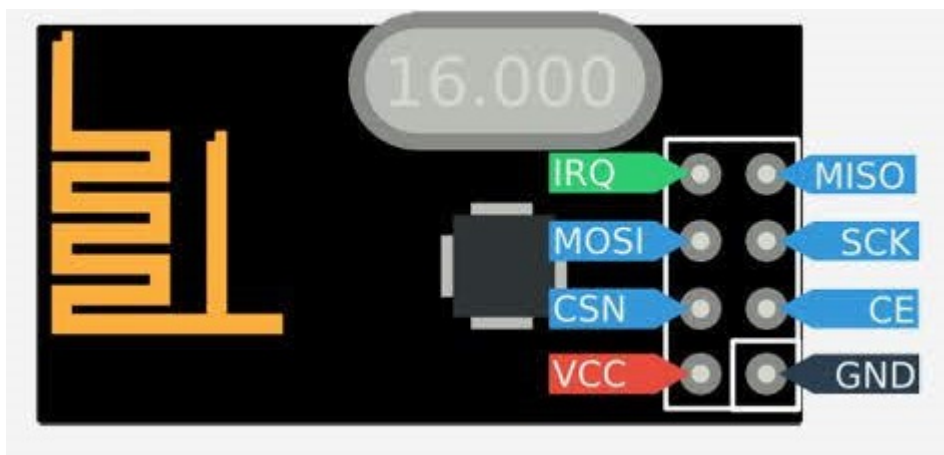


FIGURE 2.8 : NRF 24L01 pinout [20].

Trois de ces broches sont destinées à la communication SPI et doivent être connectées aux broches SPI de l'Arduino, mais notez que chaque carte Arduino possède des broches SPI différentes. Les broches CSN et CE peuvent être connectées à n'importe quelle broche numérique de la carte Arduino et sont utilisées pour régler le module en mode veille ou actif, ainsi que pour passer du mode transmission au mode

commande. La dernière broche est une broche d'interruption qui ne doit pas être utilisée [20].

D.Radio à spectre étalé

La technique de transmission par radio à spectre étalé diffuse des signaux sur une certaine plage de fréquence. La bande passante est divisée en plusieurs canaux de communication. Les cartes réseaux pour « spectre étalé » sont réglées pour une durée prédéterminée sur un des canaux, puis passe sur un autre canal, c'est ce que l'on appelle des sauts de fréquence. Tous les ordinateurs sont synchronisés pour « sauter » en même temps. Pour intercepter de tels signaux, il faut connaître l'algorithme de changement de canal... La vitesse de transmission est faible mais la portée importante :

- 25 Kb/s à 4 Mb/s
- 250 mètres à l'intérieur et 3000 mètres à l'extérieur[18].

2.4 Actionneurs

Les actionneurs sont des dispositifs de conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Pour assurer les deux mouvements (translation et rotation), nous devons disposer de deux actionneurs. Plusieurs actionneurs peuvent être utilisés (moteur pas à pas , moteur à courant continu, servomoteur, etc). les critères de choix dépend principalement de l'application et le cahier de charges (les performances souhaitées et le cout à ne pas dépasser).

2.4.1 Servomoteurs

Les servomoteurs sont des moteurs asservis en position très utilisés en modélisme et dans l'industrie. ils ont comme caractéristique principale leurs couple. Un servomoteur est composé de [21].

- Moteur à courant continu à aimant permanent,
- Réducteur de vitesse à engrenage (multiplie le couple du moteur et réduit sa vitesse pour les applications de positionnement mécaniques),
- Potentiomètre solidaire de l'axe qui sert de capteur de celui-ci (résistance du potentiomètre proportionnelle à la position angulaire de l'axe de sortie par rapport à une référence (butée)),
- Circuit de puissance qui alimente le moteur à tension variable pour faire varier sa vitesse (pour atteindre rapidement la position de référence),
- Circuit de commande qui permet d'asservir la position du moteur à une position de référence en minimisant l'erreur avec la position mesurée par le potentiomètre (circuit de puissance et de commande implantés dans des circuits

intégrés pour des applications de faible puissance).

Dans notre travail, on a utilisé les servomoteurs SG90 comme le montre la figure (2.9)



FIGURE 2.9 : Tower Pro micro servo SG 90 à rotation angulaire [43].

Ce type des servomoteurs est caractérisé par[22].

- Alimentation : 4.8 à 6V,
- Angle de rotation : 0 à 180°,
- Couple : 1.3 kg.cm,
- Vitesse : 0.12 60°/sec,
- Dimensions : 23.2 x 12.5 x 22 mm,
- poids : 9 g,
- Engrenages en plastique

2.4.1.1 Commande d'un servomoteur

La partie électrique d'un servomoteur ne dispose que de trois fils codés par couleurs, qui permettent d'alimenter le moteur et de lui transmettre des ordres de positions sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion (MLI) plus communément appelé PWM. Cela signifie que c'est la durée des impulsions qui détermine l'angle absolu de l'axe de sortie et donc la position du bras de commande du servomoteur. Le signal est répété périodiquement, en général toutes les 20 millisecondes, ce qui permet à l'électronique de contrôler et de corriger continuellement la position angulaire de l'axe de sortie, cette dernière étant mesurée par le potentiomètre[21]. Lorsque le moteur tourne, l'axe du servomoteur change de

position, ce qui change la résistance du potentiomètre. Le rôle de l'électronique est de commander le moteur pour que la position de l'axe de sortie soit conforme à la consigne reçue : c'est un asservissement.

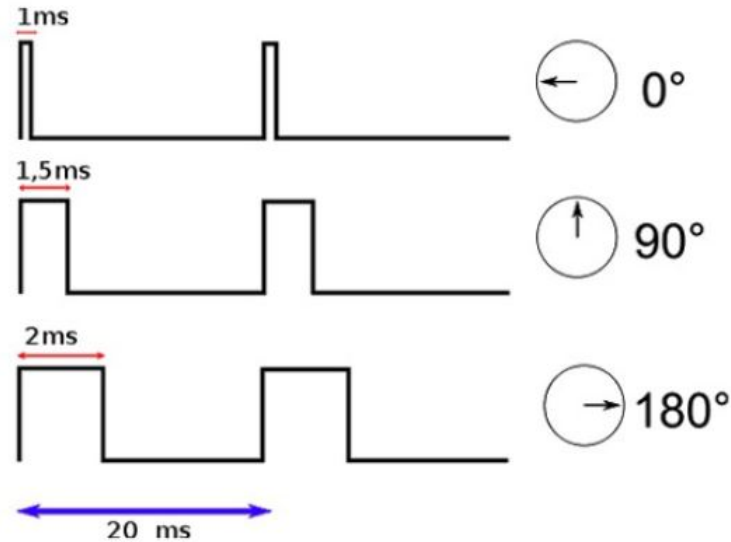


FIGURE 2.10 : Les différentes positions du servomoteur en fonction de la largeur d'impulsion[19].

Branchement des servomoteurs avec ARDUINO

- Le noir ou marron : La masse (GND)
- Le rouge : La tension d'alimentation (VCC)
- Le jaune ou orange : Le signal de commande PWM

2.4.2 Moteur à courant continu

2.4.2.1 Principe de fonctionnement du moteur à courant continu

Un moteur à courant continu est constitué de deux parties électriques : le stator et le rotor. Lorsqu'on alimente le moteur, il se crée une interaction magnétique qui met le moteur en mouvement. Lorsqu'on inverse le sens de la tension qui alimente le moteur, il tourne en sens inverse [46].

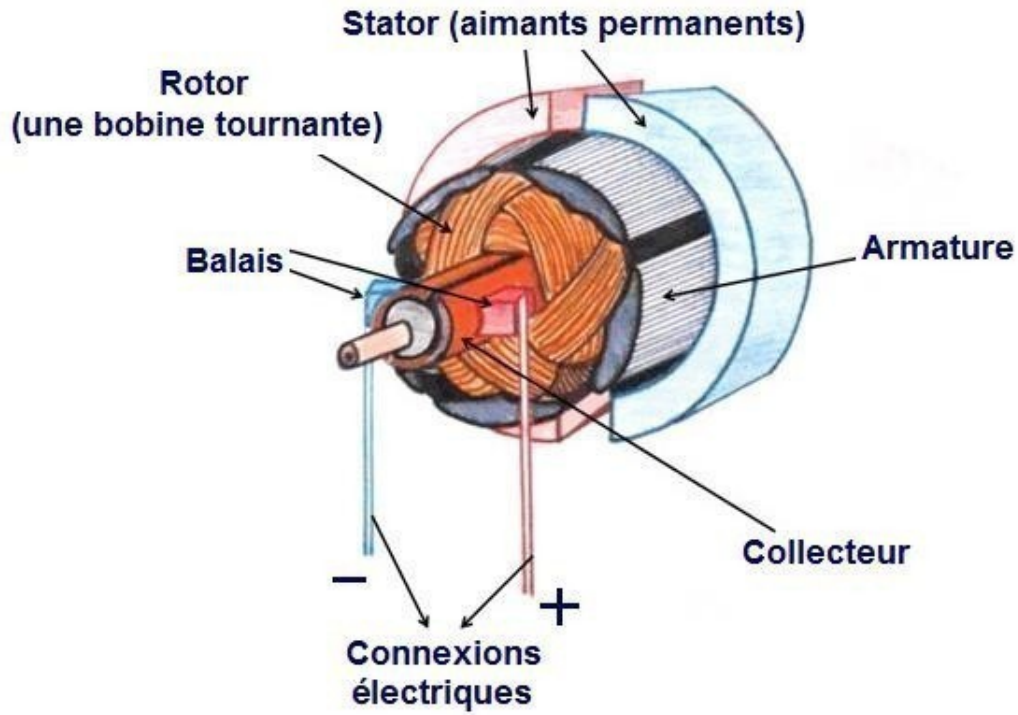


FIGURE 2.11 : Principe du moteur à courant continu[46].

2.4.2.2 Contrôle de la vitesse et du sens de rotation

Lorsque on veut commander un moteur (à courant continu ou pas à pas) on est souvent obligé d'inverser la polarité. De plus il est généralement préférable de pouvoir faire varier la vitesse du moteur. Le circuit utilisé dans la pratique s'appelle le pont en H, dont son principe de base est un assemblage de 4 transistors (2 PNP et 2 NPN) monté de telle façon que à polarisé le moteur à courant continu dans les deux sens. En inversant le sens du courant dans le moteur, ce dernier changera de sens de rotation. La vitesse de rotation du moteur est assurée par l'Arduino qui génère un signal MLI,

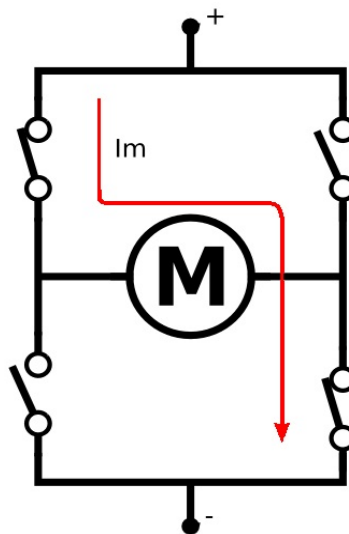


FIGURE 2.12 : Un pont en H [47].

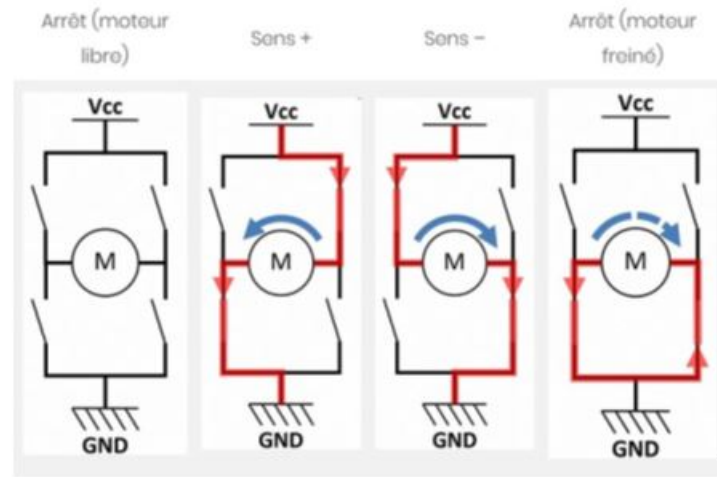


FIGURE 2.13 : diagramme des sens de rotation du moteur[47].

modulation de largeur d'impulsion qui est une impulsion (ou onde) carrée. Cette impulsion se répète dans le temps de façon continue. Une telle onde, comme toute onde est caractérisée par sa période, c'est à dire la durée entre 2 impulsions. La définition d'une onde PWM (Pulse Width Modulation en anglais ou Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI) en français) se fait en modifiant la largeur du niveau HAUT par rapport à la durée de la période : la largeur du niveau HAUT est appelée « duty cycle »[23].

Le rapport cyclique est défini par un nombre allant de 0 à 255, cela signifie qu'à 0 le signal de sortie sera nul, et à 255 le signal de sortie sera à l'état HAUT, et toutes les valeurs comprises entre ces deux extrêmes donneront un rapport cyclique plus ou moins grand. La génération du signal MLI se fait de la manière suivante :

- Si valeur = 0, le Duty Cycle sera de 0% de la période,
- Si valeur = 255, le Duty Cycle sera de 100% de la période,
- Si valeur = 127, le Duty Cycle sera de 50% de la période,
- Si valeur = n, le Duty Cycle sera de $(n/255)*100\%$ de la période.

2.4.3 Le module de puissance L298N

Le L298N permet de contrôler 2 moteurs continus ou 1 moteur pas à pas. Il peut faire tourner les moteurs en vitesse continue ou en PWM, Il est basé sur le composant L298N qui est un double Pont-H conçu spécifiquement pour ce cas d'utilisation. C'est un module extrêmement utile pour le contrôle de robots et ensembles mécanisés. De plus, il inclut des diodes pour protéger le circuit, des résistances de rappel et un dissipateur de chaleur en cas de forte charge, il est conçu pour supporter des tensions Plus élevées, des courants importants tout en proposant une commande logique TTL (basse tension, courant faibles, idéal donc pour un microcontrôleur). Le L298N est un double pont en

H, c'est à dire qu'il permet de faire tourner les moteurs dans un sens ou dans l'autre sans avoir à modifier les branchements, grâce à sa forme de H, d'où il tient son nom et qui lui permet de faire passer le courant soit dans un sens ou dans l'autre[42]

2.4.3.1 Spécifications du composant de contrôle en puissance

- Alimentation de la charge : de +6V à +35V
- Courant Max (en pointe) : 2A
- Tension de commande logique Vss : de +5 à +7V (alimentation interne de +5V)
- Courant de commande logique : de 0 à 36mA
- Tensions pour contrôle du sens : Low -0.3V~1.5V, high : 2.3V~Vss
- Tensions pour contrôle "Enable" : Low -0.3V~1.5V, high : 2.3V~Vss
- Puissance Max : 25W (Température 75)
- Température de fonctionnement : de -25 à +130
- Dimensions : 60mm x 54mm
- Poids : ~48g

2.4.3.2 Description du module L298N

Les ports ENA et ENB permettent de gérer l'amplitude de la tension délivrée au moteur, grâce à un signal PWM. Les ports In1 , In2 pour le moteur A et In3, In4 pour le moteur B, permettent de contrôler le pont en H et par conséquent le sens de rotation des moteurs.

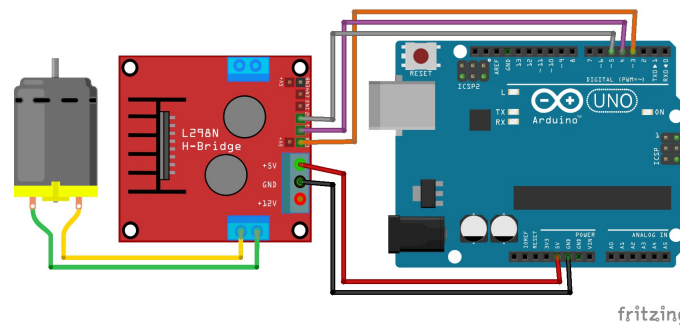


FIGURE 2.14 : Branchement du module l298n avec l'arduino

2.5 Capteurs

2.5.1 Capteurs infrarouges

Le capteur infrarouge est constitué d'un récepteur qui détecte l'intensité lumineuse dans la gamme des lumières infrarouge et d'un émetteur de lumière infrarouge. Ce module fournit une solution de système de détection infrarouge polyvalent pour les appareils d'automatisation tels que les voitures et les robots

intelligents . le module de capteur est adaptable à la lumière ambiante, il a une paire de tube de transmission et de réception infrarouge. le tube émetteur émet une certaine fréquence IR que sera réfléchi lors de la détection des obstacles (surface réfléchissante et reçue par le tube récepteur). après le traitement avec le circuit du comparateur, l'interface de sortie de signal sort un signal numérique. Le capteur infrarouge peut aussi être utilisé en capteur de distance en mesurant l'angle avec lequel le rayon réfléchi arrive sur le récepteur. En fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur, On peut en déduire la distance de l'obstacle. Par rapport à capteur ultrasons, un capteur infrarouge permettra une meilleure précision mais au détection moins importante et d'une portée plus faible. Dans notre cas on a utilisé ce capteur pour suivre une ligne noir sur fond blanc (ou l'inverse). En effet, le noir réfléchit beaucoup moins la lumière infrarouge que le blanc.

2.5.1.1 Spécifications du module

- tension de fonctionnement : 3.3V 5V (VCC)
- courant de travail : > 1A
- distance de détection : 2 ~ 60 cm
- angle de détection : 35°

Taille :

- grande carte : 42 x 38 x 12 mm
- petite carte : 25 x 12 x 12
- diamètre du trou de montage : 3 mm

remarque : Ne pas mettre la sonde vers la lumière du soleil. La lumière du soleil provoquera des interférences au module. La sensibilité ne doit pas être réglée excessivement élevée car une sensibilité élevée peut facilement conduire à un faux déclenchement.

2.5.1.2 Branchement avec la carte arduino

- Les VCCs des capteurs : sont reliés à l'alimentation 5 V de l'Arduino
- Les GNDs des capteurs : sont reliés à la Masse de l'alimentation
- Les Sorties des capteurs : sont reliés aux entrées de l'Arduino

2.5.2 Photorésistance



FIGURE 2.15 : Photorésistance[45].

Les photorésistances, également appelées résistances dépendantes de la lumière (LDR), sont des dispositifs photosensibles utilisés le plus souvent pour indiquer la présence ou l'absence de lumière ou pour mesurer l'intensité de la lumière. Dans l'obscurité, leur résistance est très élevée, parfois jusqu'à 1 MOhm, mais lorsque le capteur LDR est exposé à la lumière, la résistance chute considérablement, même à quelques ohms, en fonction de l'intensité de la lumière. Les LDR ont une sensibilité qui varie avec la longueur d'onde de la lumière appliquée et sont des dispositifs non linéaires. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications mais sont parfois rendus obsolètes par d'autres dispositifs tels que les photodiodes et les phototransistors[44].

2.5.2.1 Avantages

- Faible coût
- Grandes gammes spectrales
- Facilité de mise en œuvre
- Sensibilité élevée

2.5.2.2 Inconvénients

- Non linéarité de la réponse en fonction du flux.
- La vitesse de variation de R avec l'éclairement est faible et non symétrique
- Sensibilité thermique
- Refroidissement nécessaire dans certains cas (capteurs thermiques)
- Temps de réponse élevé (0,1 μ s à 100 ms)
- Bande passante limitée
- Instabilité dans le temps (vieillesse dû aux échauffements)

2.5.3 Capteur RGB

Notre capteur RGB est à base de LDR et fonctionne sous le principe de réflexion de lumière veut dire que une fois un objet sous le capteur ; une led rouge s'allume et la LDR capte la valeur du rayon réfléchissant sur l'objet et le traduit en signal électrique qu'on peut lire on utilisant un pont diviseur de tension .

2.5.3.1 Mécanisme de perception de la couleur

Par définition une lumière blanche spectrale comporte l'ensemble des lumières du spectre visible avec des intensités équivalentes. Lorsqu'un objet coloré opaque reçoit une telle lumière il va :

- diffuser la ou les lumières qui constituent sa couleur.
- absorber toutes les autres couleurs dont l'ensemble est complémentaires de sa propre couleur

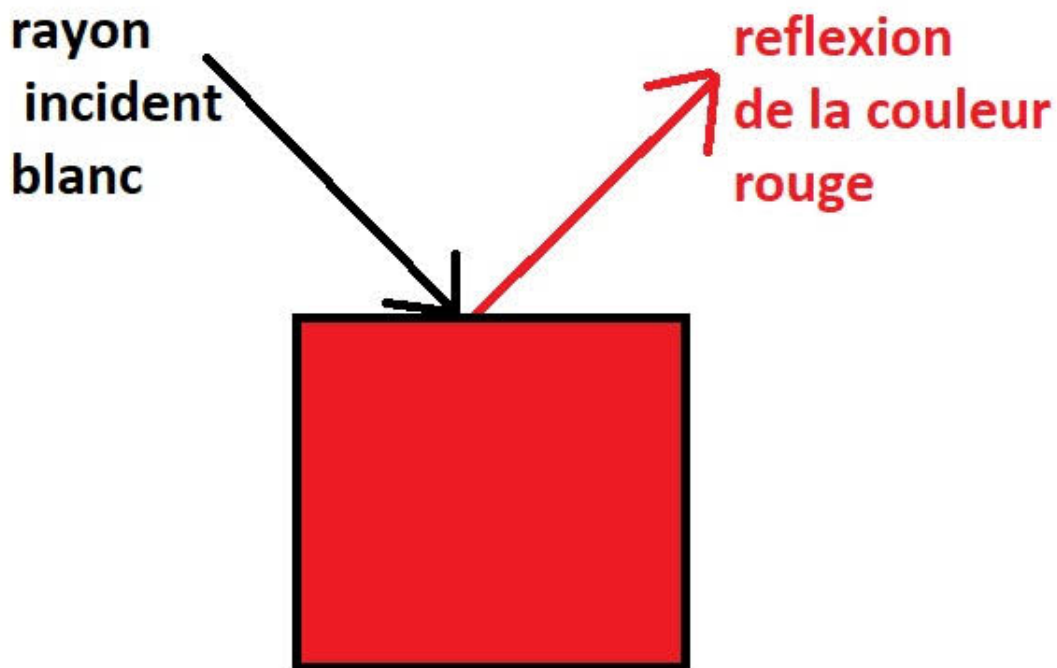


FIGURE 2.16 : principe de reflexion de couleur.

2.5.3.2 Objet éclairé en lumière colorée

Une lumière est constituée de radiations d'une seule longueur d'onde qui correspond à une seule couleur. Par conséquent seules deux situations peuvent se présenter :

- L'objet absorbe toute la lumière et apparaît noire

– L'objet réfléchit la couleur et apparaît

2.5.3.3 Exemples

un objet rouge (en lumière blanche) semble rouge s'il est éclairé par une lumière rouge mais il est perçu noir sous une lumière violette, bleu, verte etc.

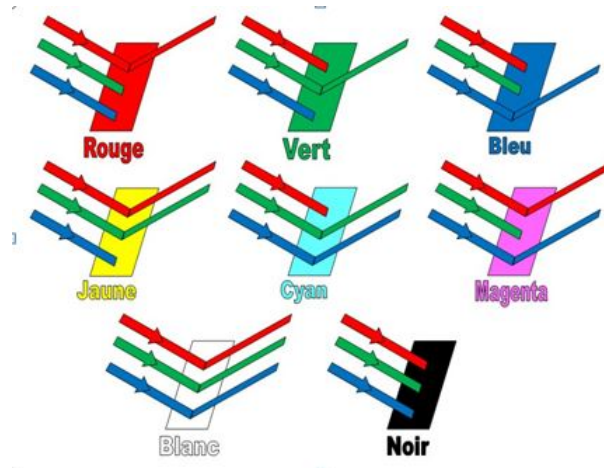


FIGURE 2.17 : Absorption sélective des pigments primaires et secondaires lors de la réflexion sur un objet opaque.

2.6 CONCLUSION

On a présenté dans ce chapitre les différents composants électroniques qui vont être utiles lors de la réalisation de notre projet ainsi que leurs différentes caractéristiques, avantages et inconvénients avec quelques notions de base sur la perception de couleur et les microcontrôleurs utilisés munis de ces informations. Dans le chapitre suivant nous allons entamer les phases de conception et réalisation de notre projet .

7 \ Ud] hf Y =
7 cb W dh] cb · Yh
f f U `] g U h] cb · XY · ` U
gh U h] cb · XY · hf] · Yh
Xi j f `] W ` Y · XY
ghc W

Chapitre 3

Conception et réalisation de la station de tri et du véhicule de stock

3.1 Introduction

Dans le but d'instaurer une organisation saine, on a réparti notre réalisation en deux parties :

Un système de tri : cette partie sera composé d'une partie opérative et une partie commande. Dans ce contexte, on a choisi le tri d'objet par couleur basé sur un capteur de couleur et un microcontrôleur et d'autres actionneurs qui assureront le déplacement et l'orientation des objets.

Un système de stockage : basé sur un robot mobile suiveur de ligne qui commence le stockage une fois le tri est terminé, dont la commande sera reçu via un module sans fil. Ce robot comme tout autre robot, est composé de deux parties, une partie mécanique qui inclut une plate-forme composée du châssis, des roues, fixation des actionneurs, ainsi qu'une partie électronique comprenant le microcontrôleur, les actionneurs (Généralement des moteurs ou des servomoteurs), le circuit de commande, l'étage de puissance et un ensemble de capteurs nécessaires pour la navigation et l'autonomie du robot ,ainsi que l'alimentation (piles).

Dans ce chapitre, on se focalisera à la présentation de l'ensemble des dispositifs utilisés lors de la réalisation de notre robot mobile ainsi que la station de triage automatique .

3.2 Partie (1) : station de triage

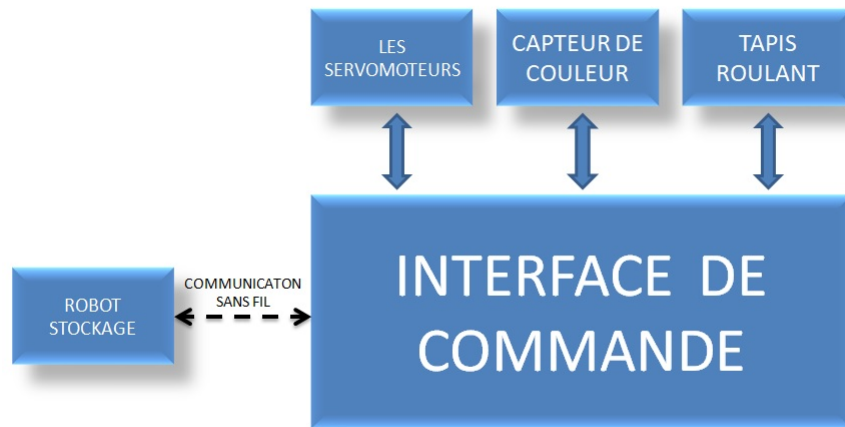


FIGURE 3.1 : Vue globale du système.

Commençant par la partie de tri qui se compose de plusieurs sous systèmes, décrits comme suit :

3.2.1 Système d'acheminement automatique

le système d'acheminement automatique a été réalisé avec un mécanisme de piston aidant à injecter automatiquement des objets sur la ligne de triage. Il se compose d'un servomoteur et d'une tour dans laquelle on rassemble les objets à trier figure[3.2] .

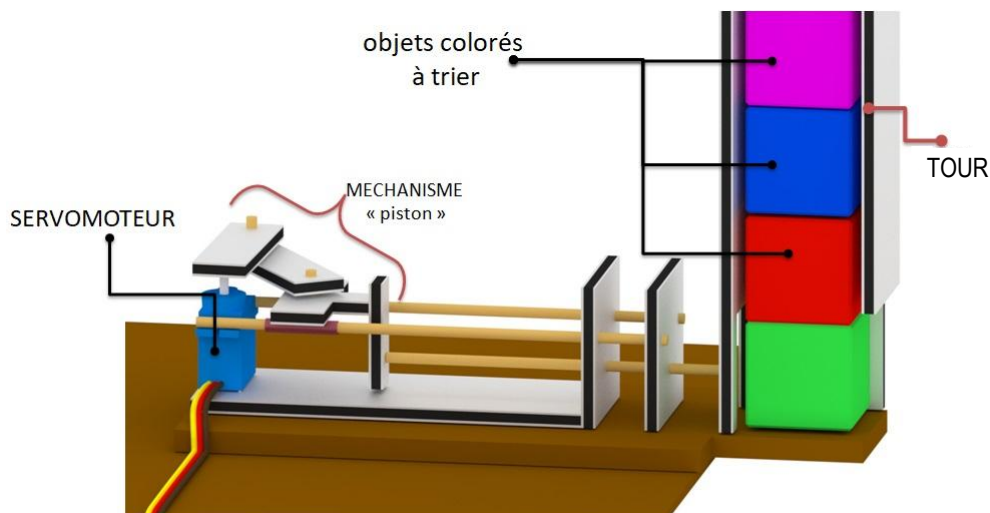


FIGURE 3.2 : Mécanisme d'acheminement automatique.

dans la figure suivante[3.3] on verra le système du piston en action.

Une fois activé, le piston pousse l'objet rouge qui sort de la pile qui entraîne la descente des objets supérieures, la tige en rentrant prépare l'objet suivant devant la sortie,

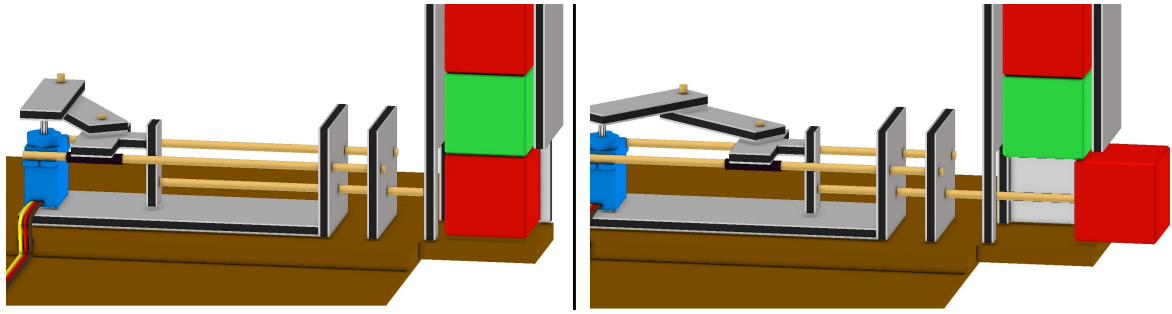


FIGURE 3.3 : Piston en action.

le systeme fonctionne selon l'organigramme suivant

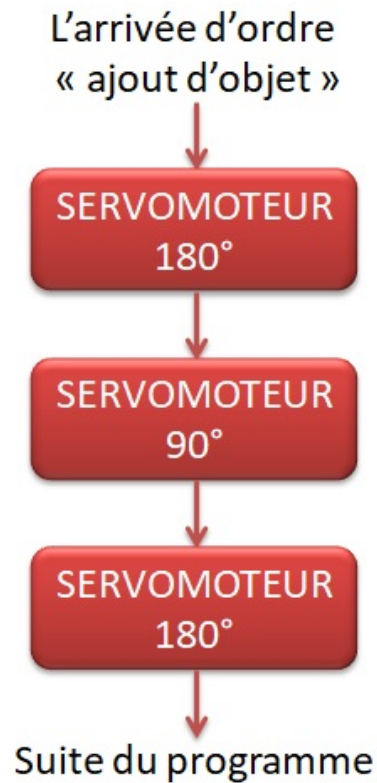


FIGURE 3.4 : Organigramme du piston.

- « Servomoteur =180 » piston retracté ou position initiale
- « Servomoteur=90 » position où le bras est totalement sortant

3.2.2 Tapis roulant

Afin d'automatiser le système, on a opté pour un système de tapis roulant (convoyeur) qui facilite l'acheminement d'objet sortant de la pile (file d'attente) en passant premièrement par un capteur de couleur puis vers le mécanisme de tri.

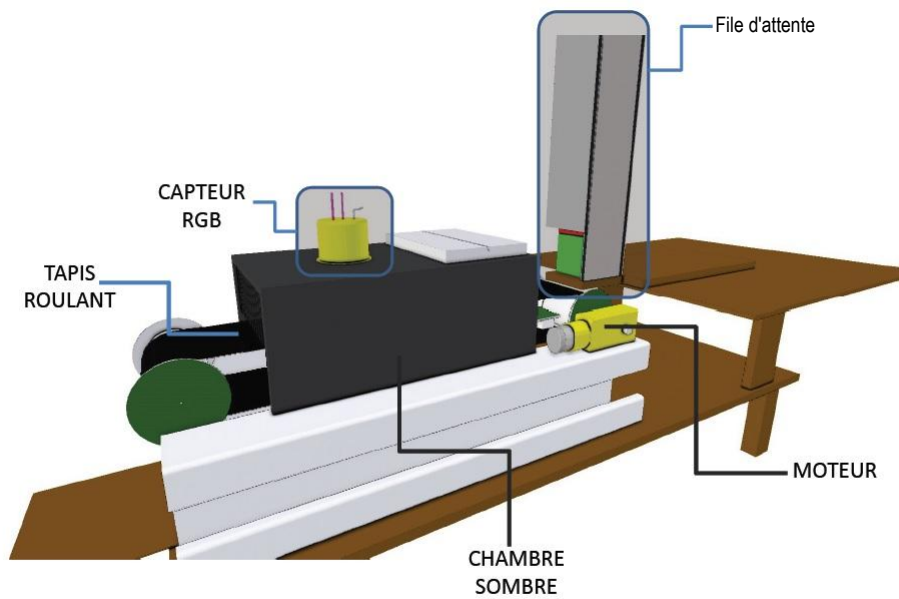


FIGURE 3.5 : Vue primaire sur le convoyeur.

La configuration électrique du tapis roulant est comme suit :

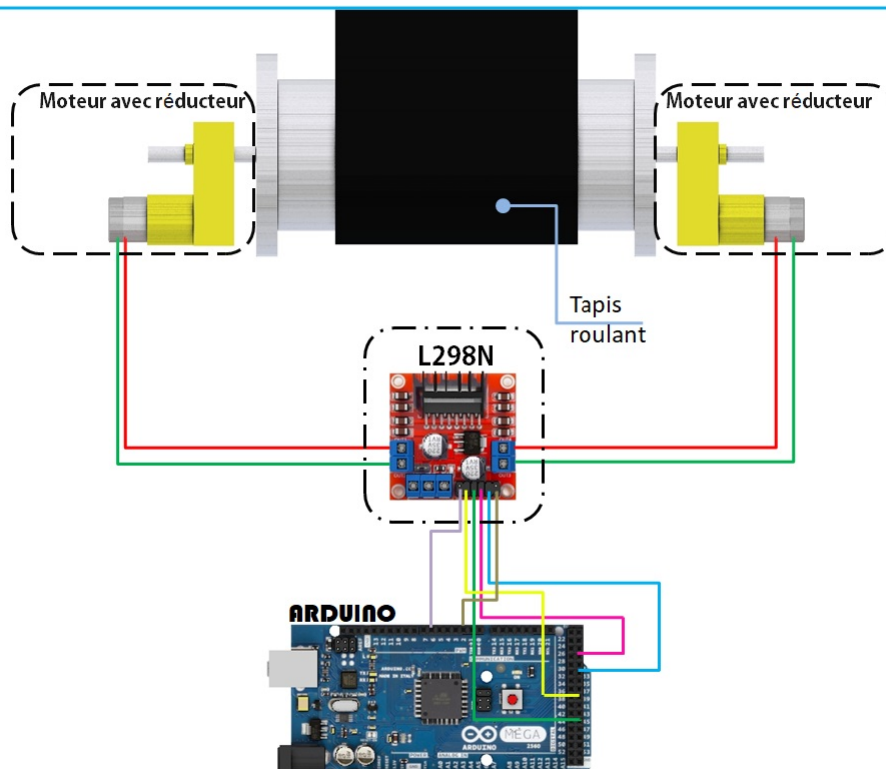


FIGURE 3.6 : Branchement du tapis roulant (module L298N + moteurs et arduino).

Le contrôleur des moteurs est branché au pins 33,27,45,39,2 et 6. les pins 33 et 27 sont pour le moteur de droite et les pins 45 et 39 sont pour le moteur de gauche, les pins 2 et 6 sont des sorties PWM de l'arduino pour commander la vitesse des moteurs.

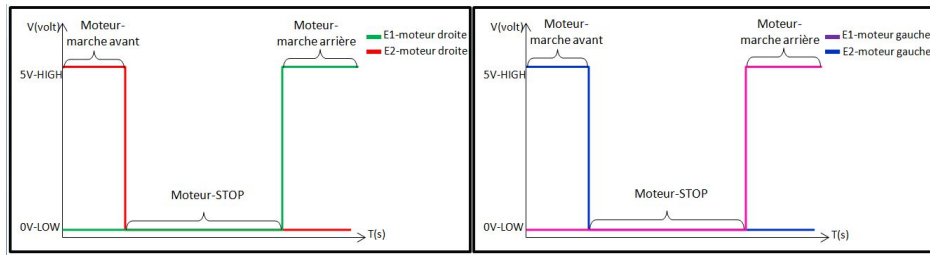


FIGURE 3.7 : Figure montrant la direction de marche des moteurs selon les entrées du module.

Pour faire tourner le moteur a gauche, un signal electrique est envoyé depuis l'arduino sur les pins de commande du controleur de moteur (L298N) on envoie un HAUT LOGIQUE ou 5v sur le pin IN1 et LOW sur le pin IN2 qui fait tourner le moteur a gauche, pour le tourner a droite en envoie un « HIGH » sur le pin IN2 et « LOW » sur le pin IN1, pour arrêter le moteur on envoie « LOW » sur les 2 pins d'entrée

La figure (3.8) montre les dimmensions du tapis .

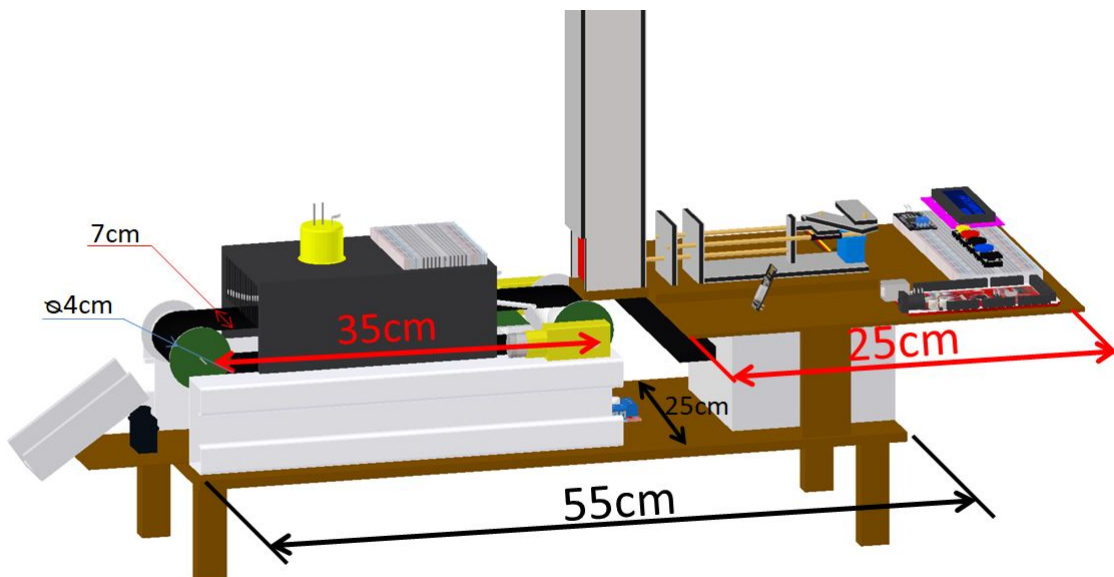


FIGURE 3.8 : dimmensions du tapis roulant.

3.2.3 Capteur de couleur

3.2.3.1 Branchement du capteur de couleur

Pour capter la couleur, le dispositif utilisé est fait à base d'une photoresistance, une LED tri-couleur et un capteur d'infrarouge qui détecte la présence d'objet, la figure (3.9) montre le branchement du capteur.

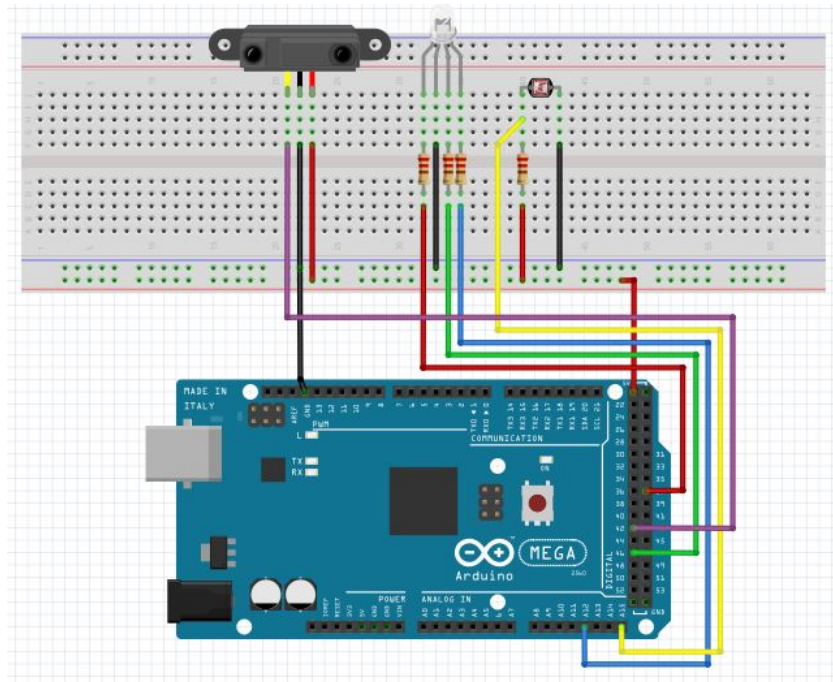


FIGURE 3.9 : Branchement du capteur de couleur.

3.2.3.2 présentation du boîtier

La photorésistance et la led ont été placés dans un boîtier circulaire



FIGURE 3.10 : boîtier du capteur RGB.

3.2.3.3 Fonctionnement du capteur

L'organigramme suivant montre le fonctionnement du capteur dans le système :

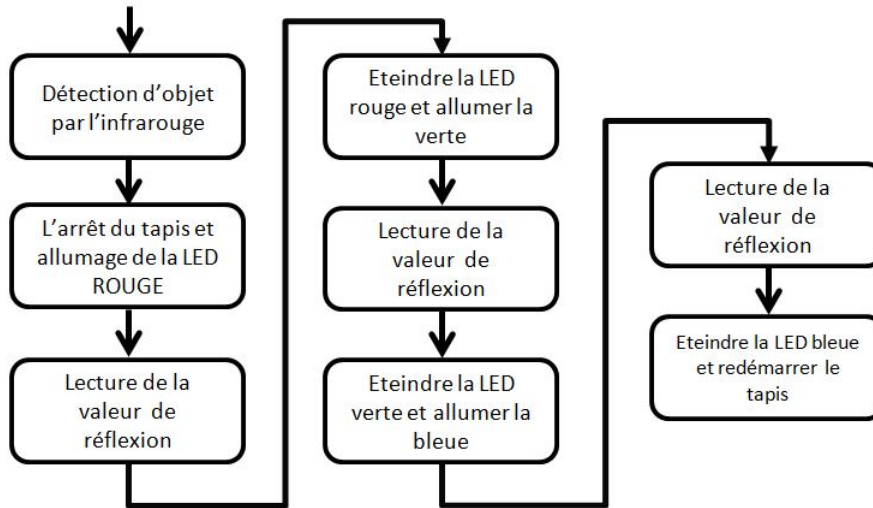


FIGURE 3.11 : Organigramme capteur couleur.

Le principe de fonctionnement est comme suit : un objet arrive sous le capteur, le détecteur infrarouge arrête le tapis puis la led rouge s'allume ce qui illumine l'objet en rouge puis une lecture se fait entre la LDR et la résistance (pont diviseur de tension). Une fois le niveau de réflexion prélevé, on passe à la couleur verte. Même principe pour la couleur bleue une fois les 3 réflexions prélevées ; une décision sera prise par une autre partie du système.

3.2.3.4.1 Principe de lecture

La résistance de la photoresistance varie selon l'intensité de lumière et donc selon la réflexion des rayons lumineux émis par la LED

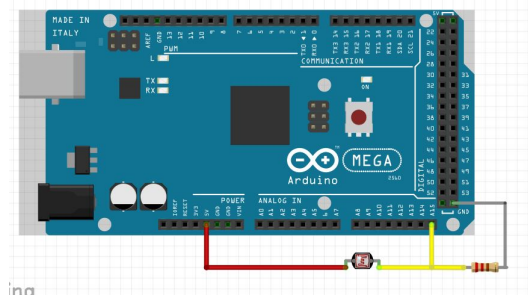


FIGURE 3.12 : Diviseur de tension.

La pin A15 de l'arduino est reliée au point entre la photoresistance et la résistance. La formule du pont diviseur de tensions est la suivante $V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

L'équation du diviseur de tension suppose que trois valeurs du circuit ci-dessus sont connues : la tension d'entrée (V_{in}) et les deux valeurs de résistance (R_1 et R_2). À partir de ces valeurs, nous pouvons utiliser cette équation pour trouver la tension de sortie (V_{out}), mais dans notre cas on peut avoir directement la valeur de V_{out} grâce à l'entrée analogique de l'arduino ce qui nous intéresse est la variation de V_{out} qui dépend de R_1 , R_2 et V_{in}

3.2.3.4 Lecture couleur

En cas idéal, un objet Rouge absorbe toute la lumière mais le rouge est réfléchi, donc on aura 3 cas selon les couleurs de la LED (RGB) :

- Projection de lumière verte
- Projection de lumière rouge
- Projection de lumière bleue

3.2.3.4.1 Calibration du capteur

En premier lieux, on doit calibrer le capteur sur une plage de 0 à 255 [0,255], dont on doit y avoir la valeur de la couleur rouge, verte et bleue . On effectue une lecture de couleur rouge sous une lumière rouge puis on note la valeur du diviseur de tension, ensuite de la couleur noire sous une lumière rouge. Une fois les valeurs sont obtenues, on applique la règle de trois en mettant notre valeur max (rouge) à 255 et le noire au valeur minimale à 0. La même méthode est appliquée sur les couleurs restantes verte et bleue.

Pour expliquer les trois cas, on utilisera un objet rouge .

1- Projection de lumière verte :

L'objet rouge absorbe toute la lumière verte ce qui resulte une réflexion nulle , la valeur de la tension varie suivant l'intensité de lumière, La valeur lue reste près de 0V ce qui implique que c'est une absorption presque totale donc la couleur d'objet n'est pas d'une couleur rouge que l'on cherche à trouver.

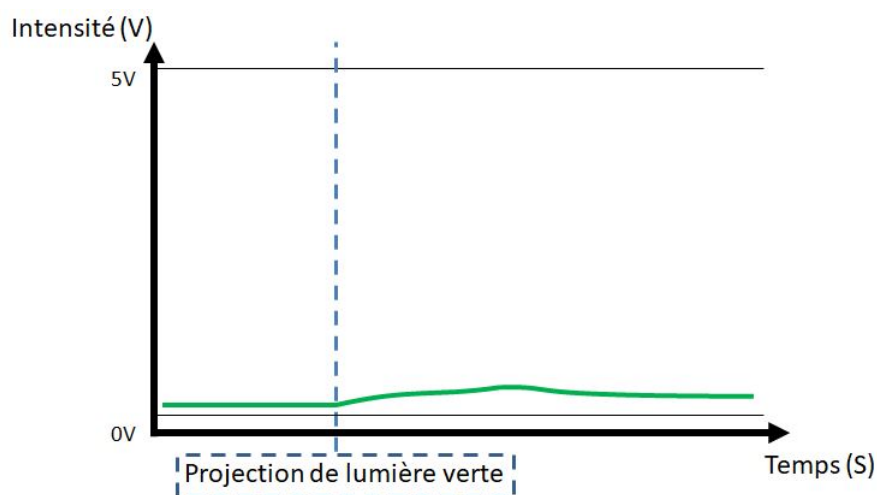


FIGURE 3.13 : Valeur lue par l'arduino avant et après projection.

2- Projection de lumière rouge :

Sur un objet rouge , la projection d'une lumière rouge implique un changement de

résistance qui résulte en une variation de tension brusque à cause de la réflexion de la lumière . Donc la tension lue monte brusquement .

==>La variation de tension implique une variation de résistance de LDR c'est à dire une variation de réflexion. Ce changement brusque révèle que la couleur d'objet d'une nuance de rouge, le taux de changement donne le niveau de rouge de l'objet qui est compris entre [0,255] .

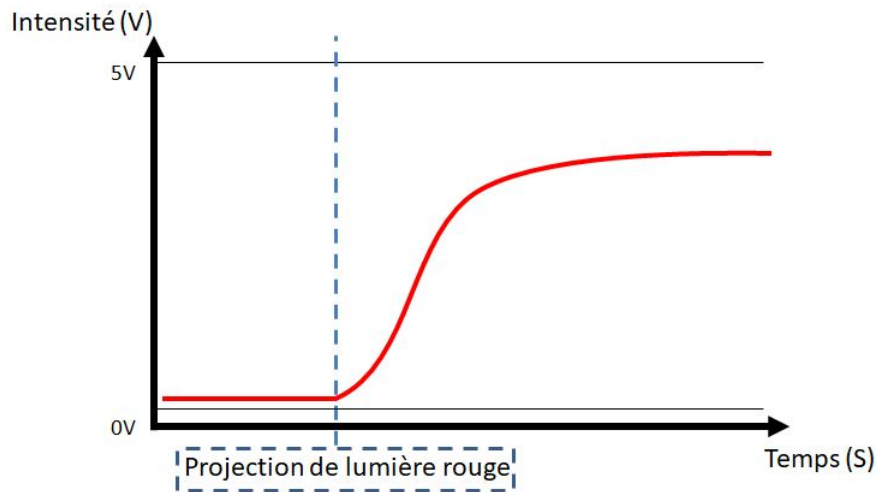


FIGURE 3.14 : Valeur lue par l'arduino avant et après projection.

3-Projection de lumière bleue :

L'objet rouge absorbe presque toute la lumière bleue , et donc la valeur lue a une petite variation de quelque centaines de mV , ce qui implique que c'est une absorption alors cet objet n'est n'a pas de nuance de bleu

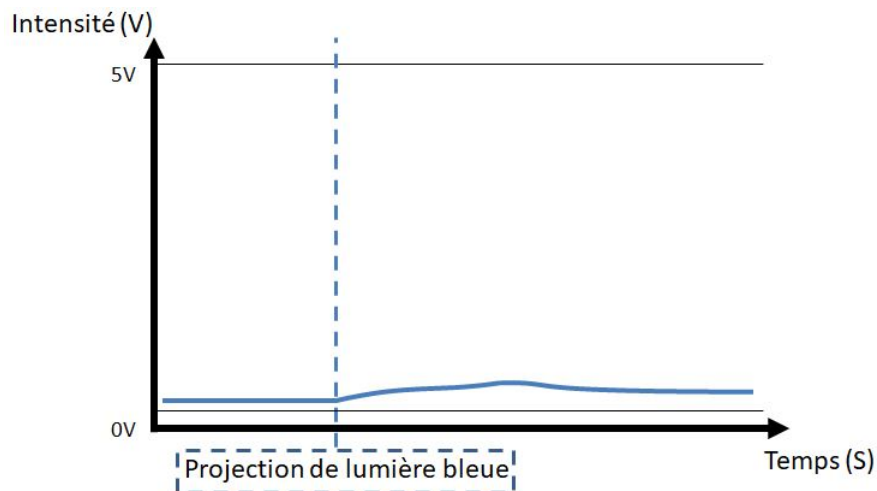


FIGURE 3.15 : Valeur lue par l'arduino avant et après projection.

3-Projection de lumière blanche :

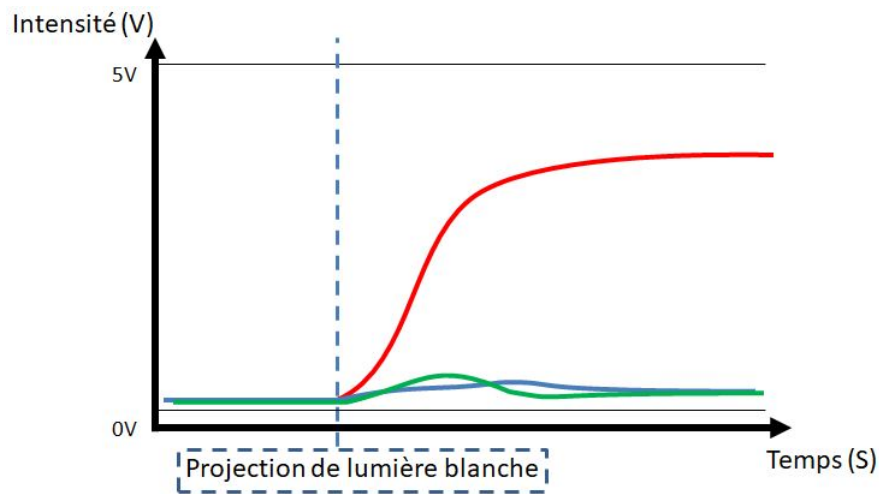


FIGURE 3.16 : Valeur lue par l'arduino avant et après projection.

pour récapituler ces cas, on esquissera le tableau suivant :

Couleur de projection couleur de l'objet	Rouge	Vert	Bleu
Rouge	Réflexion	Absorption	Absorption
Vert	Absorption	Réflexion	Absorption
Bleu	Absorption	Absorption	Réflexion

TABLE 3.1 : Tableau des cas possibles.

3.2.4 Mécanisme de tri

Afin de prendre une décision, le programme utilise les valeurs enregistrées préalablement prises par le capteur de couleur, qui sont « ReflexionRouge », « ReflexionVerte » et « ReflexionBleue »

si la valeur de Rouge est plus grande que la valeur de bleue et verte donc l'objet est de couleur rouge

une fois une décision prise le systeme actionne le servomoteur selon la couleur de l'objet lue.

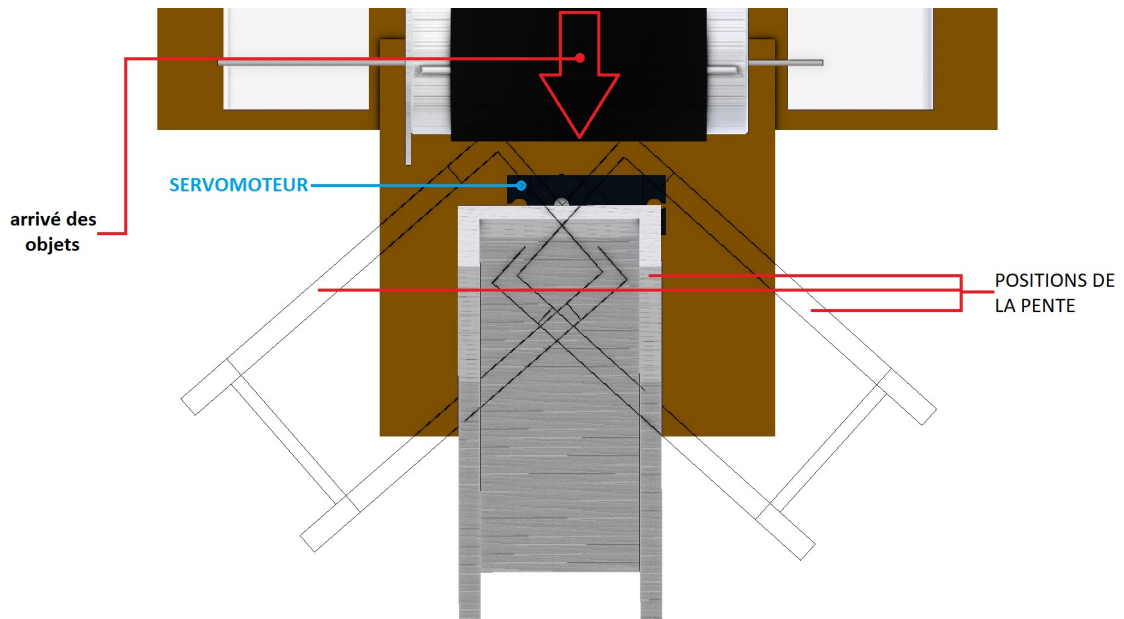


FIGURE 3.17 : Mécanisme de tri

3.2.5 Alimentation

pour l'alimentation, un bloc d'alimentation d'un ordinateur de bureau a été utilisé pour alimenter les 2 moteurs ainsi que l'arduino mega et les servomoteurs.



FIGURE 3.18 : Bloc d'alimentation[25] .

L'avantage avec ce bloc d'alimentation est qu'il possède déjà toutes les sorties standardisées dont on a besoin pour alimenter l'ensemble des composants

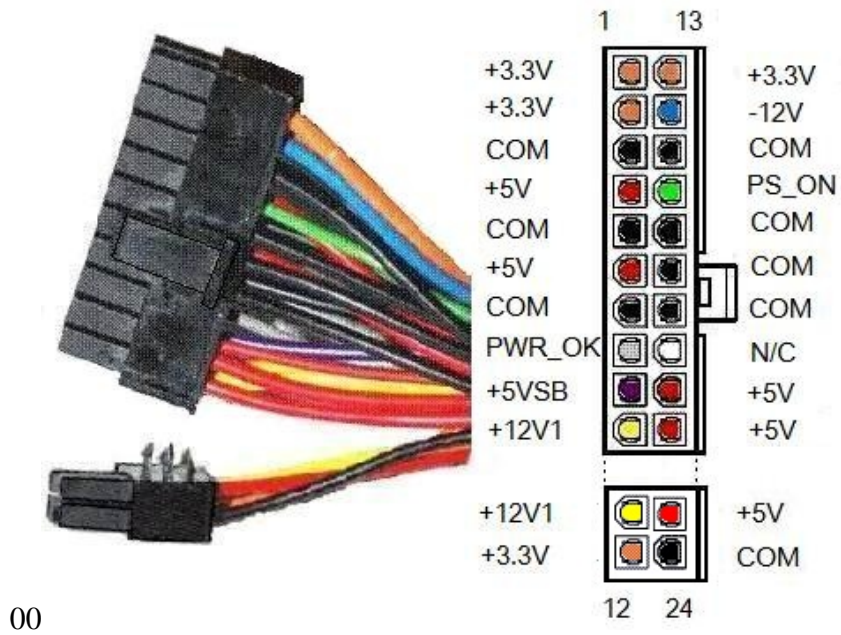


FIGURE 3.19 : Brochage de l'alimentation 24/20 broches[26].

- Les câbles JAUNES sont des sorties de +12V
- Les câbles ROUGES sont des sorties +5V
- Les câbles ORANGES sont des sorties +3.3V
- Les câbles NOIRS sont des POINTS COMMUNS (GND)

Afin d'allumer le bloc on doit relier les câbles Vert (PS_ON) et COM, et la figure (3.20) montre le brochement des modules utilisés dans la partie -1- de la réalisation avec l'alimentation.

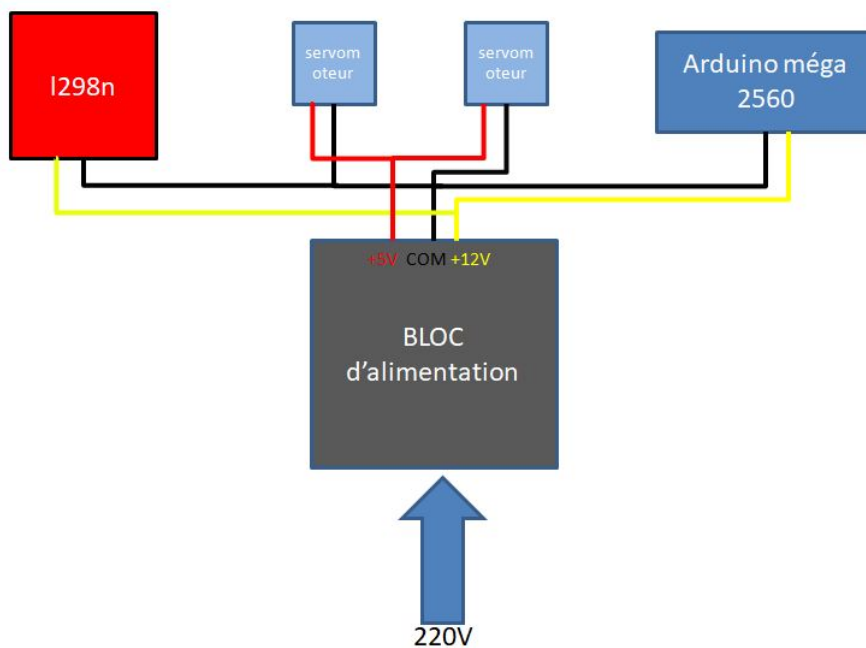


FIGURE 3.20 : branchement d'alimentation avec les modules.

3.2.6 Vue d'ensemble de la station de tri

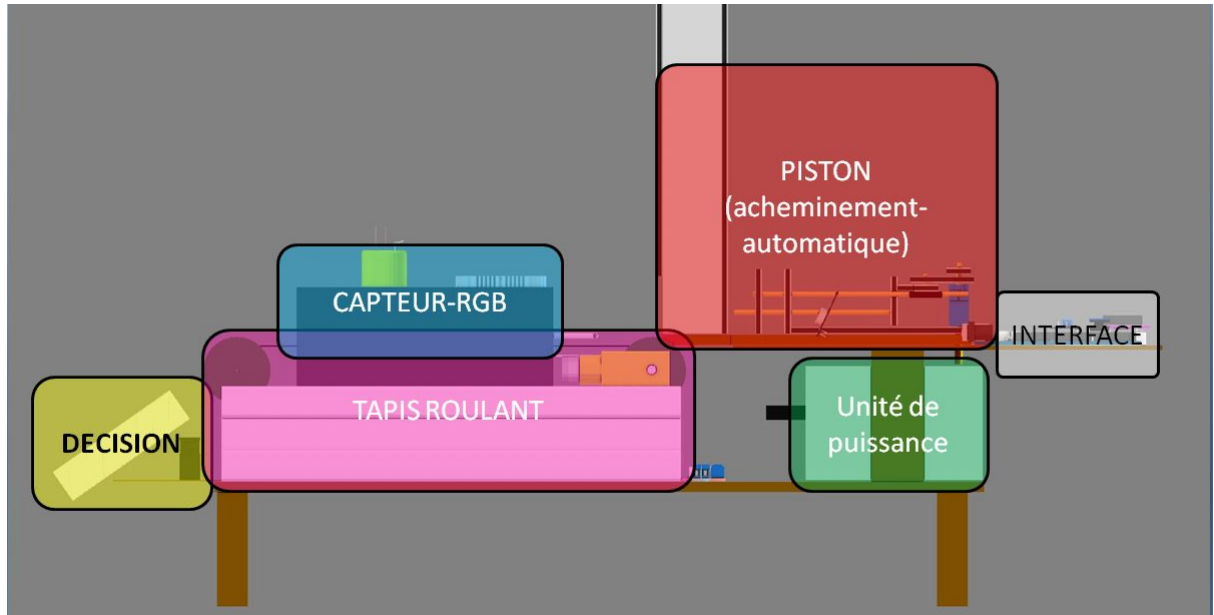


FIGURE 3.21 : Vue d'ensemble des principaux blocs de la station de tri.

3.3 Partie (2) : vehicule de stockage

La partie de stockage qui se compose de plusieurs sous systèmes, est décrits comme suit :

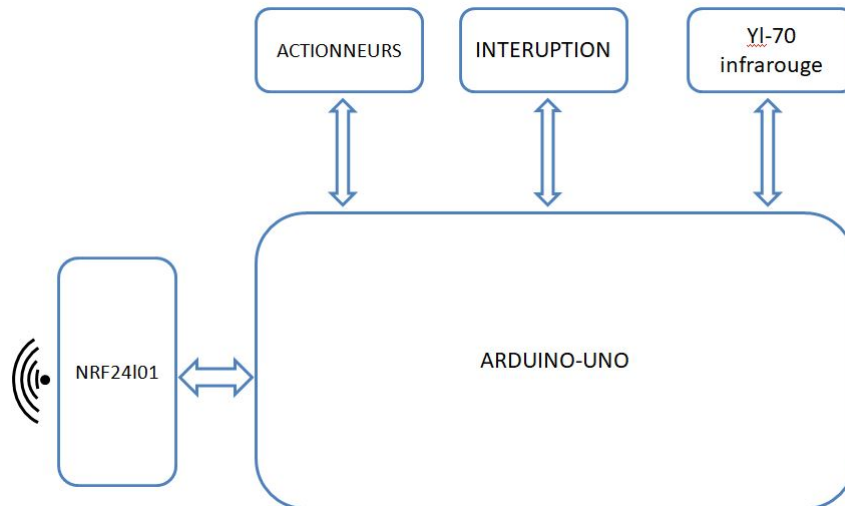


FIGURE 3.22 : Vue globale du vehicule.

3.3.1 Châsis du véhicule

Le châsis du véhicule est a base de Plexi-glass qui est léger et solide en meme temps, Les dimensions du châssis sont montrées dans la figure suivante :

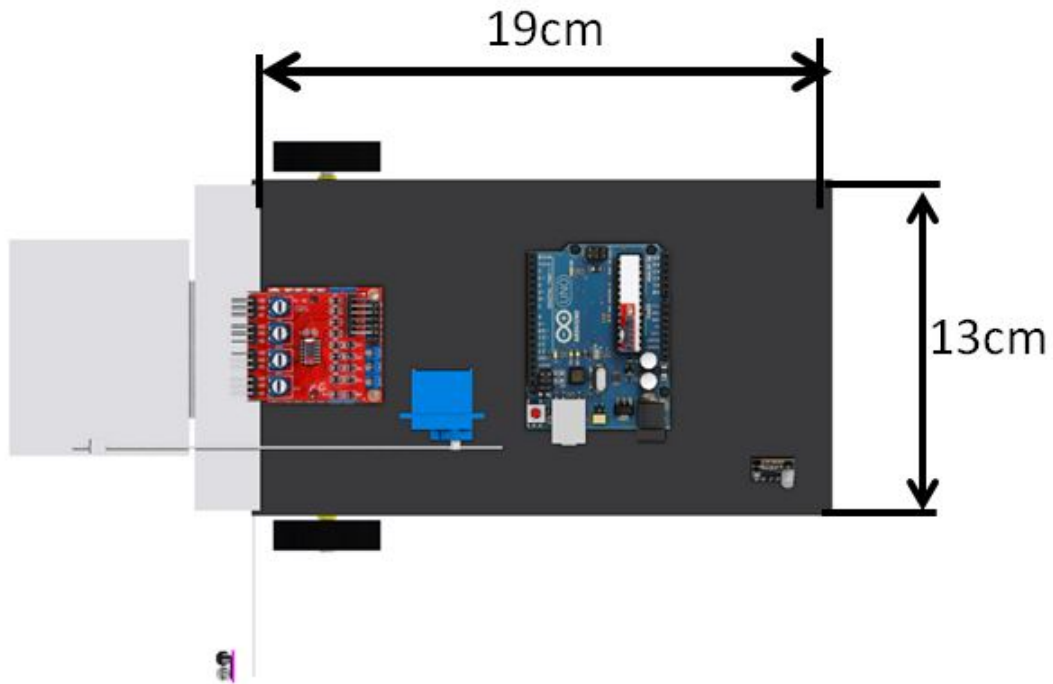


FIGURE 3.23 : Dimensions du chassis .

3.3.1.1 Composants du véhicule

Le matériel utilisé pour effectuer la réalisation du robot est :

- Arduino UNO.
- Contrôleur des moteurs L298n
- Deux moteurs à courant continu avec réducteur.
- Un module YL-70 (infrarouge).
- Un servomoteur.
- Un module NRF24L01 (sans fil)
- Des roues.
- Des fils de connexion.
- Des piles.

3.3.2 Branchement des Moteurs

Le branchement des deux moteurs a été fait en les reliant avec le module L298n qui ordonne la direction des moteurs selon le signal envoyée par l'arduino, ainsi que leur vitesse de rotation.

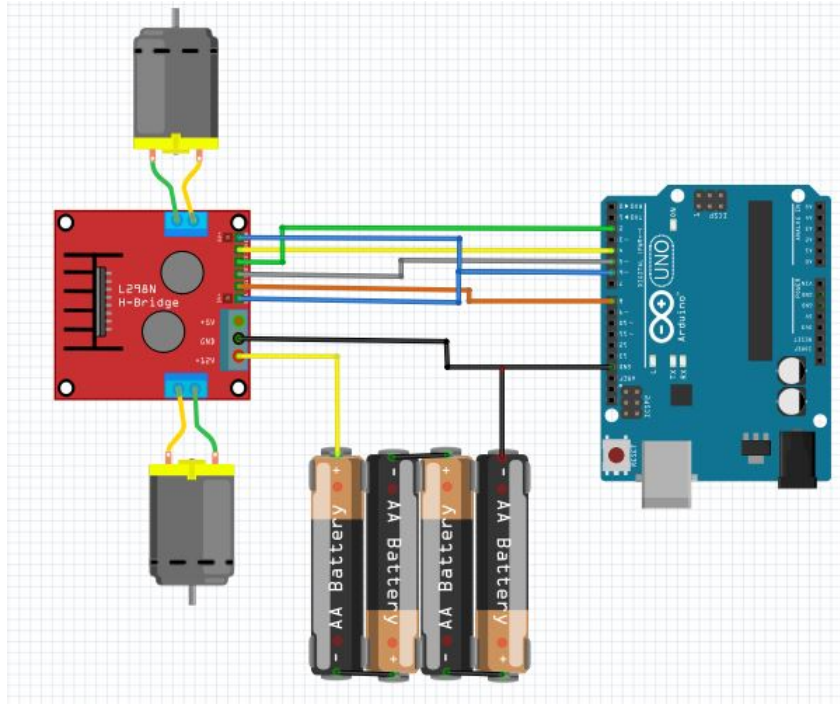


FIGURE 3.24 : Branchement des moteurs avec le L298N et l'arduino UNO.

3.3.2.1 Déplacements possibles du véhicule

Le déplacement du véhicule est assuré par les 2 roues motrices situées à l'avant du véhicule et une roue folle à l'arrière.

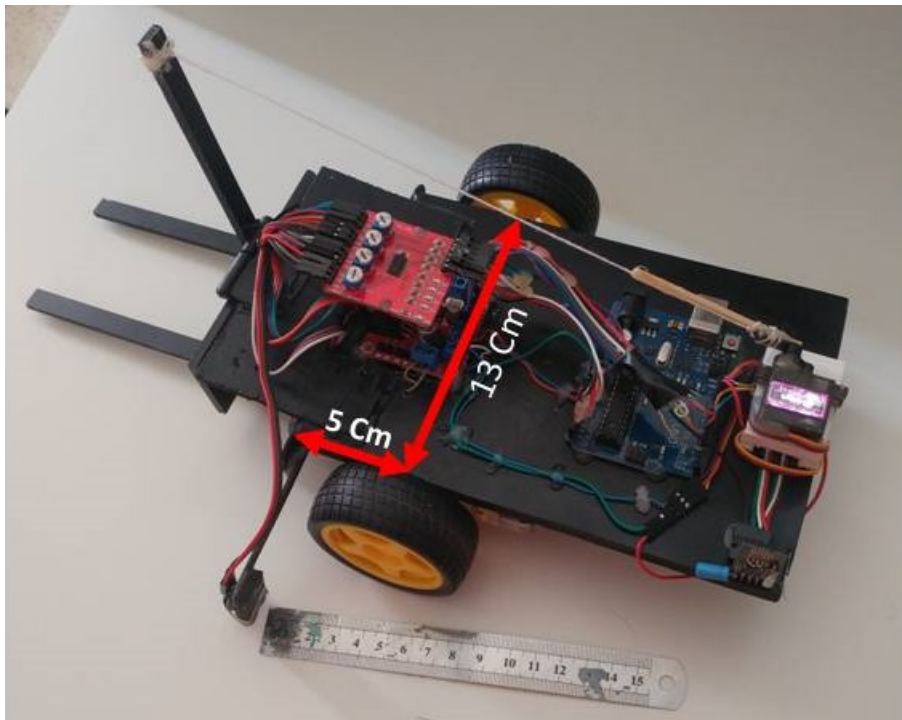


FIGURE 3.25 : Emplacement des roues.

Ce robot peut se déplacer vers plusieurs directions :

- Marche avant
- Marche avant droite
- Marche avant gauche
- Tourne droite
- Tourne gauche
- Marche arriere
- Stop

a-Marche avant

Pour avancer, le robot doit simultanément activer les 2 moteurs en même temps avec la même vitesse et la même direction de rotation

- MOTEUR-GAUCHE{IN 1= < HIGH > , IN2= < LOW > }
- MOTEUR-DROITE{IN3 = < HIGH > , IN4= < LOW > }

b- Marche avant gauche

Cette fonction permet au robot d'avancer et en même temps de tourner à gauche selon les entrées du module L298n comme suit :

- MOTEUR-GAUCHE{IN 1= < LOW > , IN2= < LOW > }
- MOTEUR-DROITE {IN3 = < HIGH > , IN4= < LOW > }

c- Marche avant droite

Cette fonction permet au robot d'avancer et en même temps de tourner à droite selon les entrées du module L298n comme suit :

- MOTEUR-GAUCHE{IN 1= < HIGH > , IN2= < LOW > }
- MOTEUR-DROITE {IN3 = < LOW> , IN4= < LOW > }

d- Tourne gauche

Le robot peut aussi tourner sur lui même si les commandes arrivent comme suit :

- MOTEUR-GAUCHE{IN 1= < LOW> , IN2= < HIGH > }
- MOTEUR-DROITE {IN3 = < HIGH> , IN4= < LOW > }

e- Tourne droite

Le robot peut aussi tourner sur lui même si les commandes arrivent comme suit :

- MOTEUR-GAUCHE {IN 1= < HIGH> , IN2= < LOW>}
- MOTEUR-DROITE {IN3 = < LOW> , IN4= < HIGH >}

f- Stop

Afin d'arrêter le robot, les commandes doivent être comme suit :

- MOTEUR-GAUCHE {IN 1= < LOW> , IN2= <LOW>}
- MOTEUR-DROITE {IN3 = < LOW> , IN4= < LOW >}

g- Marche arrière

Le robot peut revenir en arrière si les commandes arrivent comme suit :

- MOTEUR-GAUCHE {IN 1= < LOW> , IN2= < HIGH >}
- MOTEUR-DROITE {IN3 = < LOW > , IN4= < HIGH >}

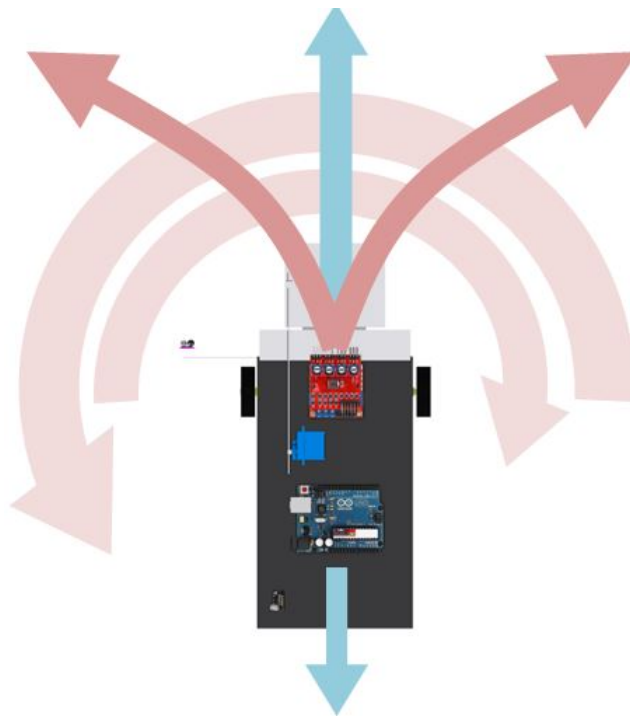


FIGURE 3.26 : Directions possibles du robot.

3.3.3 Module infrarouge YL-70

Le module infrarouge YL-70 assure la communication entre l'arduino et les détecteur infrarouge. il se compose d'une carte mère et quatre modules infrarouge reliés avec la carte mère avec des fils



FIGURE 3.27 : Module YL-70 [27].

Les capteurs infrarouge ont été utilisé comme détecteurs de ligne et un détecteur d'interruption , trois capteurs on été placés a l'avant du véhicule pour detecter une ligne a suivre puis selon les informations renvoyées par les détecteurs ; le robot prendra unedécision ou aller.

Pour des raisons pratiques (impression...), on choisira pour nos prototypes une ligne de couleur noire qui sera dessinée, imprimée ou tracée sur un fond blanc. Le but de ce scénario était - comme son nom l'indique - de réaliser un robot capable de suivre une ligne qu'elle soit droite ou courbe. Comme son nom l'indique il doit pouvoir suivre un parcours en tout autonomie.

Consigne à respecter durant le parcours :

- Suivre la ligne de couleur noir et de 75mm de largeur sur un fond blanc.
- L'épaisseur de la ligne devra être suffisante pour que les "yeux" du robot la détectent.
- Il faut que le degré des virages soit supérieur au degré des arcs de CIR.

3.3.3.1 Branchement du YL-70 avec l'arduino

La figure (3.28) montre le branchement du capteur avec l'arduino.

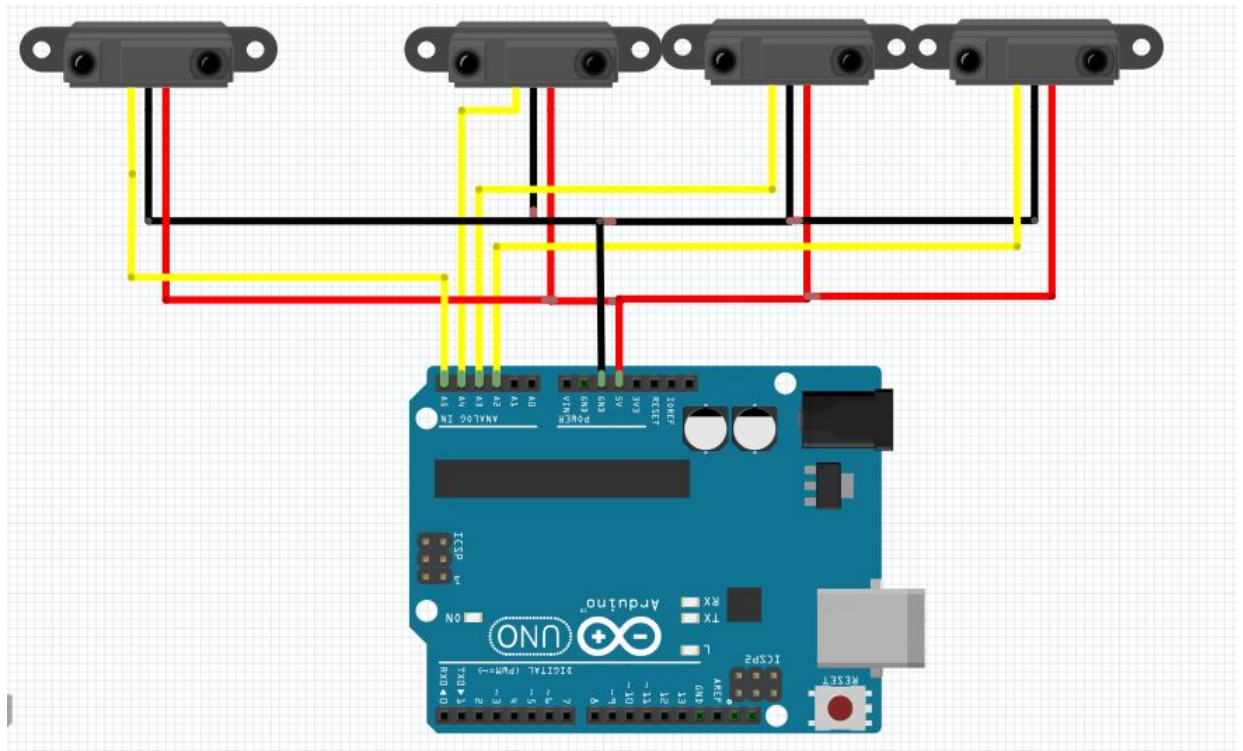


FIGURE 3.28 : Branchement YL-70 avec arduino.

3.3.3.2 Principe de la détection de la ligne

Nous savons qu'une radiation de longueur d'onde sera absorbée par un matériau, si celui-ci diffuse toutes les radiations sauf celle ayant cette longueur d'onde λ , et elle sera diffusée par un autre matériau diffusant des radiations dont une a pour longueur d'onde λ . Pour notre cas, nous avons utilisé deux "couleurs" : le noir qui absorbe toutes les longueurs d'ondes dont les infrarouges, et le blanc qui, lui, diffuse toutes les longueurs d'ondes dont les infrarouges. Nos "yeux" seront des capteurs optiques détectant la présence ou l'absence d'un faisceau lumineux de longueur d'onde supérieure à 800 nm, donc dans les infrarouges. Il faut prendre en considération l'environnement de notre robot qui n'est pas forcément dans une obscurité totale ; les seules sources de lumière non négligeables dans une salle proviennent de néons ou de lampes à incandescence dont les infrarouges émis ne perturbent pas notre prototype. Les capteurs infrarouges que nous allons utiliser seront associés à des émetteurs qui émettent dans la même zone de longueurs d'ondes (> 800 nm) que les capteurs. On obtient alors des couples émetteurs/capteurs que l'on notera couples ou complexe E/C.

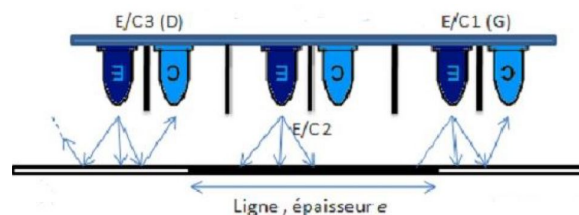


FIGURE 3.29 : Disposition des capteurs.

Pour reconnaître la ligne noire, nous utiliserons la tension délivrée par les (03) capteurs infrarouges, soit « 5V » lorsque celui ci capte la ligne noire, puis « 0V » lorsque qu'il ne capte rien.

Pour cela nous allons utiliser la carte mère des capteurs qui fait la conversion Analogique Numérique et envoyer au microcontrôleur. Le capteur va renvoyer un 0 s'il détecte du blanc et un 1 s'il détecte du noir.

3.3.3.3 Gestion des cas possibles

08 cas de positions de ligne s'offrent à nous, à chaque cas correspond une valeur décimale de l'état des capteurs. La partie du programme saura différencier ces cas, et effectuera les tâches nécessaires au bon déplacement du robot. Nous avons cinq cas possibles pour le suivi de ligne. nous avons pris en compte le degré des virages, nous avons également trois cas pour que le robot arrête son parcours. En supposant qu'initialement le robot est correctement placé sur le fond blanc. Si on détecte que le robot sort de celle-ci, il tournera à l'instant même dans le sens favorisant le retour sur la ligne. Ici, nous utilisons le capteur central pour certifier si le robot est bien sur la ligne (sachant que son épaisseur est suffisamment grande pour ne pas être "cachée" entre deux capteurs). Pour résumer le système de suivi qui découle de ce système à trois capteurs alignés, on distingue huit cas (conditions de l'algorithme) :

- Si c'est le capteur droit qui détecte la ligne, cela signifie qu'il est en train de dévier par la gauche il doit donc effectuer une rotation à droite.
- Si c'est le capteur gauche qui détecte la ligne, cela signifie le cas contraire : il dévie par la droite et doit donc effectuer une rotation à gauche.
- Cette rotation continue tant que le capteur central n'a pas détecté la ligne. Et s'il la détecte, la rotation s'arrête et l'ajustement par rapport à la ligne est terminé. Le programme se termine alors, il repasse la main au programme du traitement de la ligne afin que le robot continue de suivre le reste de la ligne.

Etat des capteur	Comportement du robot
000	le robot ne détecte rien, il s'arrête-ligne perdue
001	le robot ne détecte rien, il s'arrête-ligne perdue
010	le robot détecte la ligne au milieu, il marche avant
011	le robot détecte la ligne à droite, il tourne à droite
100	le robot ne détecte rien, il s'arrête-ligne perdue
101	le robot ne détecte rien, il s'arrête-ligne perdue
110	le robot détecte la ligne à gauche, il tourne à gauche
111	le robot détecte une zone noire par les 3 capteurs, il s'arrête fin-stockage

TABLE 3.2 : Gestion des cas possibles.

3.3.3.4 Parcours du vehicule

Pour assurer la partie de stockage le vehicule a une trajectoire défini mais capable d'être modifié pour différentes situation , on a choisit une trajectoire simple qui consiste a déplacer une seule boite d'objet de l'emplacement A vers l'emplacement B .

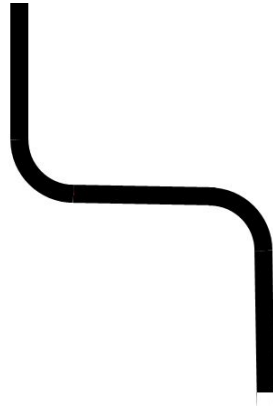


FIGURE 3.30 : Ligne à suivre.

3.3.3.5 Gestion de l'interruption

le robot se déplace en suivant une ligne tracée sur le sol, cette dernière est noire avec une épaisseur de 7.5cm qui représente la distance entre les capteurs infrarouge, la figure ci dessous montre la ligne et l'emplacement des capteurs

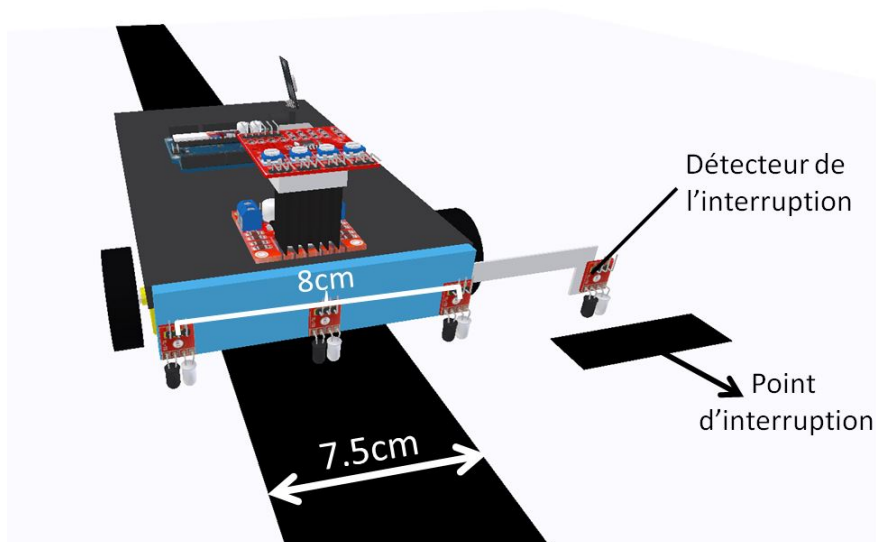


FIGURE 3.31 : Emplacement et dimensions de l'interruption.

L'interruption est située à l'avant gauche du vehicule , il détecte l'information de soulever ou poser les objets à stocker , cette information se trouve à côté de la ligne principale , lu par l'infrarouge.

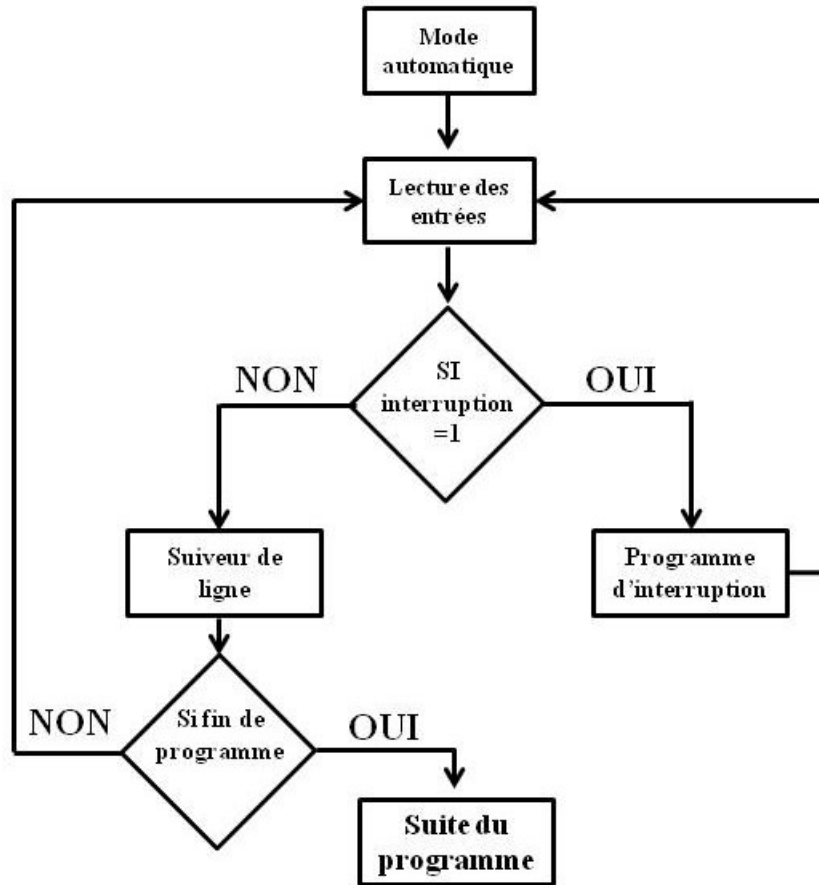


FIGURE 3.32 : Organigramme de gestion d'interruption.

3.3.3.6 Organigramme du suiveur de ligne

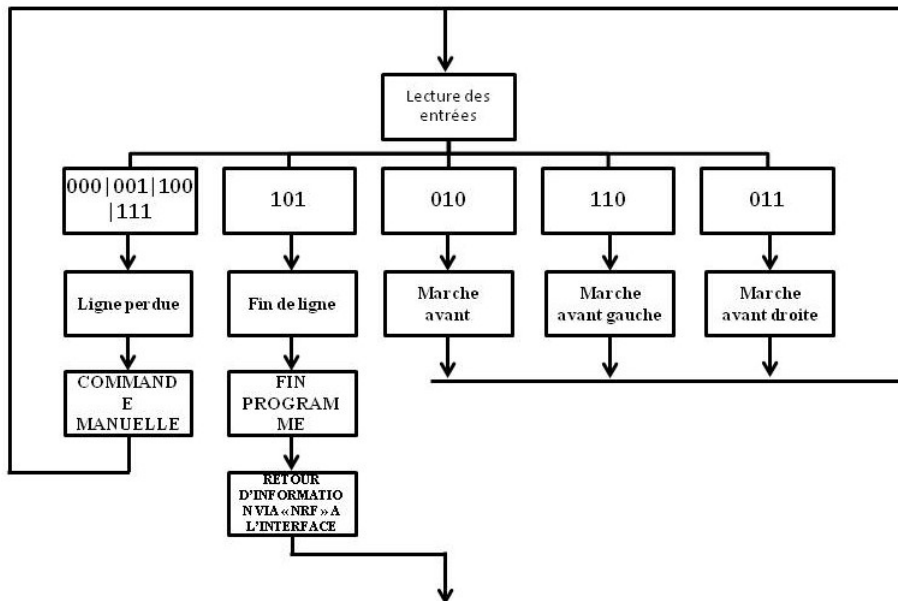


FIGURE 3.33 : Organigramme suiveur de ligne.

L'organigramme exprime le fonctionnement de la partie automatique de stockage

des objets qui est représenté par des méthodes en fonction de la lecture des entrées du module YL-70.

- Le noir représenté par « 1 »
- Le blanc représenté par « 0 »

Le robot se déplace automatiquement selon les entrées lues que se soit à gauche, à droite ou tout droit, et en cas de ligne perdue ; l'utilisateur doit intervenir et le commander manuellement depuis la station de triage par l'interface de commande sans fil via le module NRF24L01 et non pas automatiquement.

3.3.3.7 Organigramme du programme d'interruption

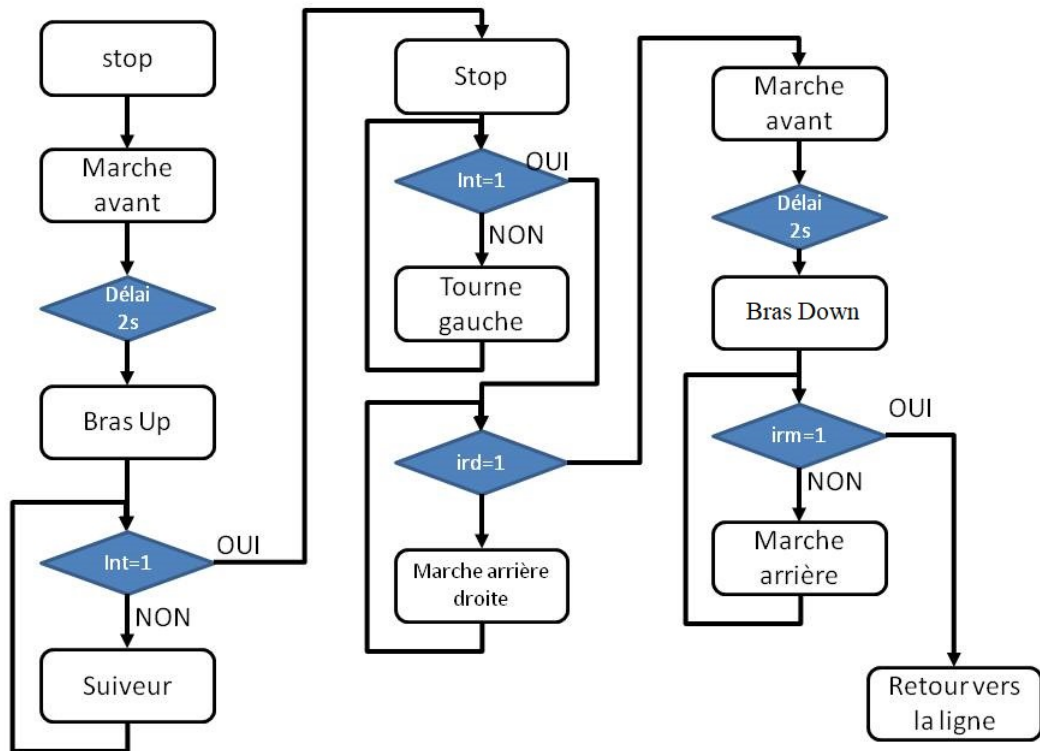


FIGURE 3.34 : Organigramme du programme d'interruption.

3.3.4 Mécanisme de levage

Après le triage d'objet, on passera à la partie de stockage qui est basée sur le principe de levage, la figure suivante montre le mécanisme utilisé.

Le mécanisme se compose de deux parties .

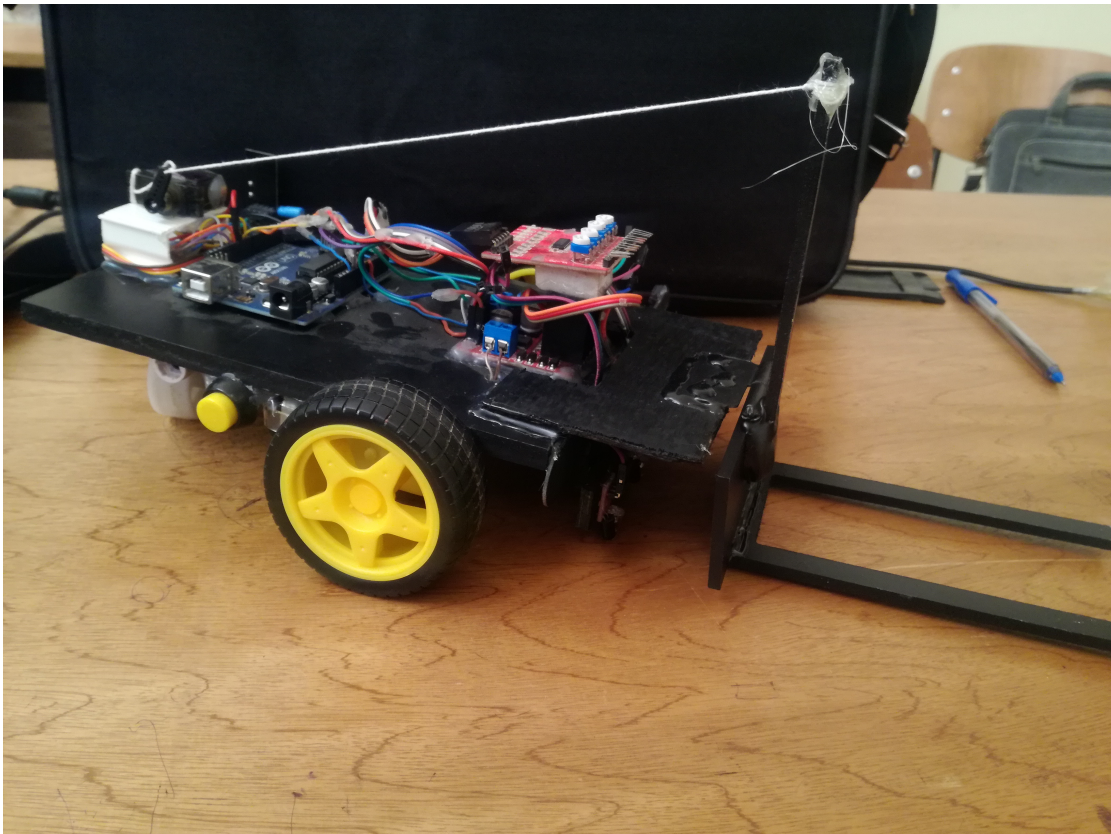


FIGURE 3.35 : Mécanisme de levage.

la première est à base de servomoteur qui entraîne un bras de levage à partir d'un fils suivant un mécanisme mécanique comme le montre la figure (3.36).

Pour poser les objets, le servomoteur tourne en sens inverse.

Remarque

Les objets à trier sont des cubes colorés de (3x3x3)cm en bois.

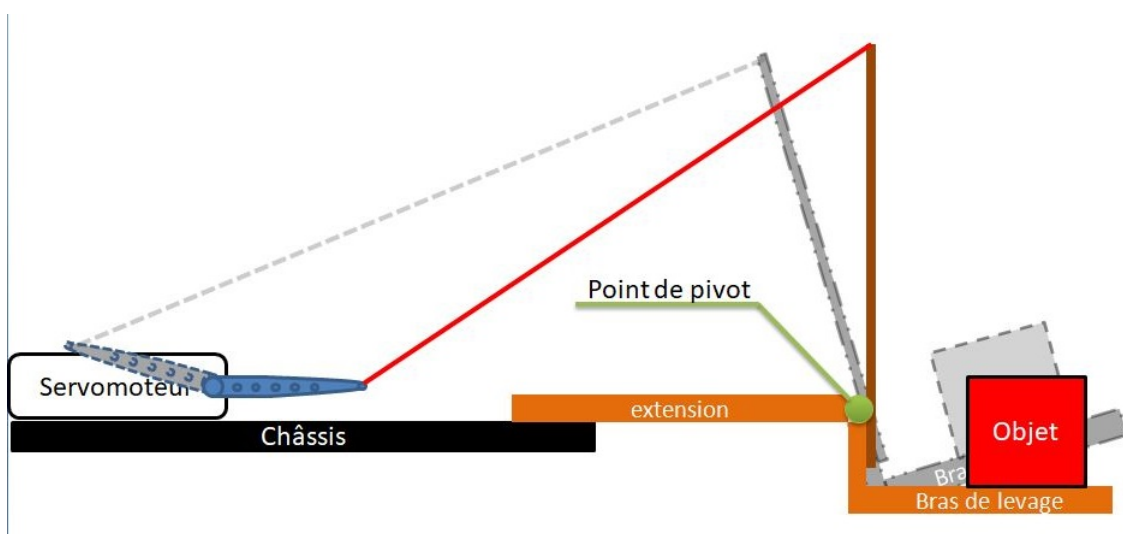


FIGURE 3.36 : Mécanisme de levage.

3.3.5 Ligne et parcours du véhicule

Le stockage des objets triés se fera grâce au véhicule, ce dernier a une trajectoire fixe qu'il doit suivre et dans son chemin porter et poser les objets à l'endroit voulu .

Pour chaque configuration il existe de milliers de combinaisons de ligne possible mais la commande sera la même il suffit juste de tracer le chemin avec des indicateurs de fin de course et d'interruption afin que le robot reconait les commandes de porter ou poser un objet.

Dans notre cas on a utilisé un chemin linéaire qui contient deux courbes, l'une à gauche et l'autre à droite pour démontrer que le robot suit effectivement cette ligne et peut décoder les commande attribuées.

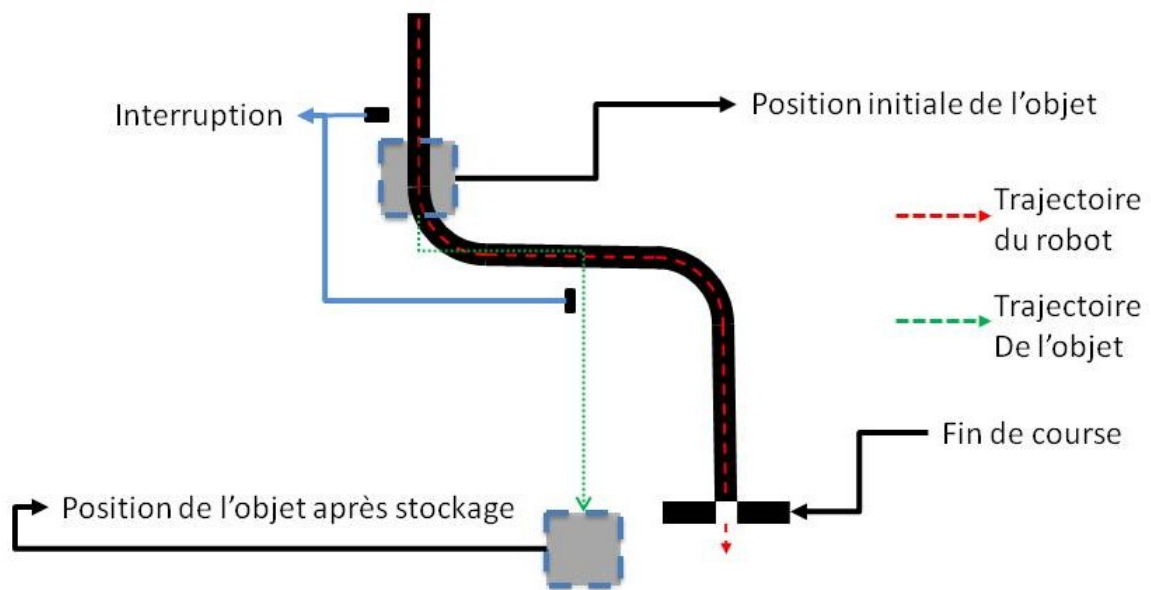


FIGURE 3.37 : Parcours du robot.

3.3.6 Circuit du véhicule

Le schéma global du véhicule est représenté sous forme d'un circuit électronique tracé sur Fritzing comme le montre la figure (3.38) :

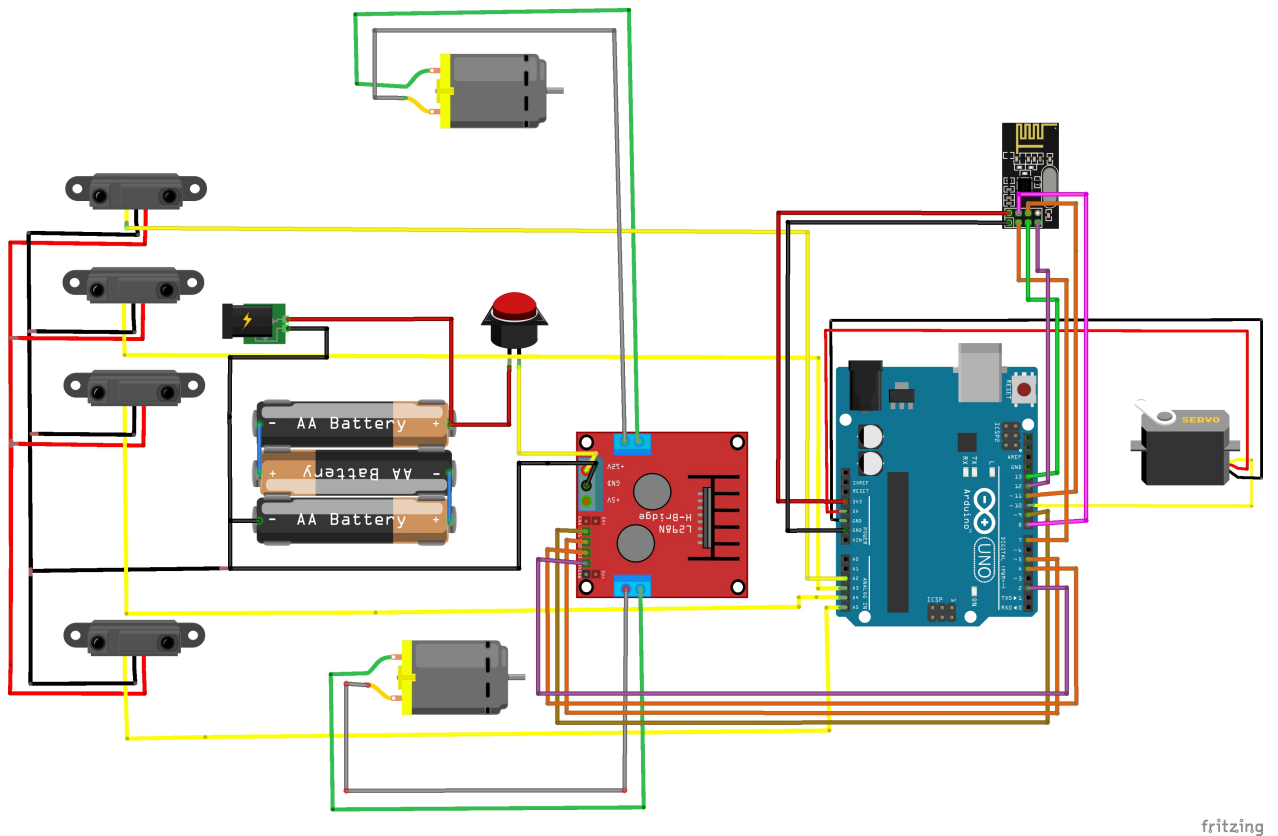


FIGURE 3.38 : Circuit électronique du robot.

3.4 Partie (3) : Interface de commande

3.4.1 Vue globale de l'interface de commande

Le départ de tout le système de triage et de stockage d'objet commence par l'interface de commande avec laquelle l'utilisateur choisit le mode de fonctionnement soit manuel ou automatique et aussi le nombre d'objet à trier et de superviser le travail en cas de problèmes.

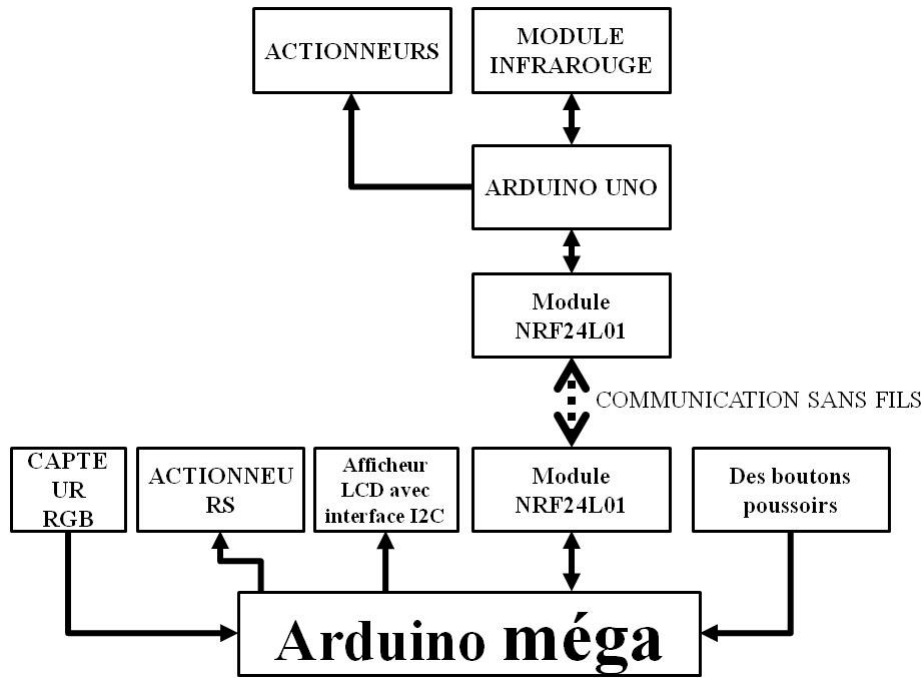


FIGURE 3.39 : Vue globale sur l'interface de commande.

Cette interface est équipée d'arduino Mega(2560), LCD 16X2, NRF24L01 et des boutons poussoirs.

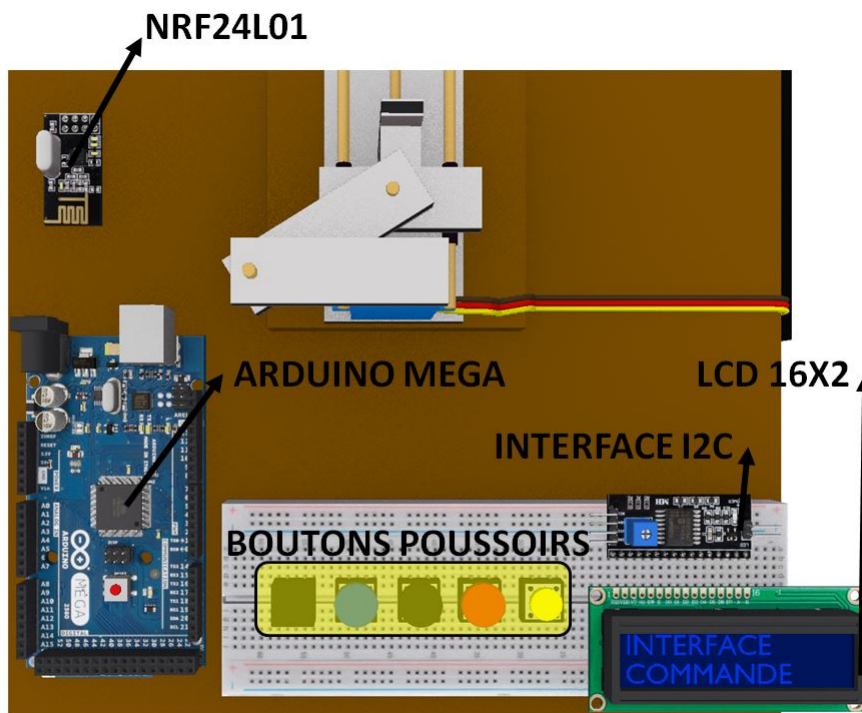


FIGURE 3.40 : Composants de l'interface.

A l'aide des boutons poussoirs, l'utilisateur choisit le mode de fonctionnement, soit automatique ou manuel.

3.4.1.1 Bouton poussoir

Les boutons poussoirs sont des composants mécaniques constitués de lames en métal, ils ont des ressorts pour faire un bon contact, et ces contacts rebondissent à mesure qu'ils se ferment. Le type de bouton poussoir que nous allons utiliser dans notre projet, est un bouton qui est ouvert par défaut, et quand on l'appuie, il se ferme et fait contact entre ses deux broches.



FIGURE 3.41 : Bouton poussoir.

3.4.1.2 Afficheur LCD

L'écran LCD (écran à cristaux liquides) est un module d'affichage électronique qui permet de trouver un large éventail d'applications. Un écran LCD 16x2 est un module très basique et est très couramment utilisé dans divers dispositifs et circuits. Ces modules sont préférés aux sept segments et aux autres LED multi-segments. Les raisons étant : les LCD sont économiques ; facilement programmable ; n'a aucune limitation à afficher des caractères spéciaux et même personnalisés (contrairement à sept segments), des animations, etc.

Un écran LCD 16x2 signifie qu'il peut afficher 16 caractères par ligne et qu'il en existe 2. Dans cet écran LCD, chaque caractère est affiché dans une matrice de 5x7 pixels. Cet affichage à cristaux liquides a deux registres, à savoir, commande et données.

Le registre de commandes stocke les instructions de commandes données à l'écran LCD. Une commande est une instruction donnée à l'écran LCD d'exécuter une tâche prédéfinie telle que l'initialiser, effacer son écran, régler la position du curseur, contrôler l'affichage, etc.. Le registre de données stocke les données à afficher sur l'écran LCD. Ces données sont la valeur ASCII du caractère à afficher sur l'écran LCD[49].

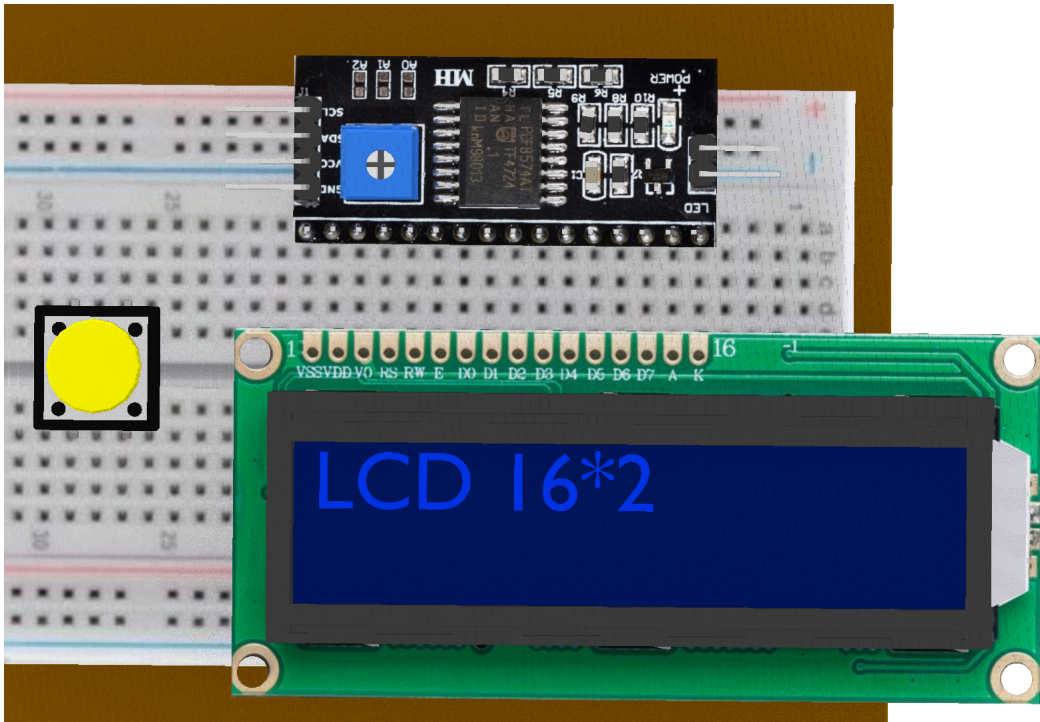


FIGURE 3.42 : Afficheur LCD avec interface I2C.

L'écran LCD utilise une interface I2C, ce qui signifie que le produit nécessite moins de broches que ne le ferait un écran LCD 16x2 standard (seulement quatre connexions, VCC, GND, SDA et SCL sont nécessaires). Et c'est rétro-éclairé. L'adresse I2C est généralement décimale 39, hex 0x27. Ces périphériques peuvent parfois être trouvés à décimal 63, 0x3F. Il est très facile de trouver une adresse I2C sur Arduino en utilisant `i2c_scanner`.

3.4.2 Mode automatique

Dans le mode automatique il suffit juste d'entrer le nombre d'objets à trier, et cela en utilisant les deux boutons rouge et noir pour incrémenter et décrementer le nombre, une fois la valeur voulue est atteinte le choix est validé avec le bouton bleu pour commencer le triage.

Une fois le triage terminé, une commande sera envoyé automatiquement vers le véhicule qui commence la partie de stockage automatique, quand cette dernière est terminée, le robot envoie une donnée à l'interface de commande indiquant la fin du programme.

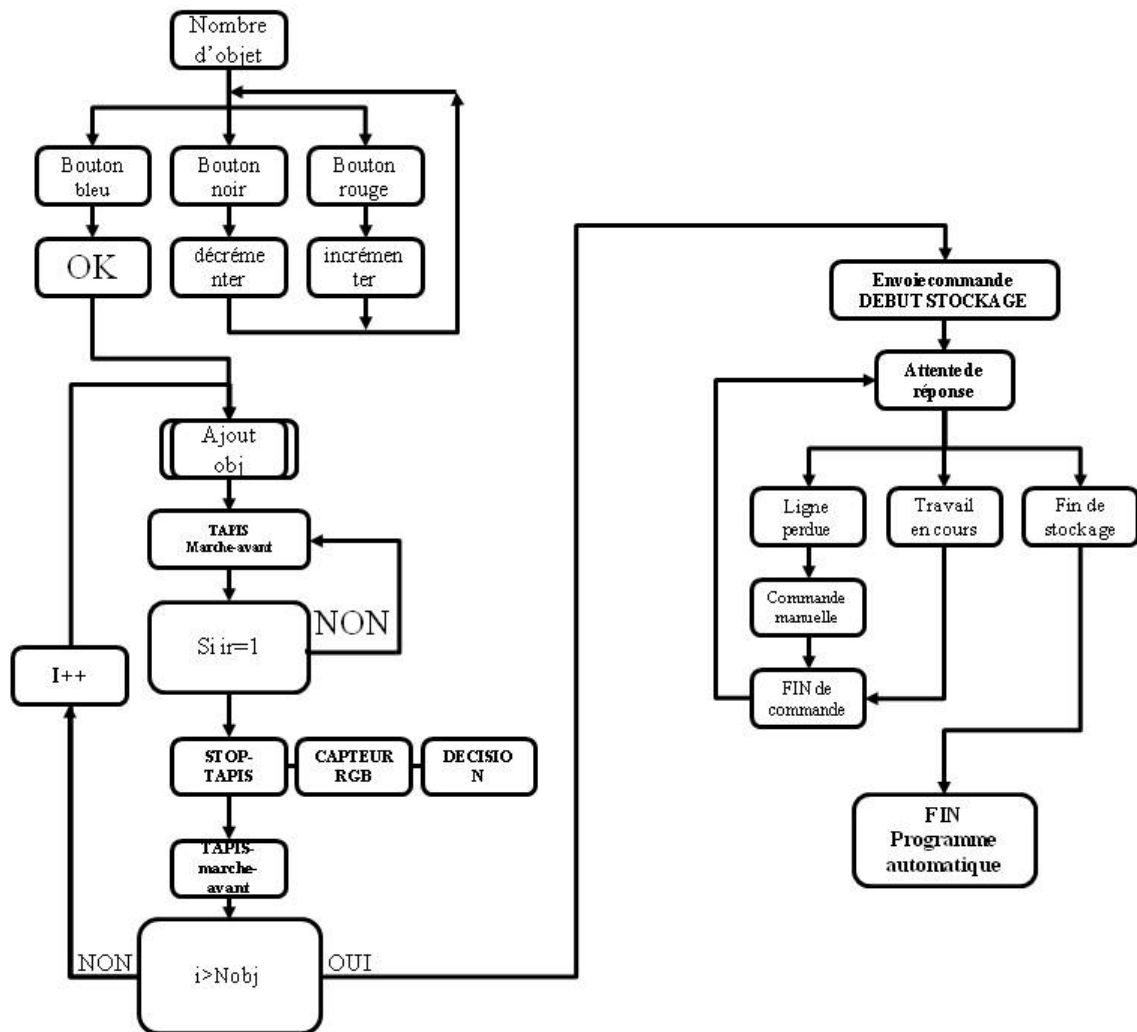


FIGURE 3.43 : Organigramme du programme automatique.

3.4.3 Mode manuel

Le mode manuel permet de trier les objets manuellement en les ajoutant un par un en appuyant sur bouton rouge, ce qui entraîne l'injection d'objet sur la chaîne de tri, une fois cette fonction est terminée, l'utilisateur a de nouveau la main soit pour ajouter un autre objet ou terminer le triage et passer au stockage.

La partie de stockage en mode manuel est purement commandée par l'utilisateur (commande sans fils), il doit guider le véhicule et donner l'ordre de soulever ou poser les objets en utilisant les boutons poussoirs de l'interface.

l'organigramme suivant explique ce mode.

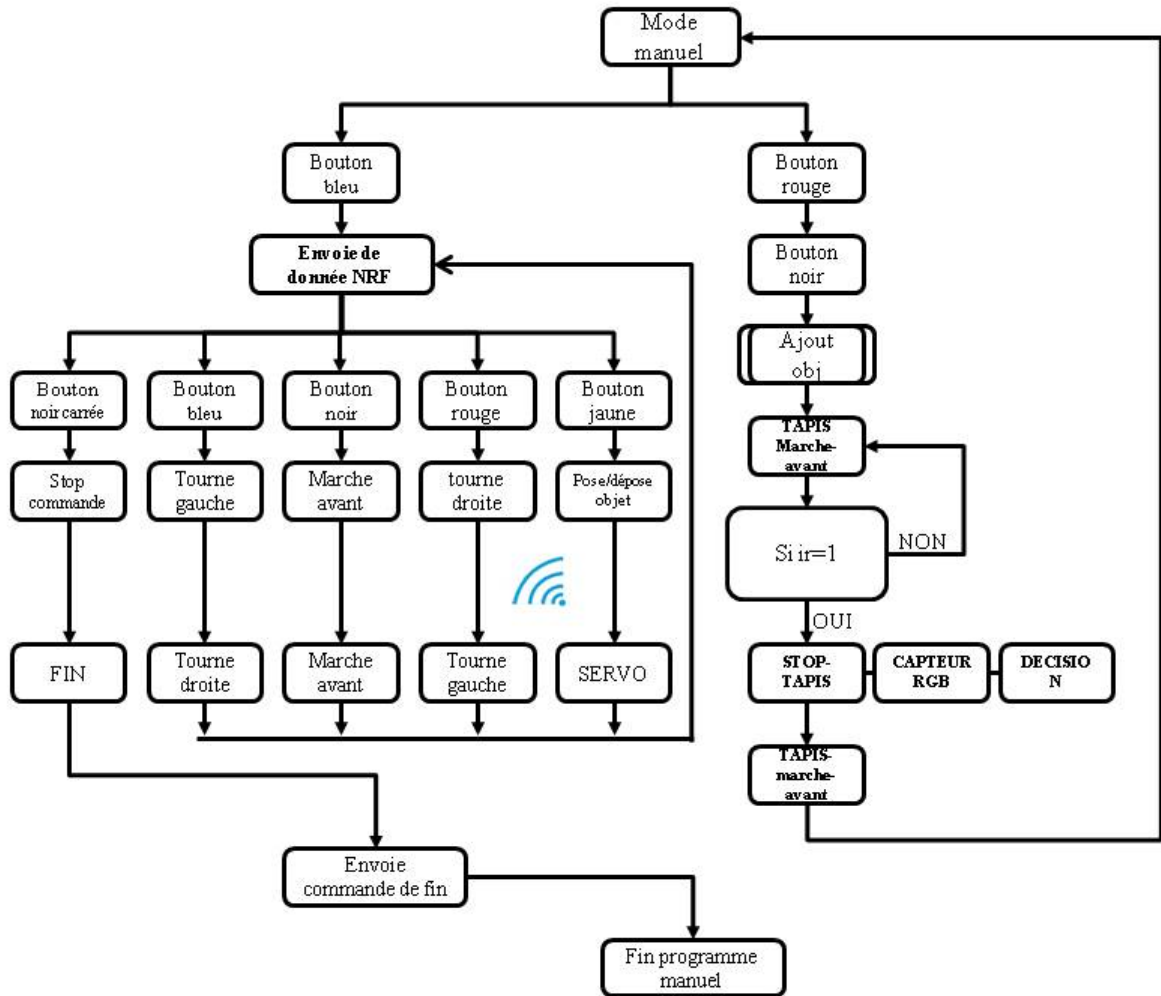


FIGURE 3.44 : Organigramme du programme manuel.

3.5 Partie (4) : Software

3.5.1 Arduino IDE

3.5.1.1 Présentation

L'interface de l'IDE Arduino est plutôt simple voir figure (3.45), il offre une interface minimale et épurée pour développer un programme sur les cartes Arduino. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. Ce sont les deux éléments les plus importants de l'interface, c'est ceux qu'on utilise le plus souvent. On retrouve aussi une barre de menu, plus classique qui est utilisée pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE. Enfin, une console pour afficher les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte, etc. Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++, le Java et le Processing. Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée [50].

- La fonction « SETUP » contiendra toutes les opérations nécessaires à la configuration de la carte (directions des entrées sorties, débits de communications série, etc.).
- La fonction « LOOP », elle est exécutée en boucle après l'exécution de la fonction setup. Elle continuera de boucler tant que la carte n'est pas mise hors tension, redémarrée (par le bouton reset). Cette boucle est absolument nécessaire sur les microcontrôleurs étant donné qu'ils n'ont pas de système d'exploitation. En effet, si l'on omettrait cette boucle, à la fin du code produit, il sera impossible de reprendre la main sur la carte Arduino qui exécuterait alors du code aléatoire.

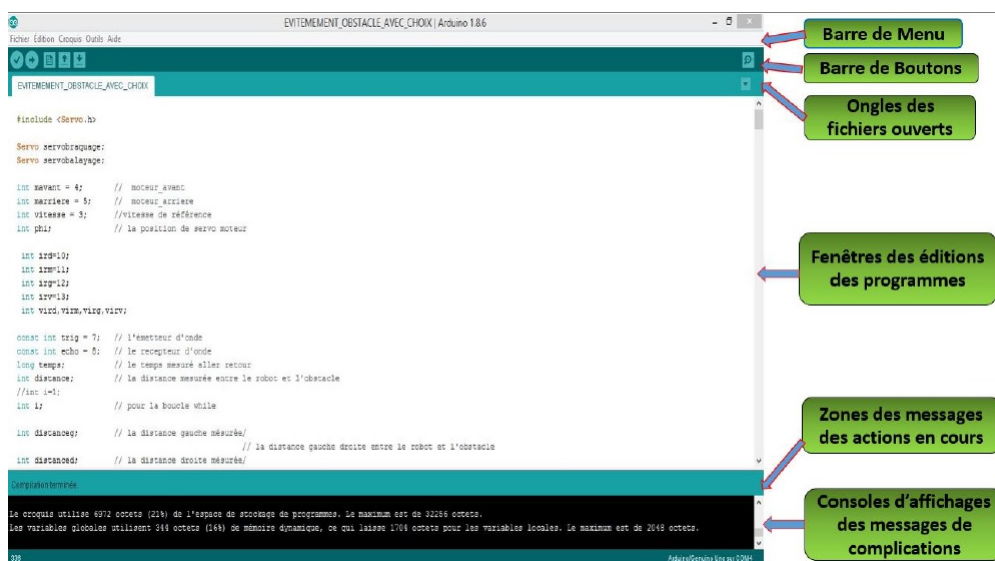


FIGURE 3.45 : Interface de la plateforme Arduino.

Le logiciel comprend aussi un moniteur série (Equivalent à HyperTerminal) qui permet d'afficher des messages textes émis par la carte Arduino et d'envoyer des caractères vers la carte Arduino (en phase de fonctionnement) :

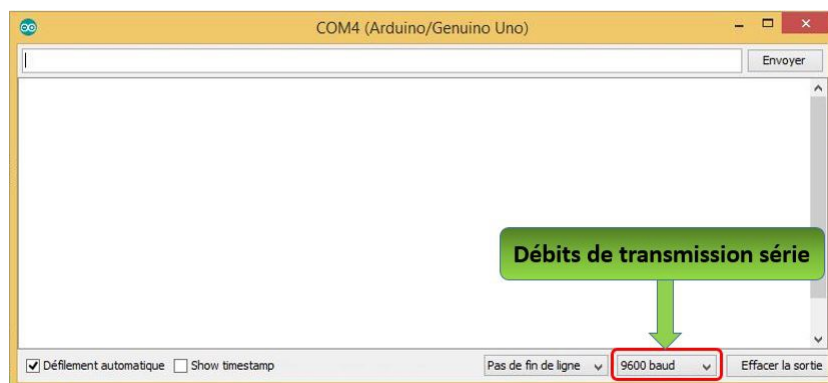


FIGURE 3.46 : HyperTerminal de l'Arduino (Moniteur Série).

3.5.1.2 Structure générale du programme (IDE Arduino)

Un programme utilisateur Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle, ligne par ligne. La carte lit puis effectue les instructions les unes après les autres, dans l'ordre défini par les lignes de code. La structure d'écriture d'un programme sous Arduino est de la forme suivante :

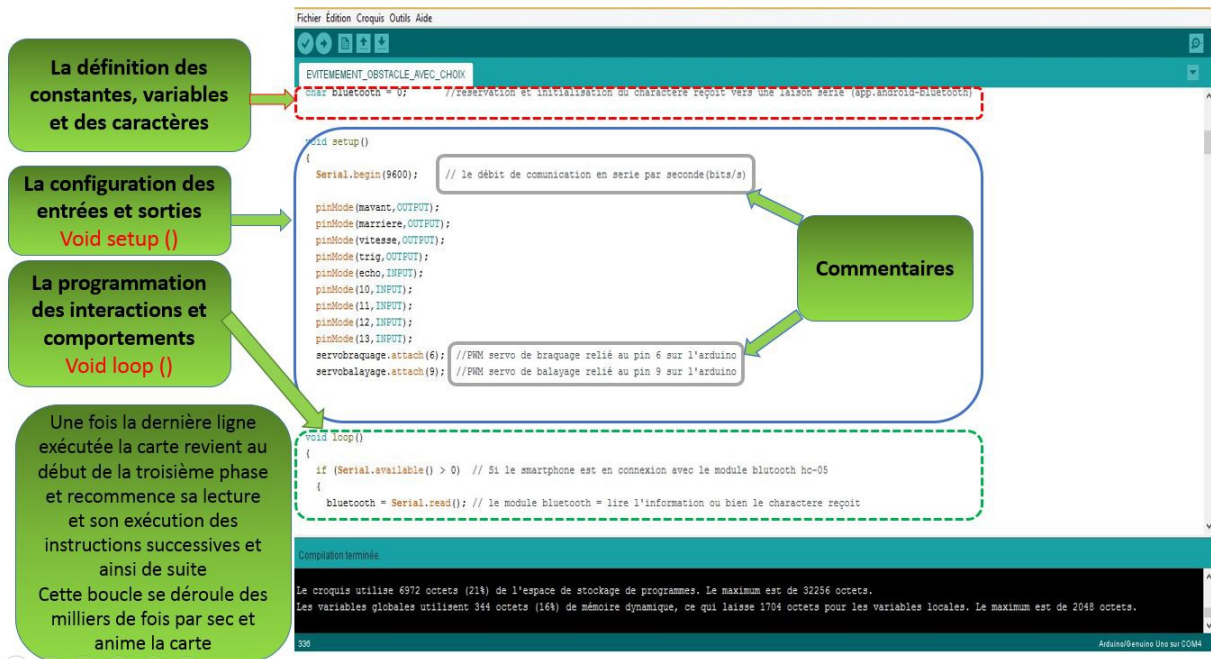


FIGURE 3.47 : Structure générale du programme (IDE Arduino).

3.5.2 Fritzing

Fritzing est un logiciel libre de conception de circuit imprimé qui permet de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon.

3.5.2.1 Présentation

Se voulant dans la ligne d'Arduino et de processing, Fritzing est un projet de logiciel libre, destiné aux non-professionnels de l'électronique. Il a notamment pour vocation de favoriser l'échange de circuits électroniques libres et d'accompagner l'apprentissage de la conception de circuits

Le logiciel conçu par la faculté de sciences appliquée de l'Université de Potsdam et dont le développement est assuré par la fondation, également nommée Fritzing, est un logiciel d'édition de circuit imprimé. Il est disponible dans seize langues dont le français. Il est adapté aux débutants ou confirmés en électronique pour faire rapidement des circuits simples, et est également un bon outil didactique pour apprendre à bidouiller en électronique par la pratique : il est utilisable en classe à partir de 12 ans et en université.

Le logiciel comporte trois vues principales :

- La « Platine d'essai », où l'on voit les composants tels qu'ils sont dans la réalité et où l'on construit le montage.
- La « Vue schématique », représentant le schéma fonctionnel du circuit.
- Le « Circuit imprimé », représentant la vue du circuit imprimé tel qu'il sera sorti en PDF pour être imprimé

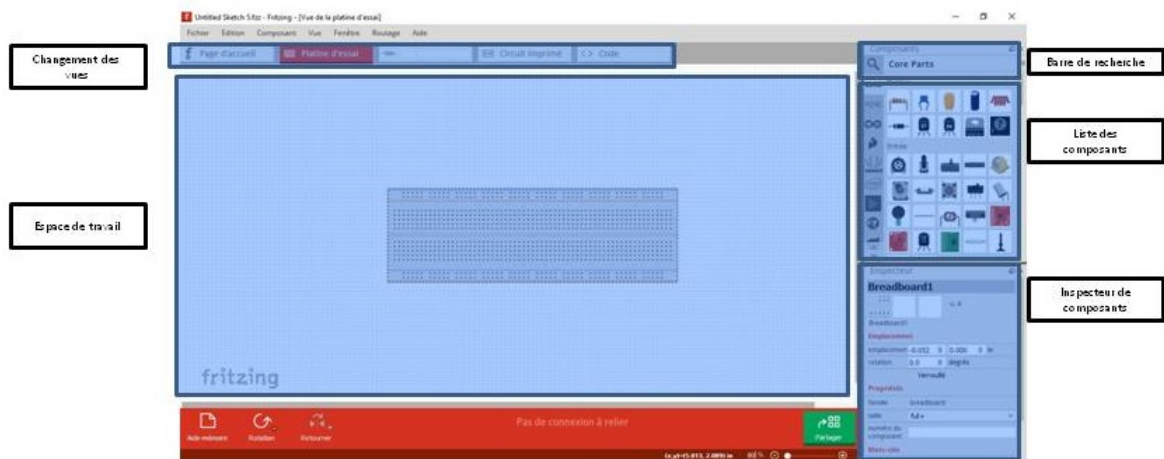


FIGURE 3.48 : Interface de la plateforme Fritzing.

3.6 Conclusion

Ce projet couvre un grand nombre de domaines :

- La partie hardware : on définit les composants généraux utilisés dans ce robot à savoir le moteur à courant continu, les servomoteurs, les capteurs et l'Arduino uno, etc.
- La partie software : on définit le côté programmation de la carte Arduino et on définit le programme IDE pour comprendre comment commander la carte Arduino .

Ce projet nécessite la commande sans fil pour commander le robot à distance donc nous avons utilisé la communication sans fil par NRF24L01. Ce travail couvre d'une façon bien détaillée la partie réalisation de robot mobile et de la station de tri automatique et explique d'une façon générale les scénarios du suivi d'une ligne noire, les modes automatique et manuel, et la gestion d'interruption.

7cbWig]cb`
[fbffU`Y

Conclusion générale

Le travail effectué dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la robotique et l'automatisme. Il consiste en conception, réalisation et commande filaire de la station de tri et non filaire pour le véhicule chargé du stockage, avec plusieurs scénarios.

Ce travail s'est articulé autour de trois chapitres, dans un premier temps nous avons présenté des généralités sur la robotique et l'automatisme et les différents domaines d'applications des deux. Ensuite nous avons l'ensemble du matériel utilisé en commençant par les cartes de développement ainsi que les techniques de liaison disponibles et réalisables avec les cartes choisies. Ensuite, on a entamé la description des différents types d'actionneurs et de capteurs qui ont permis la réalisation du projet. Nous avons ainsi défini les composants généraux utilisés dans ce système, à savoir le moteur à courant continu, les servomoteurs, le circuit de commande L298N, module NRF24L01, les capteurs et l'Arduino UNO, MEGA2560, ...etc.

Ensuite, nous avons abordé la partie expérimentale, et nous avons opté pour des solutions adéquates pour réaliser notre prototype. Ce travail couvre d'une façon détaillée la partie réalisation d'une station de triage et une voiture de stockage. Il explique d'une façon générale les scénarios automatiques et manuels du projet.

Problèmes rencontrés

Une telle réalisation n'est pas dénuée de difficultés. Il est à noter que nous nous sommes confrontés à plusieurs problèmes de conceptions mécaniques. Nous avons rencontré plusieurs problèmes pratiques, comme le manque de certains composants électroniques (capteur RGB, module de communication sans fils...) et la vulnérabilité électromagnétique et thermique des autres, tel que le circuit de puissance L298N qui est sensible face à la température et le capteur de couleur TCS3200 n'a pas fonctionné correctement ce qui nous a forcé à créer notre propre capteur RGB rudimentaire en utilisant des LED et LDR.

Perspectives du projet

Nous souhaitons vivement que ce projet puisse servir comme élément de base pour d'autres études plus approfondies pour l'intégrer dans des systèmes plus complexes. Les améliorations qui peuvent être ajoutées dans ce système sont :

- Utilisation des capteurs plus performants comme les capteurs laser ou les caméras ;
- L'utilisation des moteurs à courant continu encodeur qui permet d'avoir la position et la vitesse de robot avec une grande précision ;

- Ajout d'une interface bluetooth avec application mobile ;
- Choix d'un support de transmission plus fiable et plus performant ;
- Augmentation du nombre de couleurs reconnaissables par le capteur ;
- Optimisation du tapis roulant et du système d'acheminement automatique.

Bibliographie

- [1] Définition d'un Système automatisé « 25/02/2005 »
[<http://technologieaucollege.free.fr>] consulté le (06/05/2019)
- [2] Définition et historique de la robotique « 15/06/2009 »[<https://perso.univ-lyon2.fr/>]
consulté le (06/05/2019)
- [3] domaine d'application des robots industriel « 15/06/2019 »
[<https://perso.univ-lyon2.fr/>] consulté le (07/05/2019)
- [4] domaine d'application des robots ludique « 15/06/2019 »
[<https://perso.univ-lyon2.fr/>] consulté le (07/05/2019)
- [5] domaine d'application de robots medicale « 15/06/2019 »[<https://perso.univ-lyon2.fr/>]
consulté le (07/05/2019)
- [6] Alain Pruski . (1988) . Robotique générale. :Ellipses-Marketing consulté le
(05/05/2019)
- [7] Olivier Lejeune, introduction a l'automatisme'
“(22/02/2010)”, [<https://www.positron-libre.com/cours/automatisme/automatisme.php>]
consulté le (23/05/2019)
- [8] Christian.jezegou.(11/02/2011) histoire des automates [<http://cjezegou.fr>] consulté
le (23/05/2019)
- [9] Guarnieri, M. (2010). "The Roots of Automation Before Mechatronics". sur
« www.researchgate.net » (23/05/2019)
- [10] Michèle Cotta , "Le déclin du commerce de détail américain établi menace les
emplois ". The Economist. Retrieved 28 May 2017.
- [11] Martin.S (22 Août 2014) Smart & Intelligent Home Automation Solutions.
www.cleverism.com consulté le (13/05/2019)
- [12] Carvalho, Matheus (2017). Automatisation de laboratoire pratique : simplifiée avec
AutoIt. consulté le (23/05/2019)

- [13] Arnzt, Melanie (14 May 2016). "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries : A COMPARATIVE ANALYSIS". consulté le(13/05/2019)
- [14] Z,redouane ,T,Ferhaoui, "conception et réalisation d'un système de stabilisation de caméra à 3 ddl," Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie électrique, électrique, École Militaire Polytechnique d'Alger, 2014.
- [15] Cottenceau.B . Carte ARDUINO UNO Microcontrôleur ATmega328[en ligne]. Microcontrôleurs EI3 Option AGI.(23/05/2019)
- [16] Jean-Marc Irazabal Steve Blozis " 24/03/ 2003 [nxp.com] consulté le(20/05/2019)
- [17] (Piyu Dhaker) Introduction to SPI Interface "02/11/201" [https ://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html] "20/05/2019
- [18] Hautré.S 23/12/2011 .Technique de transmission point-a-point [http ://hautrive.free.fr] (05/21/2019)
- [19] ALAA-EDDINE RABIA -YASSINE ZITOUNI 'PFE modelisation d'un robot mobile de type CAR" mémoire d'ingenieur, Ecole supérieur de la défense aérienne de territoire 2019,
- [20] Dejan.N(7/02/2017) "Arduino wireless communication NRF24I01 [https ://howtomechatronics.com] consulté le (21/5/2019)
- [21] B. Le Pioufle and G. Georgiou, "Commande non linéaire en vitesse d'un servomoteur synchrone avec calcul de trajectoire et estimation du couple résistant," Journal de physique III, vol. 2, no. 10, pp. 1905–1924, 1992.
- [22] Hamid HAMOUCHI. Conception et réalisation d'une centrale embarquée de la domotique « Smart Home », mémoire de master en génie électrique, Université Mohammed V École Normale Supérieure d'Enseignement Technique – Rabat, 06/07/2015,
- [23] Amine AYAD, « Etude et réalisation d'un commande MLI pilotant un hacheur série », Mémoire de Master, Université Abou BekrBelkaid Tlemcen, 2014.
- [24] ZERFA Houcine. Conception, Réalisation et Commande Floue d'un Robot Mobile.Mermoire de magister,Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF Soutenu le 19 Mars 2013, consulté le (18/5/2019)
- [25] [http ://www.openpinoy.com/shop/step1.php ?number=2097](http://www.openpinoy.com/shop/step1.php?number=2097) « 02/07/2019 »
- [26] [https ://www.smeps.us/atx-connector-20-24pin](https://www.smeps.us/atx-connector-20-24pin)

- [27] <https://articulo.mercadolibre.cl> [photo]
- [28] <http://www.4erevolution.com/en/google-robot-industriel/>
- [29] <https://www.lapresse.ca/maison/decoration/amenagement/01-4541262-roomba-mon-robot-menager.php>
- [30] <https://www.journaldugeek.com/2017/02/03/ce-petit-robot-dessine-la-meme-chose-que-vous-en-meme-temps-que-vous/>
- [31] <http://www.robots-et-compagnie.com/robot-musicien-arme-diplomatique-americaine/>
- [32] <http://beambuilder.blogspot.com/2015/02/mark-tildens-robots.html>
- [33] https://www.lepoint.fr/sante/da-vinci-l-incroyable-robot-chirurgical-02-12-2017-2176736_40.php
- [34] https://hitek.fr/actualite/militaires-americains-affection-robot_487
- [35] <https://www.hwm.com/assets/images/1/Robot%20A1000S-420492b7.jpg>
- [36] <https://www.indiamart.com/proddetail/robotics-arm-for-pick-n-place-9781372162.html>
- [37] <https://www.sinoning.com/products/robot-arm-acrylic-4dof-arduino-ps2-snar10>
- [38] <https://www.robotshop.com/media/robot-tactique-hd2-swat-bras-superdroid-eu.jpg>
- [39] <http://www.nouvellestechnologies.net/robot-asimo.php>
- [40] <http://users.polytech.unice.fr/~strombon/Formation/TL.2000/Groupe5/Horlogerie/Clepsydre.htm>
- [41] <https://humanoides.fr/ces-robots-qui-ramassent-les-poubelles-automatiquement/>
- [42] <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/p1066.aspx>
- [43] <https://www.cdiscount.com/juniors/radiocommande-robot/sg90-dll-9-micro-servo-moteur-towerpro-rc-robot-he.html>
- [44] "Photoresistor" 06/06/2011 [http://www.resistorguide.com/photoresistor/] (27/05/2019)
- [45] <https://potentiallabs.com/cart/ldr-big>
- [46] <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-moteur-a-courant-continu-principe>
- [47] BlanchardJ 16/06/2007
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File: :Pont_En_H_Avec_Courant.png] (27/05/2019)
- [48] <https://fr.farnell.com> consulté le 09/07/2019

- [49] Kushagra “Liquid Crystal Display” (en-line) “www.engineersgarage.com” consulté le 07/07/2019
- [50] Hamid HAMOUCHE. Conception et réalisation d’une centrale embarquée de la domotique « Smart Home ».06/07/2015, mémoire de master en génie électrique, Université Mohammed V École Normale Supérieure d’Enseignement Technique – Rabat.consulté le 07/07/2019
- [51] J. Foret, O. Bruneau, and J.-G. Fontaine, “Unified approach for m-stability analysis and control of legged robots,” in Intelligent Robots and Systems, 2003.(IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on, vol. 1. IEEE, 2003, pp. 106–111.consulté le 07/07/2019
- [52] M. Haddad, “Exploitation optimale des plateformes mobiles et des manipulateurs mobiles ‘a roues. extensions de l’approche des profils aléatoires de trajectoires,” Ph.D. dissertation, Thèse de Doctorat, Ecole Militaire Polytechnique, Algiers, Algeria, 2008. consulté le 07/07/2019
- [53] T. D. Gillespie, “Fundamentals of vehicle dynamics, society of automotive engineers, warrendale, pa,” ISBN 978-1-56091-199-9, Tech. Rep., 1992.
- [54] Fruits processing (10 oct. 2018)video en-ligne(youtube.com/watch?v=ZKbJ1REQ-EA),consulté le(01/05/2019)
- [55] Karl Lee (8 janv. 2017) video en-ligne(youtube.com/watch?v=ARGTuTo9pIg), consulté le(01/05/2019)
- [56] Nevon Projects (4 juil. 2018) video en-ligne(youtube.com/watch?v=hPCc3_tRJQc) consulté le(01/05/2019)
- [57] Ahmad Adnan Kaifi (1 déc. 2014)video en-ligne(youtube.com/watch?v=hQ-bpfdWQh8),consulté le(01/05/2019)
- [58] yasser(3 déc. 2017)Video en-ligne (youtube.com/watch?v=r57rUT53pUE),consulté le(01/05/2019)
- [59] Howtomechatronics (31 juil 2018)video en-ligne(youtube.com/watch?v=xb7psLhKTMA),consulté le(01/05/2019)