

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

FILIERE : AUTOMATIQUE

N° : 16 16 34 08 34 19

OPTION : ROBOTIQUE

N° : 18 07 50 99 24 8



Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Professionnel

Intitulé :

LA COMMANDE D'UN ROBOT MANIPULATEUR
À BASE D'UNE CAMÉRA ARDUINO

Présenté par :

■ ZEMOURI AKRAM

■ BAKHTI ABDELMALIK

Encadré et dirigé par:

■ DR AIB ABDELGHANI

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciement

On tient tout d'abord à remercier en premier lieu Allah, le tout puissant, de nous avoir donné autant de courage, de patience et de volonté pour atteindre ce but.

*On tient à exprimer à notre encadreur **Dr. AIB ABDELGHANI**, notre profonde gratitude et toutes nos reconnaissances pour avoir bien voulu nous confié un sujet qui nous a permis de nous initier à la recherche et d'apprendre à surmonter les difficultés rencontrées.*

Sa disponibilité, sa grande connaissance ont été un autant déterminant pour mener à bien ce travail.

*Nos remerciements vont également à tous les enseignants de notre Faculté de Technologie, surtout : **Dr. Chouchou abdelmadjid, Pr. zeghlache Samir, Dr. mosetfa tabakh, Dr. Loutfi benyettou.***

*Nous présentons également nos sincères remerciements à toute l'équipe pédagogique du Département de génie électrique
De l'université de m'sila.*

Tous nos remerciements vont également aux membres de jury pour nous Avoir fait l'honneur de juger ce modeste travail.

Nos remerciements vont également à toute nos collègues de master 2 robotiques 2022.

*Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenue de près ou de loin dans la réalisation
De Ce travail.*

Dédicace

Aux êtres les plus chers au monde « MES PARENTS **ABDELKADER ET SOUAD** » Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.
Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

À mes très chers frères

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

YASSINE et MOUSSAAB.

À mon très cher binôme **ABDELMALIK** et sa famille.

À tous les membres de ma famille **ZEMOURI** et **ALLIOUA** petits et grands sans exception.

À mes chers amis : **KIMOU, AKRAM, YASSER, ZAKI, OUSSAMA, AYMEN, YOUNES, ILYES, ALI, FAHED, AMINE.**

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés.

À **ASMA CHEBIRI** responsable de formation a condor spa.

À **IMAD MEBARKI**

À tous qui m'aime et tous qui j'aime.

AKRAM ZEMOURI

Dédicace

Aux êtres les plus chers au monde « MES PARENTS » Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

À mes très chers frères

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

*À mon très cher binôme **AKRAM** et sa famille.*

*À tous les membres de ma famille **BAKHTI** petits et grands sans exception.*

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés.

À tous qui m'aime et tous qui j'aime.

ABDELMALIK BAKHTI

ملخص :

يقدم هذا العمل تحقيق منصة اختبار لتنفيذ الأوامر و التحكم في روبوت مناور من أجل مهمة فرز الأشياء بناءً على كاميرا مضمنة باستخدام الأدوات: أردوينو و ماطلاب/دليل.

يتم استخدام صور الأشياء التي تم التقاطها بواسطة الكاميرا من خلال واجهة الإنسان / الآلة (تم تطويرها باستخدام ماطلاب /دليل) لاستخراج خصائص هذه الصور (العزوم الهندسية في حالتنا).

تتم مقارنة هذه الخصائص مع خصائص الصورة المرجعية لاتخاذ القرار بشأن الشيء (مقبول أو مرفوض) .

يتم نقل خصائص الشيء (القرار ومواضع الشيء في مساحة تشغيل الروبوت) إلى لوحة التحكم الخاصة بالروبوت ذو أربع درجات حرية عبر الاتصال التسلسلي و هذا لنقل الشيء إلى الموقع المناسب.

الكلمات المفتاحية : اردوينو ، روبوت مناور ، واجهة انسان / آلة ، كاميرا ، معالجة الصور ،العزوم الهندسية

Résumé :

Ce travail présente la réalisation d'un banc d'essai pour l'implémentation d'une commande pour un robot manipulateur dans une tâche de triée des objets à base d'une caméra embarquée en utilisant les outils : Arduino et Matlab/ Guide.

Les images des objets capturées par la camera sont utilisées par l'interface homme/machine (développée en utilisant Matlab/ Guide) pour l'extraction des caractéristiques de ces images (les moments géométriques dans notre cas).

Ces caractéristiques sont comparées avec les caractéristiques d'une image de référence pour prend une décision sur l'objet en cours.

Les caractéristiques de l'objet en cours (la décision et les positions de l'objet dans l'espace opérationnel de robot) sont transférées vers la carte de commande d'un robot 4 DDL via une communication série pour déplacer l'objet vers l'emplacement convenable.

Mots-clés : arduino, robot manipulateur, interface homme/machine, caméra embarquée, traitement d'image, les moments géométriques,

Abstract:

This work presents the realization of a test bench for the implementation of a command for a manipulator robot in a task of sorting objects based on an on-board camera using the tools: Arduino and Matlab / Guide.

The images of the objects captured by the camera are used by the human/machine interface (developed using Matlab/Guide) for the extraction of the characteristics of these images (the geometric moments in our case).

These characteristics are compared with the characteristics of a reference image to make a decision on the current object.

The characteristics of the current object (the decision and the positions of the object in the robot operational space) are transferred to the control board of a four DOF robot via serial communication to move the object to the convenient location.

Keywords: Arduino, manipulator robot, human/machine interface, on-board camera, image processing, the geometric moments.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT:	I
DÉDICASE:	II
RÉSUMÉ:	IV
INTRODUCTION GÉNÉRALE :	1

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROBOTS MANIPULATEURS

I.1. INTRODUCTION:	3
I.2. L'HISTOIRE DE LA ROBOTIQUE :	4
I.3. LA ROBOTIQUE INDUSTRIELLE DANS LE MONDE :	4
I.4. LES DOMAINES D'UTILISATION DES ROBOTS :	5
I.5. LA DÉFINITION D'UN ROBOT MANIPULATEUR :	5
I.5.1. Les constituants d'un robot :	7
I.5.1.1. Système mécanique articulé SMA :	7
I.6. LES CARACTÉRISTIQUES D'UN ROBOT MANIPULATEUR :	8
I.6.1. Les types des articulations :	10
I.6.1.1. L'articulation rotoïde :	10
I.6.1.2. L'articulation prismatique :	10
I.7. LES TYPES DES ROBOTS MANIPULATEURS :	10
I.7.1. Les robots anthropomorphes :	10
I.7.2. Les robots cartésiens :	11
I.7.3. Les robots cylindriques :	12
I.7.4. Les robots parallèles :	13
I.7.5. Les robots polaires :	13
I.7.6. Les robots SCARA :	14
I.8. LE FONCTIONNEMENT DES ROBOTS MANIPULATEURS :	14
I.9. LE RÔLE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LA ROBOTIQUE :	14
I.9.1. La définition de l'intelligence artificielle :	14
I.9.2. L'intelligence artificielle dans la robotique et l'industrie :	15
I.10. CONCLUSION :	16

CHAPITRE II : TRAITEMENT D'IMAGE EN ROBOTIQUE

II.1.INTRODUCTION :	17
II.2. LA DÉFINITION D'UNE IMAGE :	17
II.3. L'IMAGE NUMÉRIQUE :	18
II.4. LES ESPACES DES COULEURS :	18
II.4.1. RGB :	18
II.4.2. HSV :	19
II.4.3. Niveau de gris(gray scale) :	19
II.5. L'ACQUISITION D'IMAGE :	20
II.6. LA DÉTECTION D'OBJET:	21
II.7. LA CONVERSION D'IMAGE :	22
II.7.1. La binarisation :	22
II.8. LES MOMENTS D'IMAGE :	23
II.8.1. Les moments géométriques d'image :	23
II.8.1.1. Les moments bruts :	24
II.8.1.2. Les moments centraux :	24
II.8.2. Invariants de moments :	25
II.8.2.1. Invariants de translation :	26
II.8.2.2. Invariants d'échelle :	26
II.8.2.3. Invariants de rotation :	26
II.9. CONCLUSION :	27

CHAPITRE III : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

III.1. INTRODUCTION :	28
III.2. LE MATÉRIEL UTILISÉ :	28
III.2.1. L'alimentation électrique :	28
III.2.2. Les servomoteurs :	29
III.2.3. La plaque d'essai :	30
III.2.4. Les résistances :	30
III.2.5. L'électroaimant:	31
III.2.6. Le relais de commande :	31
III.2.7. Les fils de connexion :	31
III.2.8. Les cartes électroniques programmables :	32
III.2.8.1. La carte arduino Mega/Uno :	32
III.2.8.1.1.: Les constituants de la carte arduino :	34
III.2.8.2. Arduino shields:	35
III.2.9. Caméra OV7670:	35
III.3. LES LOGICIELLES :	36
III.3.1. Le logiciel de la carte arduino :	36
III.3.2. Le logiciel Matlab :	36
III.4. LA COMMUNICATION ENTRE LES CARTES ARDUINO MEGA/UNO ET LE PC :	37
III.4.1. La définition du protocole I ² C :	38
III.4.1.1. Le sens d'échange de données :	38
III.4.1.2. La communication série et parallèle :	38
III.4.1.3. La transmission série et parallèle :	39
III.4.1.4. Les avantages de la transmission série :	40
III.4.1.5. La synchronisation :	40
III.5. LE PROTOCOLE PORT SERIE :	40
III.6. LE RACCORDEMENT DE LA CAMÉRA OV7670 AVEC ARDUINO UNO :	41
III.7. CONCLUSION :	43

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE IV : SIMULATION ET RÉSULTAT PRATIQUE DU PROJET

IV.1. INTRODUCTION :	44
IV.2. L'ORGANIGRAMME DU PROJET :	45
IV.3. LA DÉTECTION D'OBJET ET LA PRISE DES PHOTOS RÉELLES DES OBJETS :	46
IV.4. LE TRAITEMENT SOUS MATLAB :	46
IV.4.1. Apprentissage d'image de référence:	47
IV.4.2. Décision d'image en cours :	47
IV.4.2.1. Image acceptée :	48
IV.4.2.2. Image refusée :	49
IV.4.3. La simulation du robot :	49
IV.4.3.1. Objet accepté :	50
IV.4.3.2. Objet refusé :	51
IV.4.3.3. Le retour du robot vers la position initiale :	52
IV.4.4. La communication avec arduino :	53
IV.5. LE PROTOTYPE FINAL DU PROJET :	53
IV.6. CONCLUSION :	56
CONCLUSION GÉNÉRALE :	57
BIBLIOGRAPHIES ET RÉFÉRENCES :	58

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROBOTS MANIPULATEURS

Figure I.1 : Robot industriel (manipulateur) ABB pour soudage par points.	6
Figure I.2 : Constituants mécanique du robot manipulateur	7
Figure I.3 : Les éléments principaux d'un robot manipulateur.....	8
Figure I.4 : Le volume de travail pour un manipulateur cartésien et SCARA	9
Figure I.5 : Symbole de l'articulation rotoïde	10
Figure I.6 : Symbole de l'articulation prismatique	10
Figure I.7 : Des robots anthropomorphes au travail dans une usine	11
Figure I.8 : Robot cartésien PPP kuka	12
Figure I.9 : Un robot cylindrique	12
Figure I.10 : Robot delta ABB utilisé dans agro-industrie	13
Figure I.11 : Schémas d'un robot polaire	13
Figure I.12 : Robot SCARA Adept cobra i600.....	14

CHAPITRE II : TRAITEMENT D'IMAGE EN ROBOTIQUE

Figure II.1: Présentation d'une image	17
Figure II.2 : Une image numérique en couleur en pixels	18
Figure II.3 : Le codage couleur	19
Figure II.4 : Le codage HSV (hue saturation value).....	19
Figure II.5 : Image en niveau de gris codée sur 8 bits	20
Figure II.6 : Image en niveau de gris codée sur (16 ou 32 bits).	20
Figure II.7 : Une séquence d'image	22
Figure II.8 : La binarisation d'une image	23

CHAPITRE III : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

Figure III.1 : Le robot articulé 4ddl	28
Figure III.2 : Alimentation 5v	29
Figure III.3 : Transformateur de 12v	29
Figure III.4 : Des servomoteurs utilisés dans le robot	29
Figure III.5 : Une plaque d'essai ou breadbord	30
Figure III.6 : Les résistances	30
Figure III.7 : L'électroaimant	31
Figure III.8 : Le relais de commande	31

LISTE DES FIGURES

Figure III.9 : Les fils de connexion	32
Figure III.10 : Une carte arduino Mega	33
Figure III.11 : Une carte arduino Uno	33
Figure III.12 : Les constituants de la carte arduino Uno	34
Figure III.13 : Arduino shields	35
Figure III.14 : Une camera OV7670.....	35
Figure III.15 : L'interface du langage arduino	36
Figure III.16 : Le plan de projet	37
Figure III.17 : L'échange des données entre camera ov7670 et arduino uno	38
Figure III.18 : La transmission parallèle	39
Figure III.19 : La transmission série.....	39
Figure III.20 : Le protocole de communication port série.....	41
Figure III.21 : La première partie des connexions de l'appareil photos	42
Figure III.22 : La deuxième partie des connexions de l'appareil photos	43

CHAPITRE IV : SIMULATION ET RÉSULTAT PRATIQUE DU PROJET

Figure IV.1 : L'organigramme du travail réalisé	45
Figure IV.2 : L'interface graphique	46
Figure IV.3 : L'affichage de centre de gravité d'image de référence	47
Figure IV.4 : La décision d'image en cours	48
Figure IV.5 : Image acceptée	48
Figure IV.6 : Image refusée	49
Figure IV.7 : Le robot en position initiale	49
Figure IV.8 : L'affichage des paramètres de denavit hartenberg	50
Figure IV.9 : Le robot ramasse l'objet	50
Figure IV.10 : Le déplacement d'objet accepté.	51
Figure IV.11 : Le robot ramasse l'objet	51
Figure IV.12 : Le déplacement d'objet refusé	52
Figure IV.13 : Le retour du robot vers la position initiale.....	52
Figure IV.14 : Le prototype final du projet	53
Figure IV.15 : Le robot ramasse l'objet.....	54
Figure IV.16 : Le robot ramasse l'objet	54
Figure IV.17 : Le transfert d'objet vers la zone d'objet accepté	55

LISTE DES FIGURES

Figure IV.18 : Le transfert d'objet vers la zone d'objet refusé	55
Figure IV.19 : Le retour du robot vers la position initiale	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 : Les caractéristiques de la carte arduino Mega.	34
--	----

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

ISO : l'organisation internationale de normalisation.

OCDE : L'Organisation de coopération et de développement économiques.

SMA : système mécanique articulé.

DDL : degré de liberté.

SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm (bras robotisé d'assemblage de conformité sélective).

IA : l'intelligence artificielle.

Pixels: Picture Elements.

LED: light emitting diode.

3D: trois dimensions.

RGB: (red, green, Blue) ou (rouge, vert, Blue).

HSV : hue saturation value.

C.C.D: charge coupled device ou dispositif à couplage de charge.

2D: deux dimensions.

I²C: Inter Integrated Circuit.

SDA: Serial Data Line.

SCL: Serial CLock Line.

GND: la masse.

USB: Universal serial bus.

PC: personal computer.

VGA: video graphics array/adapter.

SPI: serial peripheral interface.

PWM: pulse width modulation.

RS232: recommended serial 232.

RS485: recommended standard 485.

V : volts.

MA : milliampère.

KO : kilooctet.

MHZ: mégahertz.

K: 10^3 .

IBM: international business machines.

SRAM: static random Access memory.

EEPROM: electrically erasable programmable read only memory.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis le développement de la technologie, les robots manipulateurs sont devenus un outil de travail dans les différents domaines touchant l'activité humaine.

Le secteur le plus concerné est certainement celui de l'industrie manufacturière qui nécessite, dans plusieurs cas des tâches répétitives et parfois dangereuses pour un opérateur humain.

Ceci représente l'une des raisons principales qui ont conduit à un développement très rapide de nombreux types de bras manipulateurs aujourd'hui sur le marché.

L'être humain depuis son existence cherche à faciliter sa vie et à concevoir des objets et des méthodes qui l'aident à exploiter l'environnement extérieur, la terre, la mer et l'espace. De nos jours, parmi ces objets on trouve les robots et plus précisément les robots manipulateurs.

Ces derniers ont prouvé leur importance puisqu'ils substituent efficacement l'homme dans la réalisation d'une tâche tel que la soudure dans les usines automobiles ou la manipulation de produit nucléaires.

Aujourd'hui, il existe plusieurs types de robots conçus pour des tâches bien spécifiques.

Les robots industriels actuellement en service sont des robots de type manipulateur.

Ils sont bien implantés dans les procédés de fabrication modernes et sont employés pour augmenter le volume de production et améliorer la qualité du produit dans les chaînes de montage de l'industrie automobile, ils remplacent les ouvriers dans les tâches pénibles, répétitives ou dangereuses (peinture, soudure...).

Dans ce travail de mémoire, nous nous sommes intéressés aux robots manipulateurs pour des applications en robotique industrielle, L'objectif de notre travail est de commander un bras manipulateur à 4 DDL à base d'une camera ov7670 arduino.

Ce mémoire est structuré en 4 chapitres :

Le premier chapitre donne des généralités sur les robots manipulateurs comme :

- ❖ La définition d'un robot manipulateur.
- ❖ Un bref historique sur la robotique.
- ❖ Les constituants d'un robot manipulateurs.
- ❖ Les types des robots manipulateurs.

Le deuxième chapitre est consacré au traitement d'image qui est une science récente qui a pour but d'offrir des différents domaines.

Nous avons parlé sur les notions de base de traitement d'image et les moments géométriques.

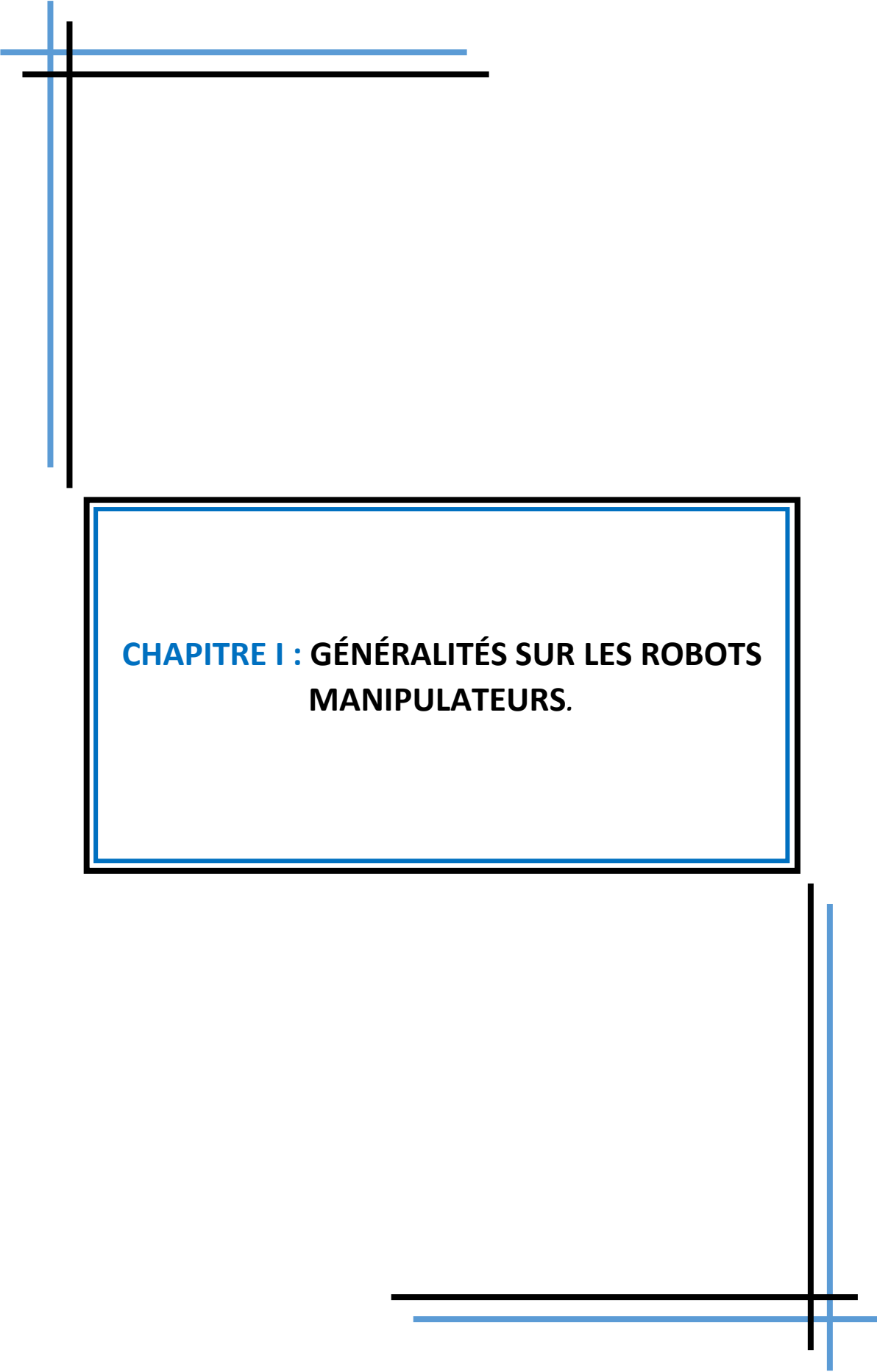
Le troisième chapitre concerne une présentation générale du projet que ce soit les matériels utilisés ou les logiciels, on explique le mode software et hardware en expliquant

INTRODUCTION GÉNÉRALE

les cartes arduino, la programmation et la liaison entre elle et le pc (la communication).

Le quatrième chapitre aborde l'implémentation réelle du projet, ainsi que les tests effectués et les résultats obtenus.

Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale.

The page features an abstract geometric design consisting of several thin blue and black lines. In the top-left corner, a vertical blue line and a horizontal black line intersect. In the bottom-right corner, a vertical black line and a horizontal blue line intersect. A large rectangular frame, composed of a thick black outer border and a thinner blue inner border, is positioned in the center of the page.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROBOTS MANIPULATEURS.

I.1.INTRODUCTION

La robotique est un ensemble des disciplines techniques (automatique, électronique, mécanique, informatique) qui agisse physiquement sur son environnement à fin d'atteindre un objectif qui lui a été assigné.

On distingue deux types de robotique, la robotique industrielle et la robotique mobile. Les robots manipulation ont une base fixe avec un système mécanique articulé devant effectuer des opérations (la peinture, la manutention dans des ateliers dès l'industrie automobile, emboutissage, etc.). Par contre les robots mobiles, on regroupe sous l'appellation robots mobiles l'ensemble des robots à base mobile, par opposition notamment aux robots manipulateurs (industrielle). Par contre l'usage néanmoins que l'on désigne habituellement par ce terme les robots mobiles à roues.

Robot : Système complexe capable, grâce à ses fonctions de manipulation et (où) de locomotion, de remplacer l'homme dans la réalisation de tâches répétitives, dangereuses ou inaccessibles.

Robot = bras manipulateur / base mobile / bras manipulateur monté sur 1 base mobile,
+ motorisation + système de perception + programmation et interface homme machine.

Un robot est conçu pour réaliser des tâches entièrement autonomes ou sous le contrôle d'un opérateur humain.

Origine du terme Robot : robota(slave) = travailleur terne Pièce de théâtre, "Rossum's Universal Robot " du romancier tchèque Karel Capek (1921), portant sur des êtres artificiels anthropomorphes répondant parfaitement aux ordres de leur maître.

Depuis la naissance de l'industrie robotisée, les robots industriels ont été conçus afin de remplacer les humains dans des tâches répétitives, fatigantes et qui impliquent souvent un travail manuel dangereux.

Actuellement, grâce à l'augmentation de la production et à la diminution des prix, les robots industriels sont utilisés dans une infinité d'applications.

Pour comprendre le développement des robots et le monde robotique qui est le but de ce chapitre, nous allons donner dans un premier lieu un bref aperçu de l'histoire des robots avec quelques définitions de base, dans un deuxième lieu une description des constituants technologiques d'un robot sera donnée ensuite une présentation de types et d'architectures de ces derniers et en fin les modèles les plus importants qui sont classés selon leurs fonctionnements et leurs structures.

Ainsi que le critère de choix d'un robot et nous mentionnerons les différents domaines qui utilise aujourd'hui les robots pour répondre à leurs besoins.

I.2. L'HISTOIRE DE LA ROBOTIQUE

Les ancêtres des robots sont les automates, au XVIIIe siècle.

D'une certaine manière, dans la mesure où l'informatique les rend totalement interactifs avec les humains, les premiers robots sont les premiers ordinateurs, conçus pendant la Seconde Guerre mondiale et réalisés juste après.

Mais leurs actions se limitant à des opérations intellectuelles, les premiers robots à proprement parler sont les appareils qui, synthèses des automates et des ordinateurs, peuvent effectuer de façon automatique des tâches physiques à la place des humains, ceci de façon plus efficace, en rapidité et en précision.

En 1954, l'Américain George Devol dépose le brevet de Unimate, premier robot industriel. Il s'agit d'un bras articulé capable de transférer un objet d'un endroit à un autre et inspiré des téléopérateurs utilisés dans l'industrie nucléaire dans les années 1950 pour la manipulation d'éléments radioactifs [1].

En 1956, la société Unimation Inc., est créée par Joseph Engelberger, associée de Devol.

En 1961, Unimate est installé aux lignes d'assemblage de l'usine Ewing Township (appartenant General Motors et située dans la banlieue de Trenton, New Jersey), Unimate.

Il est chargé de saisir des pièces de métal à très haute température et de les déplacer jusqu'à des bains de refroidissement.

À l'époque, la direction de General Motors ne diffuse pas l'information, estimant qu'il s'agissait d'un procédé expérimental risquant de ne pas fonctionner [2].

Elle finit cependant par passer commande de 66 exemplaires [1].

En 1968, Unimation est le leader du marché mondial de la robotique [1].

En 1976, la première entreprise à adopter ses produits en France est Renault en 1976 [1].

En 1983, La société Westinghouse (à l'origine des premiers robots humanoïdes) rachète Unimation Inc. avant de la revendre à Stäubli trois ans plus tard [1].

I.3. LA ROBOTIQUE INDUSTRIELLE DANS LE MONDE

Selon le ministère de l'industrie français, on peut estimer le nombre total de robots industriels dans le monde à au moins 1,15 million en 2010, et environ de 3,58 millions en 2017. Ces estimations sont basées sur l'hypothèse d'une durée de fonctionnement moyenne de 12 ans. Avec une durée moyenne de 15 ans, a été de 1,4 million de robots industriels en 2011.

Environ 69 000 robots industriels ont été produits dans le monde en 1998, 120 000 en 2005, mais 113 000 en 2008. La production baissait brutalement en 2009 (60 000) pour reprendre de plus belle (120 600 en 2010, 166 000 en 2011, 207 500).

En 2011, les ventes de robots industriels s'élevaient à 9,5 milliards de dollars.

Si on inclut les logiciels, les périphériques et l'ingénierie-systèmes, le marché des systèmes robotiques industriels est estimé à 28,5 milliards de dollars en 2011 ; il devrait s'accroître dans le futur, mais à des taux moins élevés que dans le passé [3].

Selon la Fédération internationale de robotique, la Chine est le premier marché pour les robots industriels, avec 141.000 unités vendues en 2017, soit un bond annuel de 58,1 % et un tiers de la demande planétaire [4].

I.4. LES DOMAINES D'UTILISATION DES ROBOTS

- ❖ Les robots industriels ont d'abord été développés pour intervenir dans les milieux à risques (nucléaire, à forte corrosion...) puis dans l'automobile avec le robot **Unimate**, le premier robot industriel de la société américaine **Unimation**, au début des années **1960**.
- ❖ Ils servent aussi beaucoup dans le maniement d'objets lourds.
- ❖ Le petit assemblage de précision sur des petites séries.

I.5. LA DÉFINITION D'UN ROBOT MANIPULATEUR

Un robot industriel (manipulateur) est un système ayant plusieurs axes à l'image d'un bras humain souvent composé de six degrés de liberté, trois axes destinés au positionnement et trois axes à l'orientation permettant de déplacer et d'orienter un outil (organe effecteur) dans un espace de travail donné.

On peut distinguer :

- ❖ Les robots de montage de dimension souvent plus réduite.
- ❖ Les robots mobiles destinés à l'inspection souvent associés à de l'intelligence artificielle et capables, dans certains cas, de prendre en compte l'environnement.

Un robot se compose d'une partie mécanique, le bras lui-même, d'une armoire de commande composée d'une unité centrale qui pilote les électroniques de commande d'un ou plusieurs axes qui en assure l'asservissement, de variateurs de vitesse et d'un langage de programmation spécialisé qui permet de commander le robot (LM développé par l'Ensimag Grenoble, langage Adept type basic) qui intègre un transformateur de coordonnées pour transformer une valeur cartésienne en données codeur du moteur.

Certains robots disposent d'un mode d'apprentissage qui permet de répéter les mouvements réalisés librement à la main, l'élément essentiel étant la fidélité et la capacité du robot à atteindre Successivement la même position dans une tolérance définie, une procédure d'étalonnage permet de reprendre le zéro de chacun des axes.

Ils peuvent être associés à un système de vision artificielle qui leur permet de corriger les déplacements.

Pour des raisons de sécurité, ces robots sont protégés par des cages ou des carters pour interdire à l'homme de les approcher de trop près.

La diffusion et amélioration des techniques robotiques permet de faire fonctionner des usines dans le noir.

La robotique industrielle est officiellement définie par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) comme étant un système commandé automatiquement, multi-applicatif, reprogrammable, polyvalent, manipulateur et programmable sur trois axes ou plus.

Les applications typiques incluent les robots de soudage, de peinture et d'assemblage.

L'avantage de la robotique industrielle est sa rapidité d'exécution et sa précision ainsi que la répétition de cette précision dans le temps.

Cependant, une enquête menée par l'OCDE en 2018 démontre que la robotisation industrielle représente une perte d'emplois d'environ 15% [5].

Les robots industriels sont très utilisés dans le secteur de l'automobile.

Leur conception nécessite une bonne connaissance technique et un très haut niveau dans le domaine de l'ingénierie.

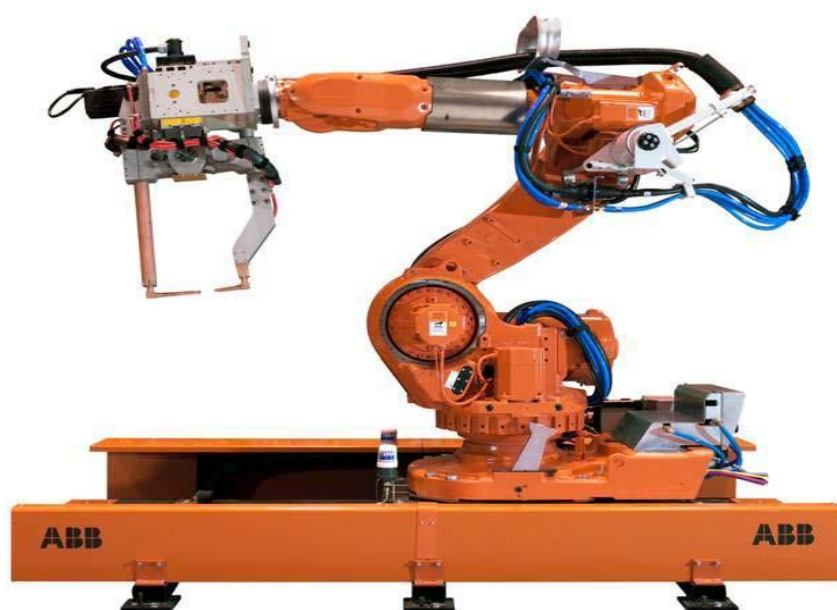


Figure I.1 : Robot industriel(manipulateur) ABB pour soudage par points.

I.5.1. Les constituants d'un robot

Un robot manipulateur est composé de :

- ❖ Une base.
- ❖ Une articulation ou liaison ou axe.
- ❖ Les actionneurs (les servomoteurs).
- ❖ Le segment ou corps.
- ❖ L'organe terminale ou l'outil.

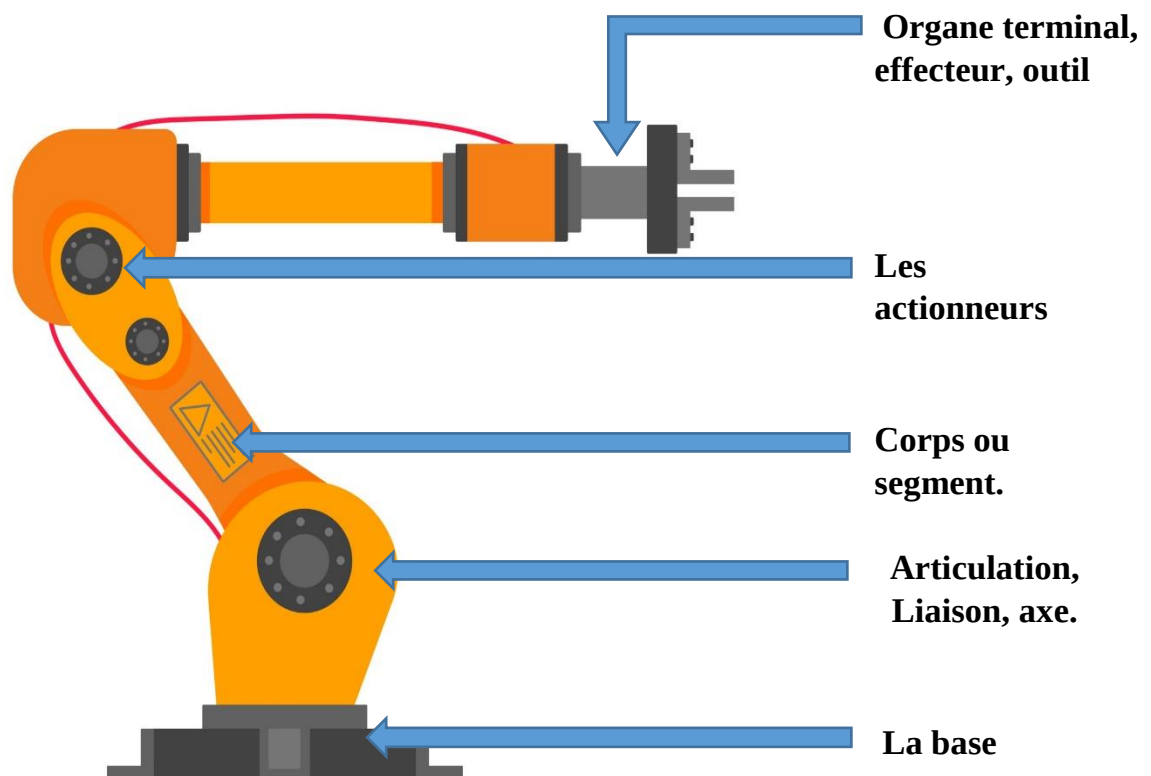


Figure I.2 : Constituants mécanique du robot manipulateur.

I.5.1.1. Système Mécanique Articulé (S.M.A.)

- ❖ Un mécanisme ayant une structure plus ou moins proche de celle du bras humain.
Il permet de remplacer, ou de prolonger, son action.
- ❖ Son rôle est d'amener l'organe terminal dans une pose (position et orientation) donnée, selon des caractéristiques de vitesse et d'accélération données.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ROBOTS MANIPULATEURS

- ❖ L'architecture est une chaîne cinématique de corps, (généralement rigides) assemblés par des articulations.
- ❖ Sa motorisation est réalisée par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques qui transmettent leurs mouvements aux articulations par des systèmes Appropriés.
- ❖ On distingue classiquement quatre éléments principaux dans un robot manipulateur :

Informations proprioceptives

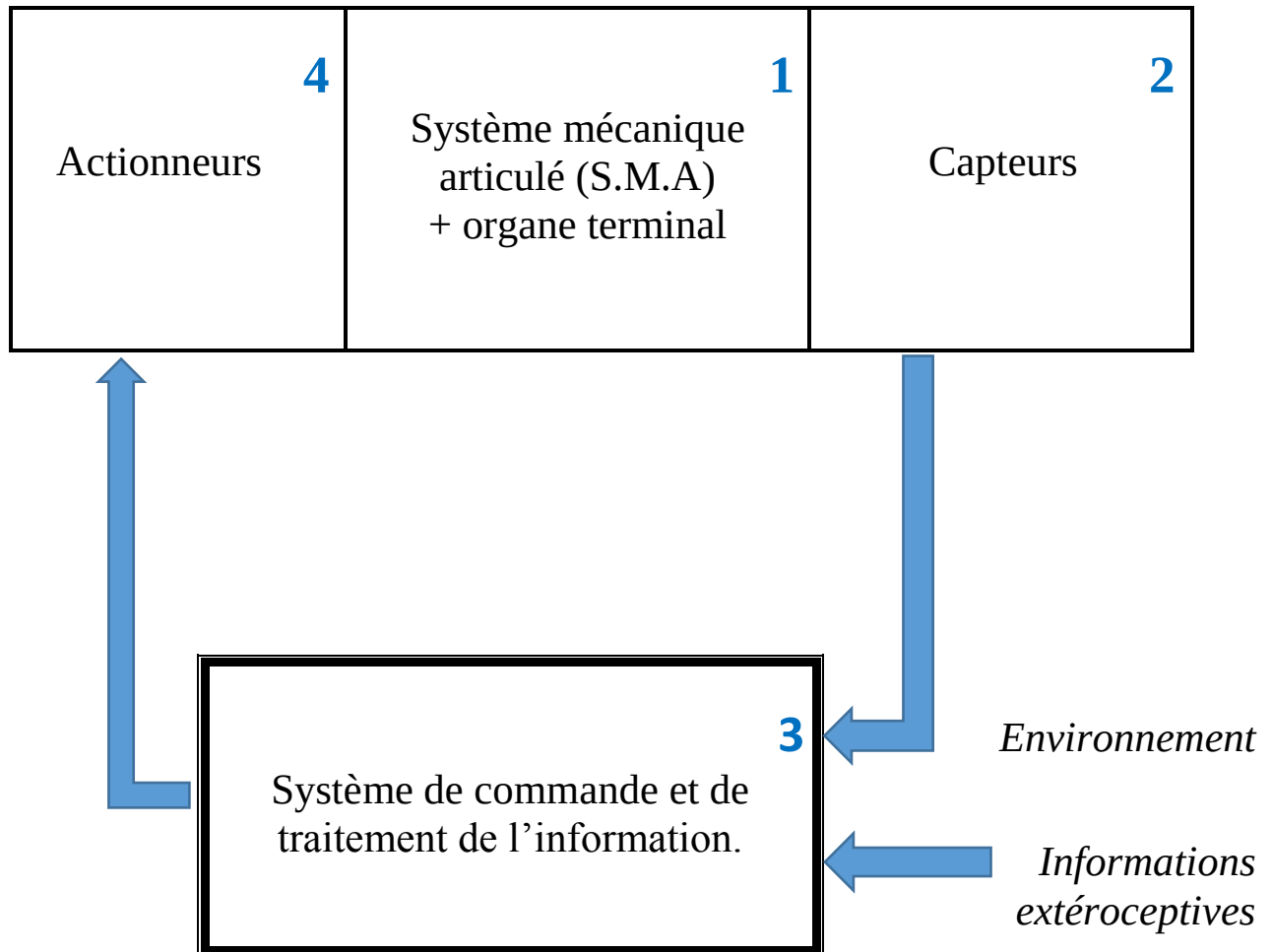


Figure I.3 : Les éléments principaux d'un robot manipulateur.

I.6. LES CARACTÉRISTIQUES D'UN ROBOT MANIPULATEUR

Un robot doit être choisi en fonction de l'application qu'on lui réserve

Voici quelques paramètres à prendre, éventuellement, en compte:

- ❖ **La charge maximale transportable** (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables (c'est-à-dire, en élongation maximale)

- ❖ **L'architecture du S.M.A.:** le choix est guidé par la tâche à réaliser. Par exemple, robots à structure rigide vs robots avec segments et/ou articulations flexibles.
- ❖ **Le positionnement absolu**, défini par une position et une orientation dans l'espace cartésien.
- ❖ **La répétabilité.** Ce paramètre caractérise la capacité que le robot a à retourner vers un point (position, orientation) Donné. En général, la répétabilité est de l'ordre de 0.1 mm
- ❖ **La vitesse de déplacement** (vitesse maximale en élongation maximale), l'**accélération**
- ❖ **La masse du robot.**
- ❖ **Le coût du robot** (pour petits robots avec charge de quelques kilogrammes, le coût est 10-20 k€).
- ❖ **La maintenance du robot** (difficile pour les robots qui travaillent dans des environnements hostiles/dangereux) [6].
- ❖ **Le volume ou espace de travail** ("workspace" en anglais), défini comme l'ensemble Des points atteignables par l'organe terminal [6].

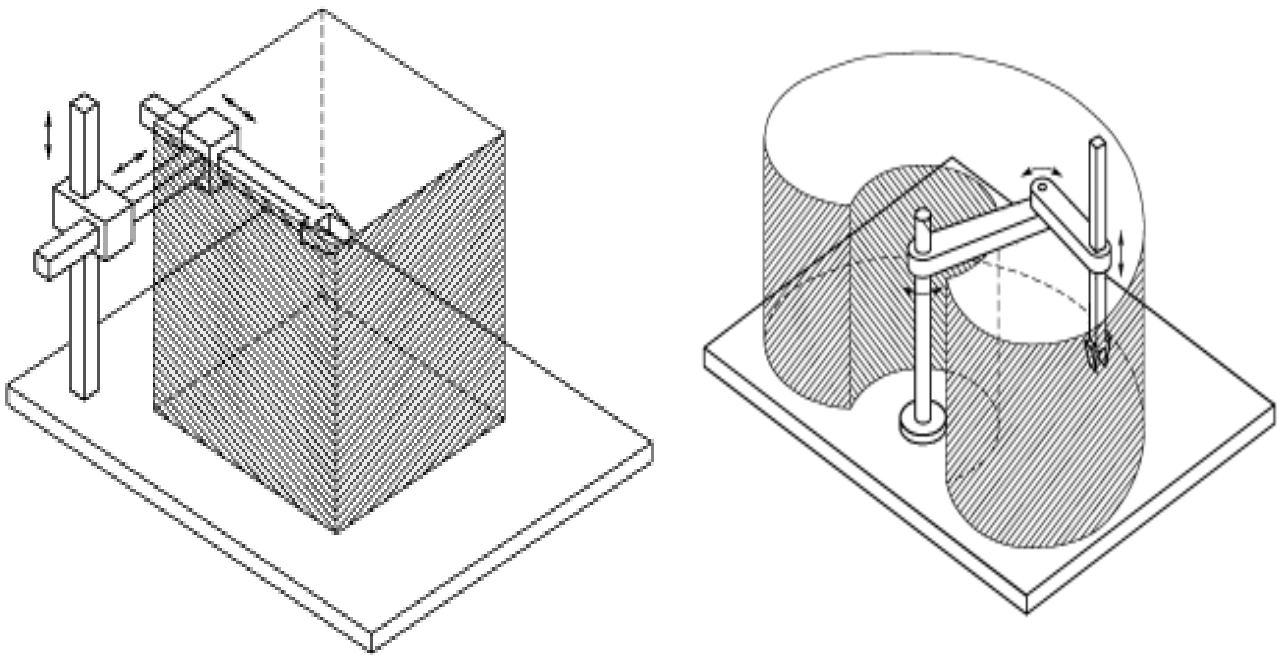


Figure I.4 : Le volume de travail pour un robot manipulateur cartésien et SCARA.

I.6.1. Les types des articulations

I.6.1.1. L'articulation rotoïde

Il s'agit d'une articulation de type pivot, notée “R”, réduisant le mouvement entre deux corps à une rotation autour d'un axe qui leur est commun. La situation relative entre les deux corps est donnée par l'angle θ autour de cet axe.

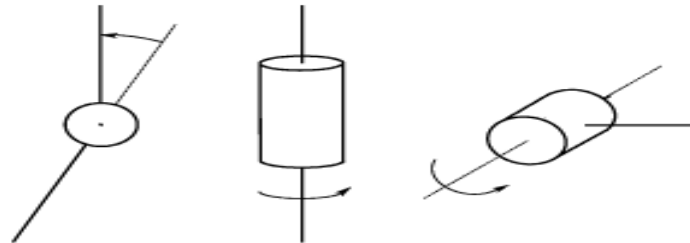


Figure I.5 : Symbole de l'articulation rotoïde.

I.6.1.2. L'articulation prismatique

Il s'agit d'une articulation de type glissière, notée “P”, réduisant le mouvement entre deux corps à une translation le long d'un axe commun. La situation relative entre les deux corps est mesurée par la distance d le long de cet axe.

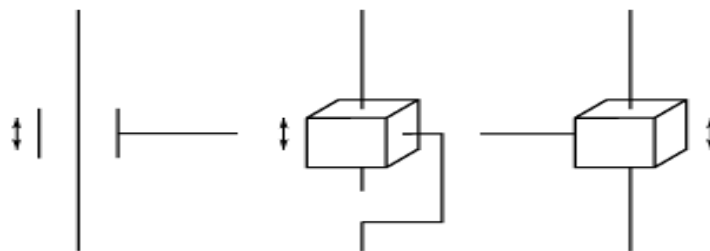


Figure I.6 : Symbole de l'articulation prismatique.

I.7. LES TYPES DES ROBOTS MANIPULATEURS

En industrie on trouve plusieurs types de robots manipulateurs.

Les robots industriels sont disponibles dans une large gamme de tailles, de formes et de structures pour une utilisation dans différents systèmes et applications.

Ils peuvent également avoir des nombres d'axes ou de degrés de liberté différents.

Ces facteurs influencent leur espace de travail (c'est-à-dire le volume d'espace de travail ou d'accès).

I.7.1. Les Robots anthropomorphes :

Les robots articulés sont des robots avec au moins trois joints rotatifs.

Le nombre d'articulations sur le robot détermine son amplitude de mouvement.

Les robots articulés [7] sont les robots industriels les plus courants [8].

Ils ressemblent à un bras humain, c'est pourquoi on les appelle aussi bras robotisé ou bras manipulateur.

Leurs articulations à plusieurs degrés de liberté offrent aux bras articulés une grande variété de mouvements [7].



Figure I.7 : Des robots anthropomorphes au travail dans une usine.

I.7.2. Les Robots cartésiens

On appelle robot cartésien [7] les robots ayant des articulations de type prismatique pour le déplacement de l'outil, mais forcément 3 rotoïdes pour l'orientation de celui-ci.

Les robots cartésiens sont conçus avec des articulations et des axes qui permettent au robot de fonctionner dans un système de coordonnées cartésiennes (c'est-à-dire un mouvement bidimensionnel ou tridimensionnel).

Pour pouvoir déplacer et orienter l'organe effecteur dans toutes les directions en 3D, un tel robot a besoin de 6 axes : 3 prismatiques pour le déplacement, 3 rotoïdes pour l'orientation.

Dans un environnement à 2 dimensions, il suffit de 3 axes : 2 pour le déplacement, 1 pour l'orientation [9].

- ❖ 3 articulations prismatiques dont les axes sont typiquement mutuellement orthogonaux (PPP); 3 DDL.
- ❖ La structure cartésienne offre une très bonne rigidité mécanique et une grande précision.
- ❖ La structure présente une faible dextérité car toutes les articulations sont prismatiques.
- ❖ Utilisation typique: manutention et assemblage.
- ❖ Actionneurs: généralement électriques, parfois pneumatiques.



Figure I.8 : Robot cartésien PPP kuka.

I.7.3. Les Robots cylindriques

Les robots cylindriques [6] se différencie par leur joint rotatif à la base et au moins un joint prismatique reliant les membres [7].

Ils peuvent se déplacer verticalement et horizontalement en couissant.

La conception compacte de l'effecteur permet au robot d'atteindre des espaces de travail étroits sans aucune perte de vitesse [7].

La géométrie cylindrique diffère de la géométrie cartésienne en ce que la 1ère articulation prismatique est remplacée par une articulation rotoïde (RPP); 3 DDL

- ❖ La structure cylindrique offre une très bonne rigidité mécanique.
- ❖ L'articulation prismatique horizontale permet à l'organe terminal d'accéder à des cavités horizontales.
- ❖ Utilisation typique: transport d'objets, même de grande taille (dans un tel cas, des moteurs hydrauliques sont préférés aux moteurs électriques).



Figure I.9 : Un robot cylindrique.

I.7.4. Les Robots parallèles

Les robots parallèles (Delta) [6] sont également appelés robots à liaison parallèle [7]. Ils se composent de maillons parallèles connectés à une base commune. Les robots Delta sont particulièrement utiles pour les tâches de contrôle direct et les opérations de manœuvre élevées (telles que les tâches rapides de prises et déposes). Les robots Delta tirent profit des systèmes de liaison à quatre barres ou parallélogramme.

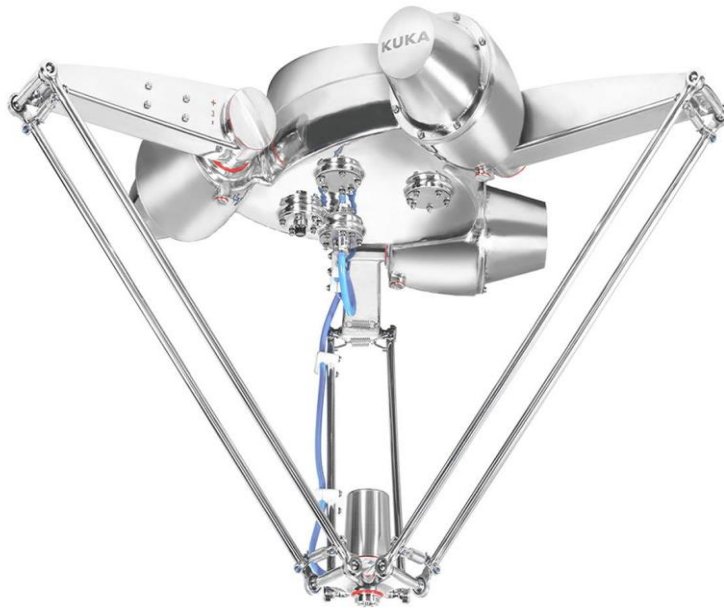


Figure I.10 : Robot delta kuka utilisé dans agro-industrie.

I.7.5. Les Robots polaires

Pour pouvoir déplacer et orienter l'organe effecteur dans toutes les directions en 3D, un tel robot a besoin de 6 axes : 3 pour le déplacement, 3 pour l'orientation. Dans un environnement à 2 dimensions, il suffit de 3 axes : 1 pour le déplacement, 2 pour l'orientation [9].

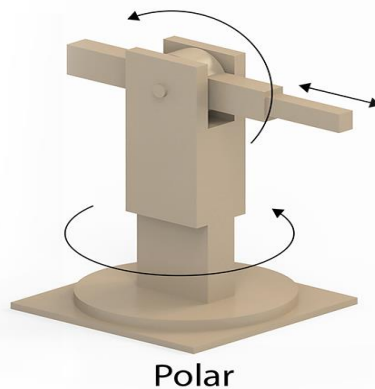


Figure I.11 : Schémas d'un robot polaire.

I.7.6. Les Robots SCARA

SCARA [7] est un acronyme pour Selective Compliance Assembly Robot Arm (bras robotisé d'assemblage de conformité sélective) [10].

On reconnaît les robots SCARA à leurs deux articulations parallèles qui fournissent un mouvement dans le plan X-Y [7].

Des arbres rotatifs sont positionnés verticalement et l'effecteur terminal se déplace horizontalement.

On utilise les robots SCARA pour les travaux qui nécessitent des mouvements latéraux précis, et ils sont parfaits pour les applications d'assemblage [8].



Figure I.12: Robot SCARA Adept cobra i600.

I.8. LE FONCTIONNEMENT DES ROBOTS MANIPULATEURS

Certains robots manipulateurs utilisent des servomoteurs (moteurs électrique), d'autres utilisent des vérins hydrauliques ou pneumatiques.

Les servomoteurs offrent beaucoup d'avantages.

L'un des avantages principaux est qu'il peut tourner à grande vitesse tout en conservant le couple nominal.

La plupart des robots manipulateurs utilisent des servomoteurs.

I.9. LE RÔLE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LA ROBOTIQUE

I.9.1. La définition de l'intelligence artificielle

Le terme « intelligence artificielle », créé par John McCarthy, est souvent abrégé par le sigle « IA » (ou « AI » en anglais, pour Artificial Intelligence).

Il est défini par l'un de ses créateurs, Marvin Lee Minsky, comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique » [11].

On y trouve donc le côté « artificiel » atteint par l'usage des ordinateurs ou de processus électroniques élaborés et le côté « intelligence » associé à son but d'imiter le comportement.

Cette imitation peut se faire dans le raisonnement, par exemple dans les jeux ou la pratique des mathématiques, dans la compréhension des langues naturelles, dans la perception : visuelle (interprétation des images et des scènes), auditive (compréhension du langage parlé) ou par d'autres capteurs, dans la commande d'un robot dans un milieu inconnu ou hostile.

Même si elles respectent globalement la définition de Minsky, certaines définitions de l'IA varient sur deux points fondamentaux [12]:

Les définitions qui lient l'IA à un aspect humain de l'intelligence, et celles qui la lient à un modèle idéal d'intelligence, non forcément humaine, nommée rationalité ;

Les définitions qui insistent sur le fait que l'IA a pour but d'avoir toutes les apparences de l'intelligence (humaine ou rationnelle), et celles qui insistent sur le fait que le fonctionnement interne du système d'IA doit ressembler également à celui de l'être humain et être au moins aussi rationnel.

I.9.2. L'intelligence artificielle dans la robotique et l'industrie

La robotique a recours à l'intelligence artificielle à plusieurs égards.

Notamment pour la perception de l'environnement (objets et visages), l'apprentissage et l'intelligence artificielle développementale.

L'interaction homme-robot manque encore souvent de naturel et est un enjeu de la robotique.

Il s'agit de permettre aux robots d'évoluer dans le monde dynamique et social des humains et d'échanger avec eux de façon satisfaisante. L'échange nécessite également, à l'inverse, une évolution du regard que les humains portent sur les robots ; selon Véronique Auberge, « la vraie révolution n'est pas technologique, elle est culturelle » [13].

Les systèmes intelligents deviennent monnaie courante dans de nombreuses industries. Plusieurs tâches peuvent leur être confiées, notamment celles considérées comme trop dangereuses pour un humain.

I.10. CONCLUSION

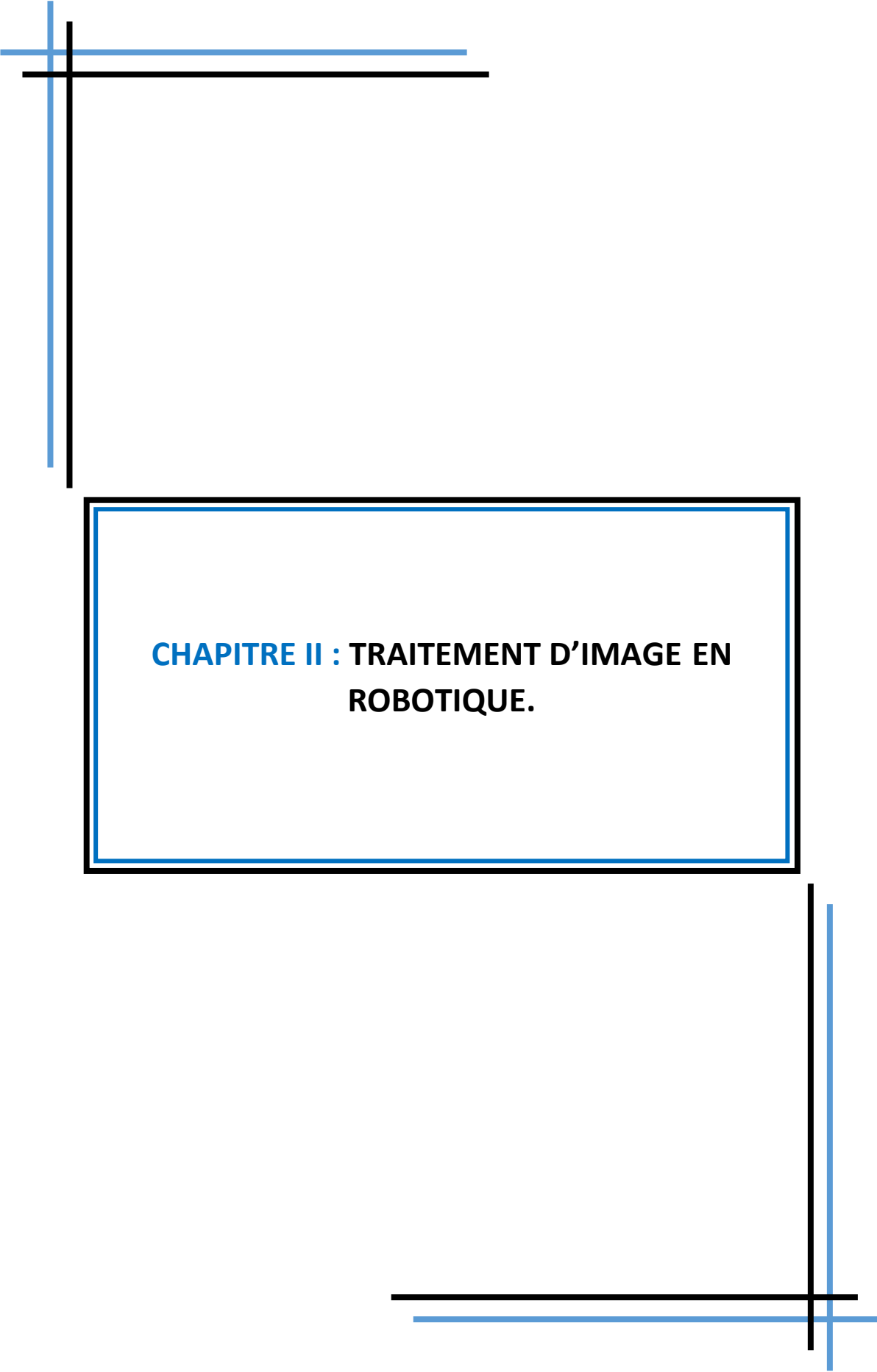
Dans ce chapitre, nous avons donné une idée générale sur la robotique.

Et en particulier nous avons abordé les robots de manipulations(industriels).

Nous avons mentionné :

- ❖ La définition et la structure des robots manipulateurs.
- ❖ Les types des robots manipulateurs.
- ❖ Le fonctionnement des robots manipulateurs.
- ❖ L'intelligence artificielle et son rôle dans la robotique.

Brièvement, dans ce chapitre nous avons parlé du domaine de la robotique, plus précisément les robots manipulateurs.

The page features an abstract geometric design consisting of several thin blue and black lines. In the top-left corner, a vertical blue line and a horizontal black line intersect. In the bottom-right corner, a vertical black line and a horizontal blue line intersect. A central rectangular area is defined by a double border, with the inner border in blue and the outer in black.

CHAPITRE II : TRAITEMENT D'IMAGE EN ROBOTIQUE.

II.1. INTRODUCTION

Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un Développement important depuis quelques dizaines d'années.

On désigne par traitement d'images numériques l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique afin d'améliorer ou d'en extraire des informations.

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant Sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées Pertinentes [14].

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

II.2. LA DÉFINITION D'UNE IMAGE

Une image est plutôt difficile à décrire d'une façon générale.

Une image est une représentation du monde.

En traitement d'image, la majorité du temps, on considère qu'il s'agit d'une fonction mathématique de $R \times R$ dans R où le couplet d'entrée est considéré comme une position spatiale, le singleton de sortie comme l'intensité (couleur ou niveaux de gris) du phénomène physique.

Il arrive cependant que l'image soit dite "3D" donc la fonction est de $R \times R \times R$ dans R .

Les images couleurs peuvent être représentées soit par trois images représentant les trois couleurs fondamentales, soit par une image de $R \times R$ dans $R \times R \times R$:

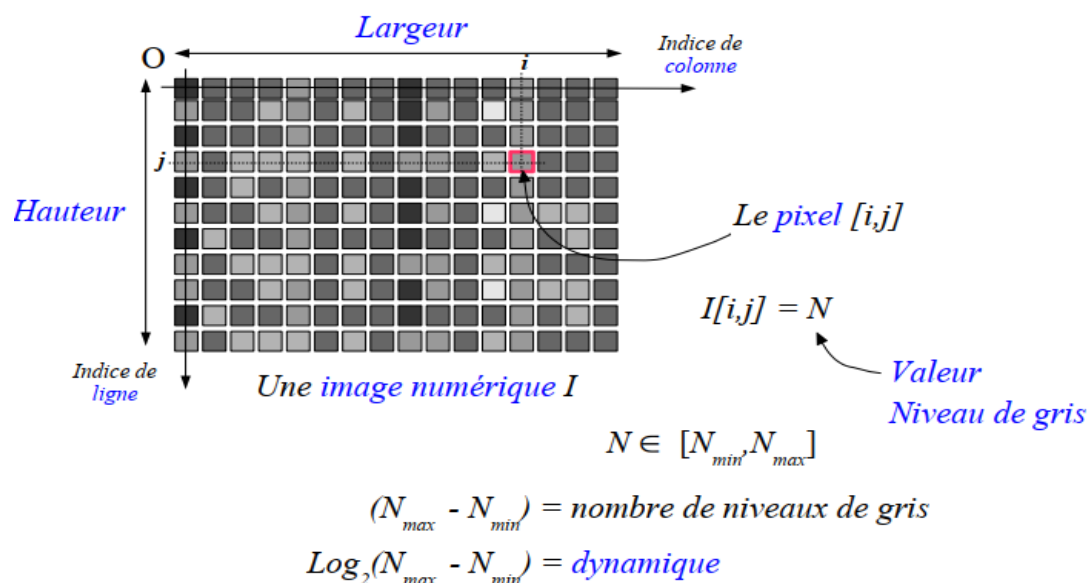


Figure II.1: Présentation d'une image.

II.3. L'IMAGE NUMERIQUE

Tous d'abord l'image numérique désigne toute image qui a été acquise traitée et sauvegardé sous forme codée représentable par des nombres valeurs numériques sur une clé USB, disque dur, téléphone portable, etc.

Elles sont constituées d'une multitude de pixels organisés en lignes (y) et colonnes(x). Chaque pixel possède une couleur.



Figure II.2: Une image numérique en couleur en pixels.

II.4. LES ESPACES DES COULEURS

Un espace colorimétrique est un modèle mathématique tridimensionnel représentant l'ensemble des couleurs perceptibles, utilisables ou reproductibles par un être humain ou un appareil. Chaque couleur qu'il contient est ainsi associée à des coordonnées déterminant un point précis et correspondant, par exemple, à des valeurs telles que la luminance, la saturation et la teinte.

L'espace de couleur est utilisé pour représenter les couleurs sous forme numérique. Les écrans d'ordinateurs reconstituent une couleur par synthèse additive à partir de trois couleurs primaires

II.4.1. RGB

RGB (RED, GREEN, BLUE) ce qui veut dire RBG (ROUGE, BLUE, VERT) basé sur un mélange additif (combinaison de rayons lumineux) de ces trois couleurs

L'intensité de chaque couleur est codée sur 1 octet permettant 256 niveaux différents alors on obtient $256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$ codes de couleurs différents pour chaque pixel.

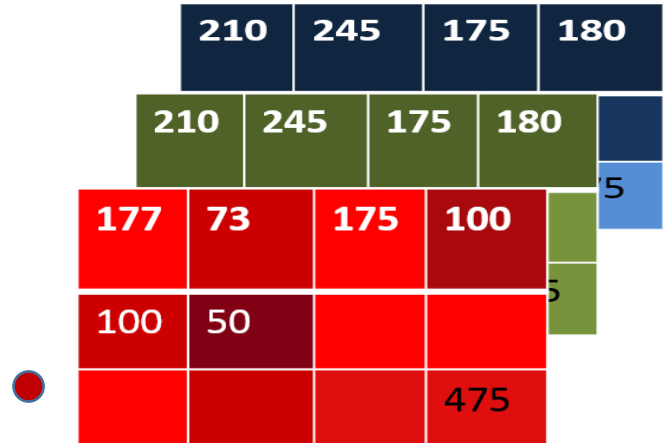


Figure II.3 : Le codage couleur.

II.4.2. HSV

HSV (Hue, Saturation, Value) ou bien HSB (Hue, saturation, Brightness) qui veut dire :

- ❖ La teinte (H) : Dans les systèmes de description de couleur informatique, la teinte est la forme pure d'une couleur, c'est-à-dire sans adjonction de blanc. Elle est codée suivant l'angle qui lui correspond sur le cercle des couleurs (de 0° à 360°).
- ❖ Saturation (S) : Décrit la quantité du blanc dans la couleur pure (0 à 100%).
- ❖ La valeur (V) : Elle décrit l'obscurité de la couleur, plus la valeur d'une couleur est faible, plus la couleur est sombre (de 0 à 100%).

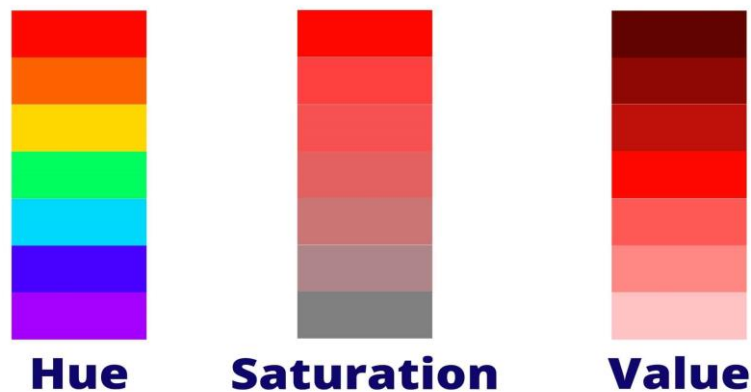


Figure II.4 : Le codage HSV (hue saturation value).

II.4.3. Niveaux de gris (grayscale)

Les pixels de l'image sont représentés par plusieurs niveaux de gris. La valeur de luminosité de chaque pixel d'une image en ce mode est comprise entre 0 (noir) et 255 (blanc).

Image en niveaux de gris (8 bits) est une fonction d'un sous ensemble de $R \times R$ dans $[0; 255]$ (à chaque point de l'image, on associe une valeur entière entre 0 et 255).

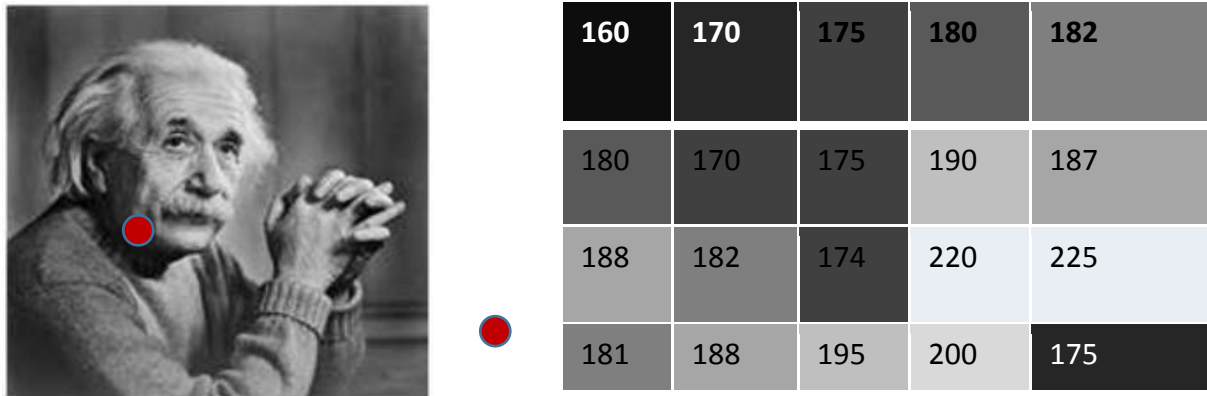


Figure II.5 : Image en niveau de gris codée sur 8 bits.

Chaque case du tableau/ point d'image est appelé un pixel.

On peut noter d'autres types d'image comment les images en niveaux de gris 16 bits ou 32 bits, permettant de récupérer d'information plus précises (souvent utilisé dans de domaines tels que l'astronomie, le médical ...).

Ce sont des applications d'un sous ensemble de $\mathbb{R}^2$ dans $[0; 2^{16}-1]$ ou $[0; 2^{32}-1]$.

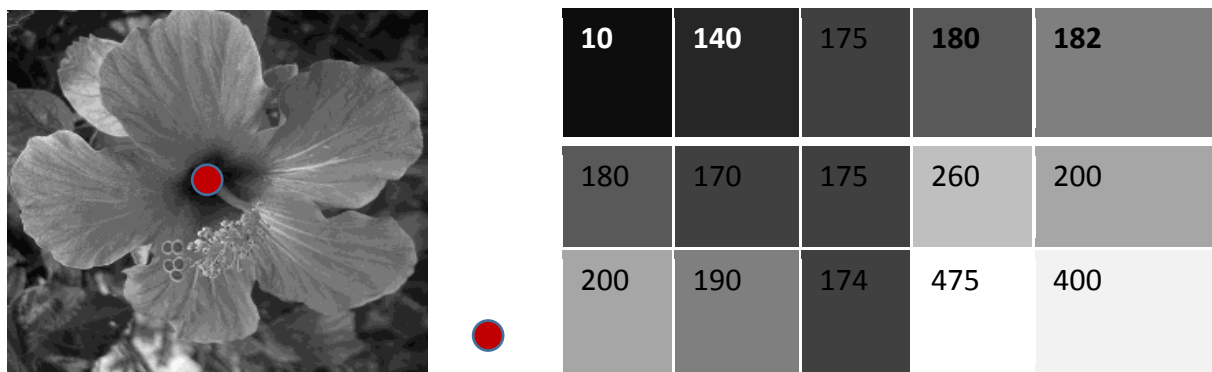


Figure II.6 : Image en niveau de gris codée sur (16 ou 32 bits).

Chaque case du tableau/ point d'image est appelé un pixel.

II.5. L'ACQUISITION D'IMAGE

L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images.

Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est avant tout nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système.

Le passage de cet objet externe (l'image d'origine) à sa représentation interne (dans l'unité de traitement) se fait grâce à une procédure de numérisation.

Ces systèmes de saisie, dénommés optiques, peuvent être classés en deux Catégories principales [14].

- ❖ Les caméras numériques.
- ❖ Les scanners.

A ce niveau, notons que le principe utilisé par le scanner est de plus en plus adapté aux domaines professionnels utilisant le traitement de l'image comme la télédétection, les arts graphiques, la médecine, etc.

Le développement technologique a permis l'apparition de nouveaux périphériques d'acquisition appelés cartes d'acquisition, qui fonctionnent à l'instar des caméras vidéo, grâce à un capteur C.C.D. (Charge Coupled Device).

La carte d'acquisition reçoit les images de la camera, de la T.V. ou du scanner afin de les convertir en informations binaires qui seront stockées dans un fichier [14].

L'une des caractéristiques intéressantes de ces capteurs est la taille du plus petit élément (pixel), mais aussi l'inter corrélation de deux éléments voisins : plus cette inter corrélation est faible, meilleure est l'image [14].

II.6. LA DÉTECTION D'OBJET

Le Traitement d'Image est constitué d'un ensemble de traitements que nous appellerons Opérateurs permettant d'extraire de l'information d'une ou de plusieurs images. Cette information peut prendre les trois formes suivantes :

- ❖ Une image, par exemple pour l'amélioration de la visualisation : on parlera alors de traitement de Bas Niveau.
- ❖ Des valeurs numériques, éventuellement associées à une image, par exemple l'extraction de segments de contours, les valeurs numériques étant les coordonnées des points extrémités. On parlera de traitement de Niveau Intermédiaire.
- ❖ Des valeurs symboliques, ou de décisions : par exemple :

Un cercle, une droite, ou un objet prédéfini ont été reconnus dans l'image,

Une pièce manufacturée a été reconnue conforme : le préhenseur du bras de robot, ou du robot delta va prendre la pièce sur le tapis roulant et la stocker,

Un char a été reconnu : le tir va être effectué. On parlera d'un traitement de Haut Niveau.

L'incrustation d'une séquence d'images passe d'une image à une autre dans un ensemble d'images. Elle vous permet de créer des effets, en traçant une trajectoire qui un ensemble des positions successives occupées par ce point au cours du temps (la trace) que laisse dans un

référentiel le système au cours de son déplacement. La trajectoire d'un point dépend du référentiel d'étude.



Figure II.7 : Une séquence d'image.

II.7. LA CONVERSION D'IMAGE

Les appareils photo capture habituellement des images et des vidéos en format 8-bit, entier non signé, BGR.

En d'autres termes, les images capturées peuvent être considérées comme 3 matrices, bleu, rouge et vert avec des valeurs entières comprises entre 0 et 255, chaque petite case représente un pixel de l'image. Dans les vraies images, ces pixels sont petits que l'œil humain ne peut pas les différencier.

Habituellement, on peut penser que L'espace de couleur BGR est plus approprié pour la segmentation basée sur la couleur.

A la base c'est que le HSV est le meilleur pour la détection d'objet, donc il est préférable de convertir de l'espace BGR à HSV car que l'apparence de couleur d'un objet peut fortement varier avec l'éclairage de la scène, et au moment que le BGR décrit les couleurs en termes de quantité de Bleu, vert et rouge c'est-à-dire qu'il n'est pas le plus robuste aux variations des conditions, quant à le modèle HSV décrit les couleurs de façonsimilaire à la façon dont l'œil humain a tendance à les percevoir.

II.7.1. La binarisation

Afin de pouvoir effectuer des traitements sur des images binaires, il faut d'abord en posséder.

Nous allons donc apprendre à transformer des images en binaire.

La binarisation consiste à transformer un pixel sur plusieurs bits (2, 4, 8 ou plus) en une

image sur 1 bit. Pour ça, nous allons faire un seuillage.

Si la valeur du pixel est en dessous du seuil, nous lui associons la valeur 0.

Si la valeur du pixel est égale ou supérieure au seuil nous lui donnons la valeur 1.

Si l'image est en niveau de gris il n'y a pas de problème car il n'y a qu'une seule composante de couleur.

C'est à dire qu'un pixel est codé avec un nombre.

En ce qui concerne les images couleur, c'est différent.

En effet nous avons 3 composantes de couleur (rouge bleu vert par exemple).

La première étape consiste donc à transformer une image en couleurs en niveaux de gris puis en image binaire.

La moyenne des composantes d'un pixel revient à le transformer en niveau de gris [15].

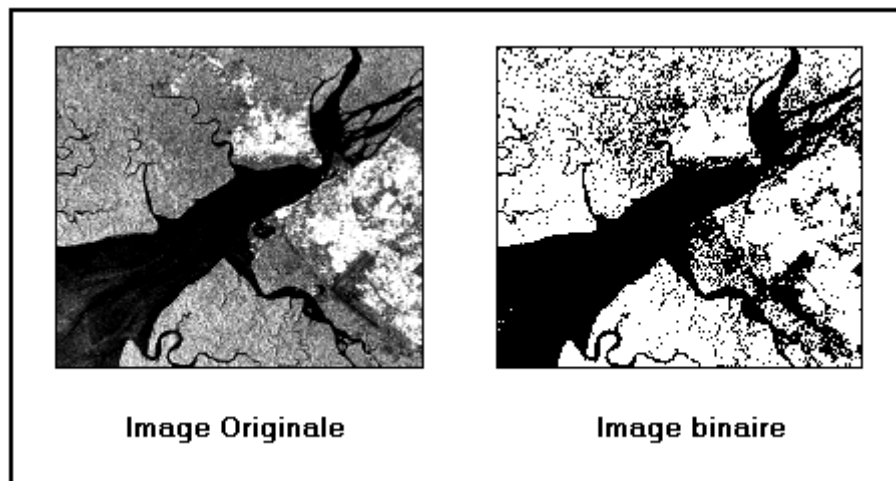


Figure II.8 : La binarisation d'une image.

II.8. LES MOMENTS D'IMAGE

II.8.1. Les moments géométriques d'image

Dans le traitement d'image, la vision par ordinateur et les domaines connexes, un moment d'image est une certaine moyenne pondérée particulière (moment) des intensités des pixels de l'image, ou une fonction de ces moments, généralement choisie pour avoir une propriété ou une interprétation attrayante.

Les moments d'image sont utiles pour décrire les objets après segmentation.

Les propriétés simples de l'image trouvées via les moments d'image incluent la zone (ou l'intensité totale), son centre de gravité et des informations sur son orientation.

II.8.1.1. Les moments bruts

Pour une fonction continue 2D $f(x, y)$ le moment (parfois appelé "moment brut") d'ordre $(p + q)$ est défini comme :

$$M_{pq} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \dots\dots\dots (II.1)$$

Pour $p, q = 0, 1, 2, \dots$ En adaptant cela à une image scalaire (niveaux de gris) avec des intensités de pixels $I(x, y)$, les moments bruts de l'image M_{ij} sont calculés par :

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y) \dots\dots\dots (II.2)$$

Dans certains cas, cela peut être calculé en considérant l'image comme une fonction de densité de probabilité, c'est à dire en divisant ce qui précède par :

$$\sum_x \sum_y I(x, y) \dots\dots\dots (II.3)$$

Un théorème d'unicité (Hu [1962]) stipule que si $f(x, y)$ est continue par morceaux et a des valeurs non nulles uniquement dans une partie finie du plan xy , des moments de tous les ordres existent et la séquence de moments (M_{pq}) est déterminé uniquement par $f(x, y)$.

Inversement, (M_{pq}) détermine de manière unique $f(x, y)$.

En pratique, l'image se résume à des fonctions de quelques instants d'ordre inférieur.

Les propriétés d'image simples dérivées de moments bruts incluent :

- ❖ Zone (pour les images binaires) ou somme des niveaux de gris (pour les images en tons de gris) : M_{00}
- ❖ Centroïde :

$$\{ \bar{x}, \bar{y} \} = \left\{ \frac{M_{10}}{M_{00}}, \frac{M_{01}}{M_{00}} \right\} \dots\dots\dots (II.4)$$

II.8.1.2. Les moments centraux

Les moments centraux sont définis comme :

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \dots\dots\dots (II.5)$$

Où :

$$\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad \text{et} \quad \bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}} \dots\dots\dots (II.6)$$

sont les composants du centroïde .

Si $f(x, y)$ est une image numérique, alors l'équation précédente devient :

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \dots\dots\dots (II.7)$$

$$\mu_{00} = M_{00} ;$$

$$\mu_{01} = 0;$$

$$\mu_{10} = 0;$$

$$\mu_{11} = M_{11} - \bar{x} M_{01} = M_{11} - \bar{y} M_{10};$$

$$\mu_{20} = M_{20} - \bar{x} M_{10} ;$$

$$\mu_{02} = M_{02} - \bar{y} M_{01} ;$$

$$\mu_{21} = M_{21} - 2\bar{x} M_{11} - \bar{y} M_{20} + 2\bar{x}^2 M_{01};$$

$$\mu_{12} = M_{12} - 2\bar{y} M_{11} - \bar{x} M_{02} + 2\bar{y}^2 M_{10};$$

$$\mu_{30} = M_{30} - 3\bar{x} M_{20} + 2\bar{x}^2 M_{10};$$

$$\mu_{03} = M_{03} - 3\bar{y} M_{02} + 2\bar{y}^2 M_{01};$$

On peut montrer que :

$$\mu_{pq} = \sum_m^p \sum_n^q \binom{p}{m} \binom{q}{n} (-\bar{x})^{(p-m)} (-\bar{y})^{(q-n)} M_{mn} \dots\dots\dots (II.8)$$

Les moments centraux sont invariants en translation.

II.8.2. Invariants de moments

Les moments sont bien connus pour leur application dans l'analyse d'images, car ils peuvent être utilisés pour dériver des invariants par rapport à des classes de transformation spécifiques.

Le terme moments invariants est souvent abusé dans ce contexte.

Cependant, alors que les invariants de moment sont des invariants formés à partir de moments, les seuls moments qui sont eux-mêmes des invariants sont les moments centraux. Notons que les invariants détaillés ci-dessous ne sont exactement invariants que dans le domaine continu.

Dans un domaine discret, ni la mise à l'échelle ni la rotation ne sont bien définies :

Une image discrète ainsi transformée est généralement une approximation, et la transformation n'est pas réversible.

Ces invariants ne sont donc qu'approximativement invariants pour décrire une forme dans une image discrète.

II.8.2.1. Invariants de translation

Les moments centraux μ_{ij} d'ordre quelconque sont, par construction, invariants par rapport aux translations .

II.8.2.2. Invariants d'échelle

Les invariants η_{ij} par rapport à la fois à la translation et à l'échelle peuvent être construits à partir des moments centraux en divisant par un zéro-ième moment central correctement mis à l'échelle :

$$\eta_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{\mu_{00}^{\left(1+\frac{i+j}{2}\right)}} \dots\dots\dots (II.9)$$

Où $i + j \geq 2$. Notez que l'invariance translationnelle suit directement en utilisant uniquement les moments centraux.

II.8.2.3. Invariants de rotation

Comme le montrent les travaux de Hu , [16] des invariants par rapport à la translation , à l'échelle et à la rotation peuvent être construits :

$$I_1 = (\eta_{20} + \eta_{02}).$$

$$I_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2.$$

$$I_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2.$$

$$I_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2.$$

$$I_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2].$$

$$I_6 = (\eta_{20} - \eta_{02}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}).$$

$$I_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - (\eta_{30} + 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2].$$

Ceux-ci sont bien connus sous le nom d'invariants de moment de Hu.

Le premier, I_1 , est analogue au moment d'inertie autour du centroïde de l'image, où les intensités des pixels sont analogues à la densité physique.

Les six premiers, $I_1 \dots I_6$, sont symétriques en réflexion, c'est-à-dire qu'ils sont inchangés si l'image est changée en image miroir.

Le dernier, I_7 , est antisymétrique de réflexion (change de signe sous la réflexion), ce qui lui permet de distinguer des images miroir d'images par ailleurs identiques.

Une théorie générale sur la dérivation d'ensembles complets et indépendants d'invariants de moment de rotation a été proposée par **J. Flusser**. [17].

Il a montré que l'ensemble traditionnel des invariants de moment Hu n'est ni indépendant ni complet.

Dans l'ensemble de Hu original, il manque un invariant de moment indépendant du troisième ordre :

$$I_8 = \eta_{11} [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{03} + \eta_{21})^2 - (\eta_{20} - \eta_{02})(\eta_{03} + \eta_{21})]$$

Comme I_7 , I_8 est aussi antisymétrique de réflexion.

Plus tard, **J. Flusser** et **T. Suk** [18] ont spécialisé la théorie pour le cas des formes N-symétriques en rotation.

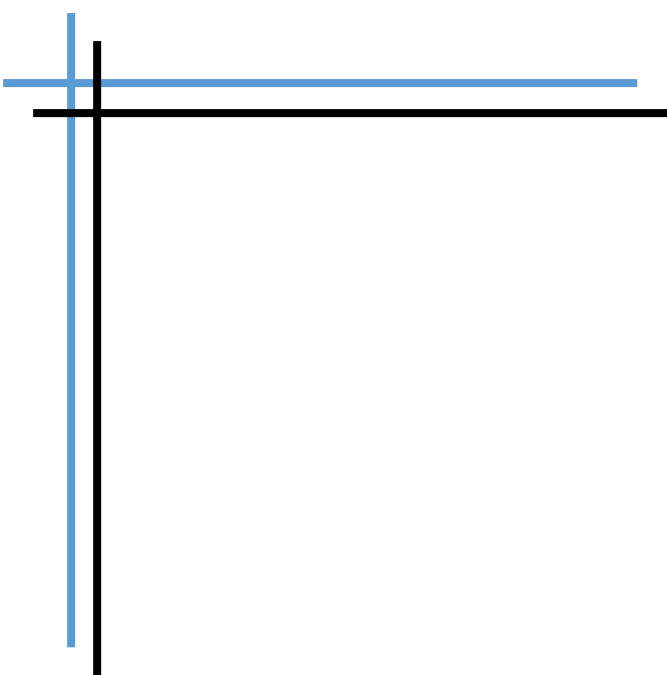
II.9. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons parlé du domaine du traitement d'image, qui est une partie importante de la robotique.

Nous avons parlé du traitement d'image, en définissant les images et en mentionnant leurs types, image couleur, image blanche et noire et nous avons également parlé de codage couleur, rgb, hsv, niveau de gris,

Nous avons parlé de la façon d'acquérir l'image à travers un groupe des appareils spéciaux comme la caméra.

Nous avons parlé des moments d'image de pendant son explication et mention de ces équations et comment calculer ces moments et quel est le but du calcul des moments.



CHAPITRE III : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET.

III.1. INTRODUCTION

Pour réaliser un projet, notamment en robotique, nous avons besoin d'un robot et d'un Ensemble des équipement électroniques et électriques.

Le projet se compose essentiellement de deux aspects principaux :

Matériel & logicielle (software & hardware).

Matériel : le robot articulé et les équipements électroniques et électriques.

Logicielle : les langages de programmation comme Matlab, arduino, c++ etc...

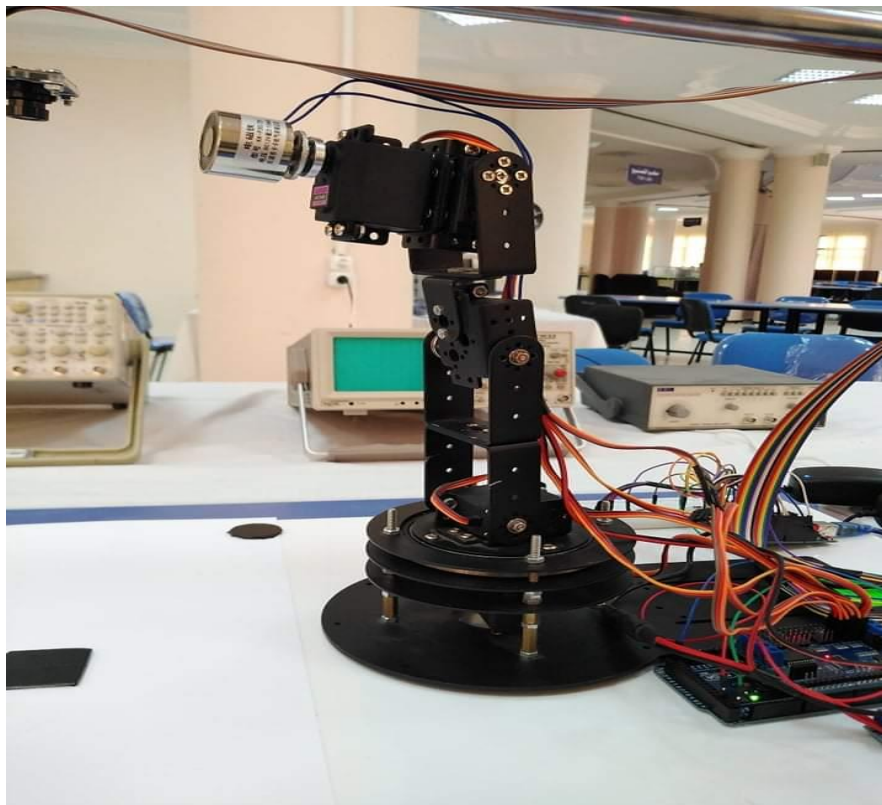


Figure III.1 : Le robot articulé 4ddl.

III.2. LE MATÉRIEL UTILISÉ

III.2.1. L'alimentation électrique

Dans ce projet, on utilise une alimentation de 5v pour la cartes arduino uno.
Et pour le relais de commande d'électroaimant.

- ❖ Un transformateur de 12 v pour l'électroaimant (l'outil de notre robot)
- ❖ Un transformateur de 5 v pour l'alimentation de la carte arduino MEGA/uno.
- ❖ Une alimentation des servomoteurs.



Figure III.2 : Alimentation électrique de 5v.



Figure III.3 : Un transformateur de 12v.

III.2.2. Les servomoteurs

Les actionneurs de notre robot articulé ce sont des servomoteurs.



Figure III.4 : Servomoteur utilisé dans le robot.

III.2.3. La plaque d'essai

Pour réaliser rapidement nos montages électroniques on va utiliser ce qu'on appelle une breadboard, cet objet permet de relier les composants sans avoir à les souder, ce qui permet de faire des tests très facilement et très rapidement.

En est composée de trous espacés de 2.54mm permettant d'enfoncer des composants et de les relier entre eux afin de réaliser le montage à tester.

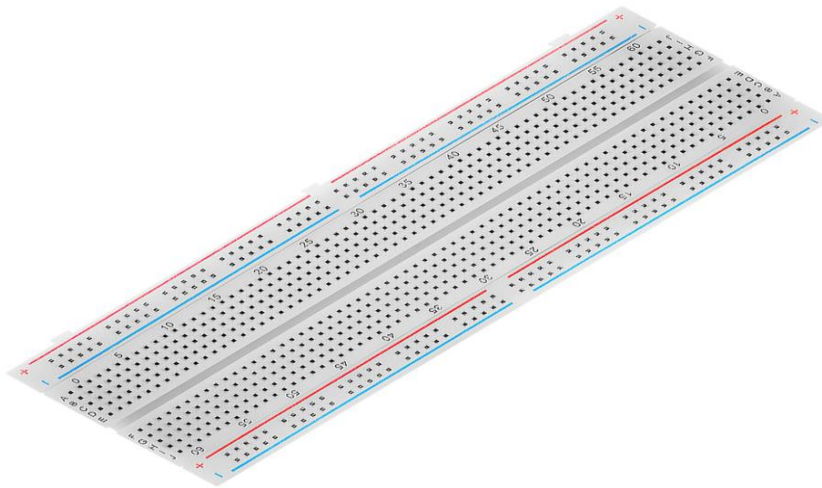


Figure III.5 : Une plaque d'essai ou breadboard.

III.2.4. Les résistances

Pour réaliser le montage du caméra ov7670 avec arduino Uno nous besoins de 4 résistances Pour la protection de notre matérielle contre les court-circuit et les chutes de tension.

- ❖ 1x résistance de 680 ohms.
- ❖ 1x résistance de 1k ohms.
- ❖ 2x résistances de 10k ohms.



Figure III.6 : Les résistances.

III.2.5. L'électroaimant

L'électroaimants représente l'outil du robot.



Figure III.7 : L'électroaimant.

III.2.6. Le relais de commande

Le rôle de relais de commande est de commander l'activation et la désactivation de l'électroaimant (l'outil du robot).

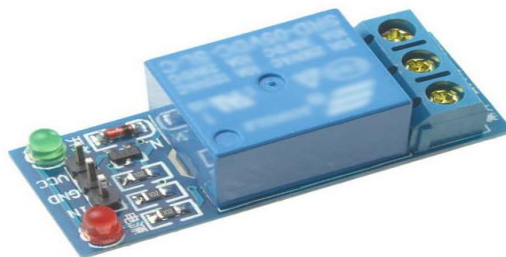


Figure III.8 : Le relais de commande.

III.2.7. Les fils de connexion

Pour réaliser nos montages électriques nous besoins d'une quantité des fils de connexion de type : (male/male) et (male/femelle) et (femelle /femelle).



Figure III.9 : Les fils de connexion.

III.2.8. Les cartes électroniques programmables

III.2.8.1. La carte arduino Mega/Uno

C'est une carte électronique programmable (donc dotées d'un processeur et de mémoire) sur lesquelles nous pouvons brancher des capteurs de température, d'humidité, de vibration ou de lumière, une caméra, des boutons, des potentiomètres de réglage, des contacts électriques... Il y a aussi des connecteurs pour brancher des LED, des moteurs, des relais, des afficheurs, un écran...

Une carte Arduino est un cerveau qui permet de rendre intelligent des systèmes électroniques et d'animer des dispositifs mécaniques.

Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique.

Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques.

Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte Électronique.

Le système Arduino permet de :

- ❖ Contrôler les appareils domestiques.
- ❖ Fabriquer votre propre robot.
- ❖ Faire un jeu de lumières.
- ❖ Communiquer avec l'ordinateur.
- ❖ Télécommander un appareil mobile (modélisme)

CHAPITRE III: PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

❖ etc.

❖ Le système Arduino est composé de deux choses principales : le matériel et le logiciel.

Il existe toute une gamme de cartes Arduino chacune avec ses caractéristiques, utilisées selon le besoin de l'utilisateur.

Dans ce projet on utilise les deux cartes Arduino Mega et Uno.

L'image ci-dessous montre une carte Arduino Mega :

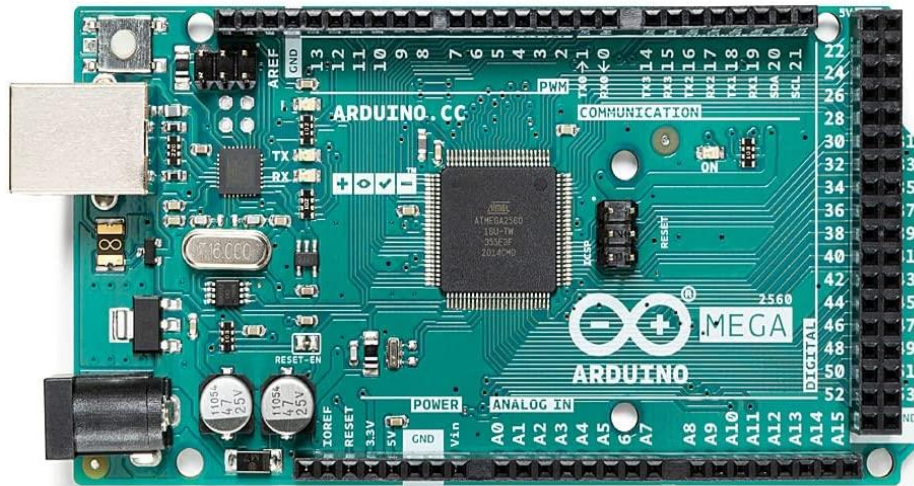


Figure III.10 : Une carte arduino Mega.

L'image ci-dessous montre une carte Arduino Uno :

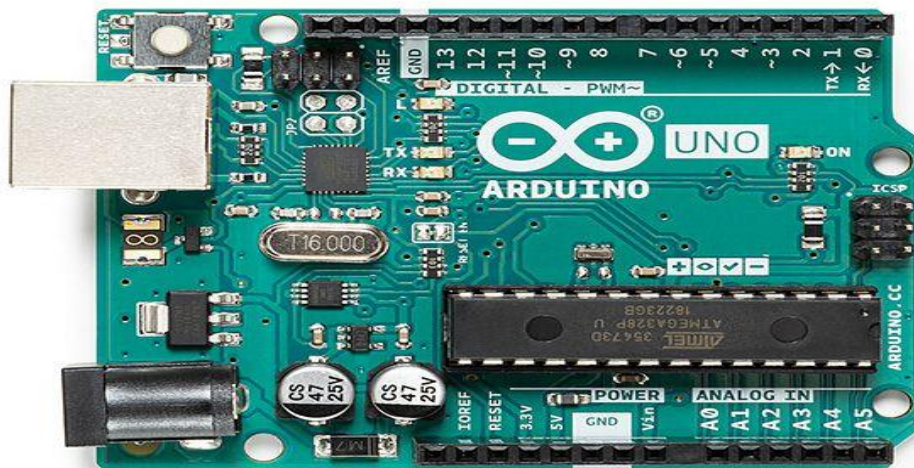


Figure III.11 : Une carte arduino Uno.

CHAPITRE III: PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

Les caractéristiques techniques de la carte MEGA :

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement :	5 V
Tension d'entrées (limites)	7 à 12 V
Tension d'entrée (limites)	6 à 20 V
Broches E/S numériques	54 (dont 14 fournissent la sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
Courant alternatif par broche d'E/S	40 mA
Courant continu pour la broche de 3,3 V	50 mA
Mémoire Flash :	256 Ko (dont 8 Ko utilisés par le chargeur initial de programme)
SRAM	8 Ko
EEPROM :	4 Ko
Vitesse de l'horloge	16 MHz

Tableau III.1 : Les caractéristiques de la carte arduino Mega.

III.2.8.1.1. Les constituants de la carte arduino

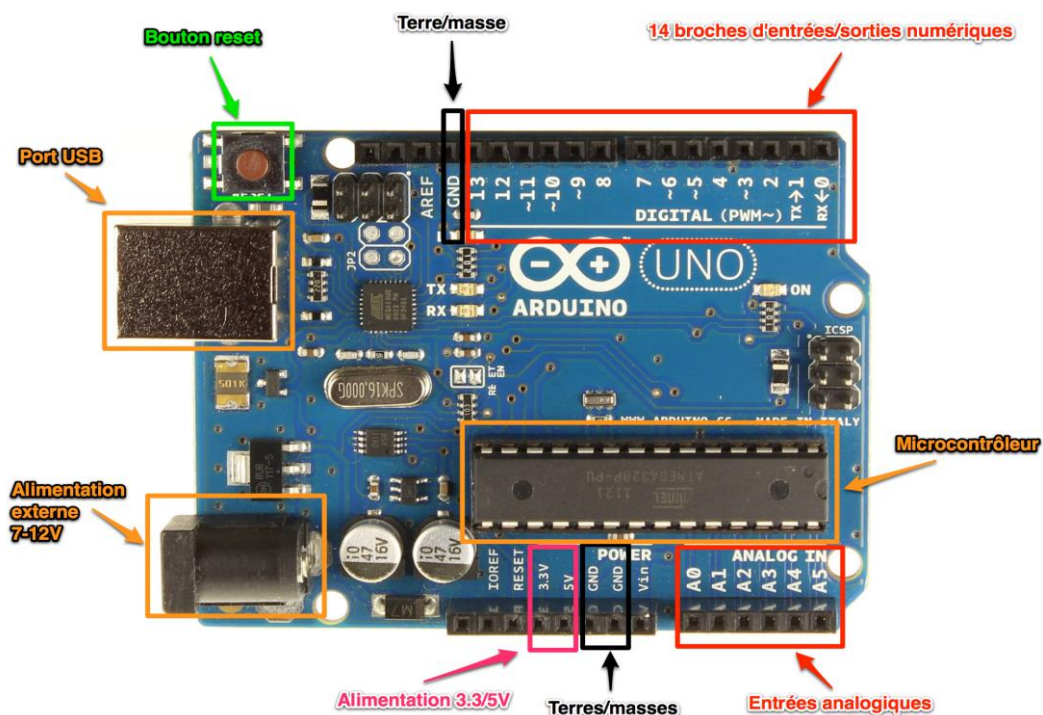


Figure III.12 : Les constituants de la carte arduino Uno.

III.2.8.2. Arduino shields

Les shields arduino sont des cartes qui se branchent sans soudure aux cartes arduino ou à d'autres shields arduino pour augmenter leurs capacités (écran, Bluetooth, servomoteurs). Les shields arduino conservent l'esprit original de arduino, facile à produire et à utiliser.

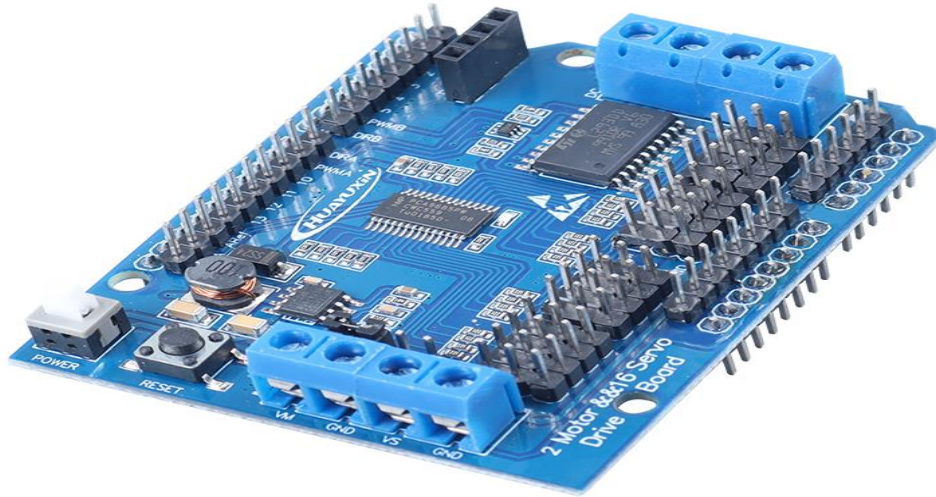


Figure III.13: Arduino shields.

III.2.9. Caméra OV7670

L'OV7670 est un capteur d'image, de petite taille, avec une faible tension de fonctionnement qui offre toutefois toutes les fonctions de la caméra mono-puce VGA et du processeur d'images.



Figure III.14 : Une caméra OV7670.

III.3. LES LOGICIELLES

Au jour d'aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique Programmée.

On parle aussi d'électronique embarquée ou d'informatique embarquée.

III.3.1. Le logiciel de la carte arduino

La carte Arduino n'a pas le choix de choisir le langage pour la programmer, on doit installer l'IDE Arduino sur notre ordinateur. Il fonctionne dans des différentes plates-formes Windows, Linux et Mac.

Le langage Arduino est proche du C/C++, avec des bases faciles à accès qui demande très peu de ressources, il nous permet de le programmer la carte via l'interface USB.

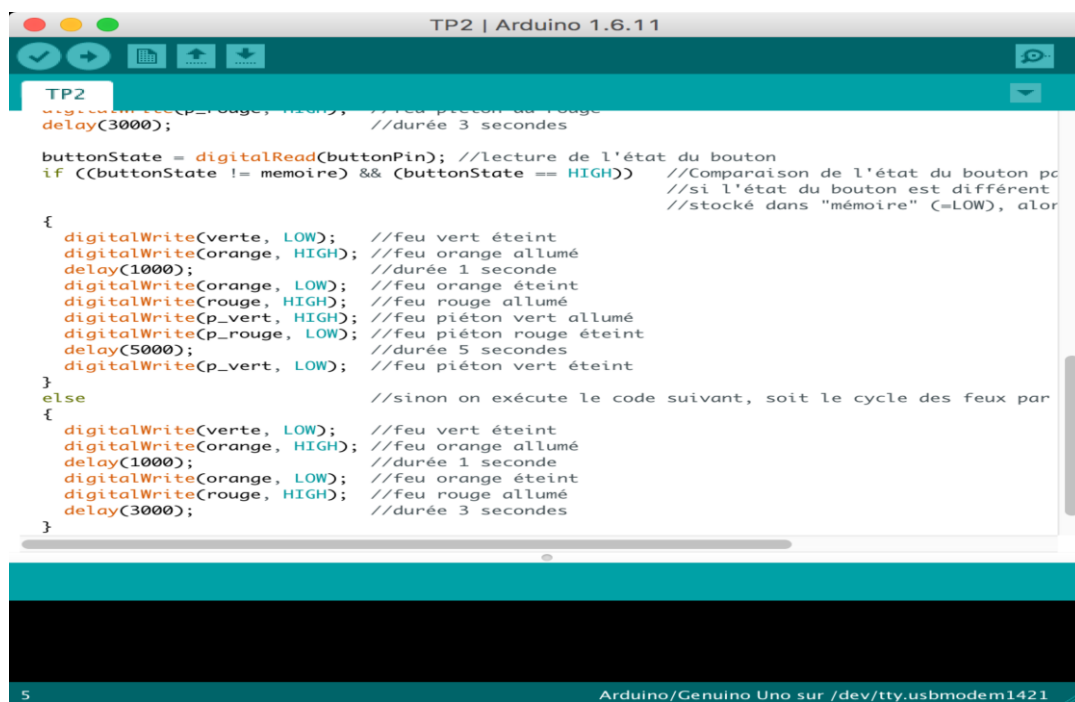


Figure III.15 : L'interface du langage arduino.

III.3.2. Le logiciel Matlab

matrix laboratory est un langage de script émulé par un environnement de développement du même nom ; il est utilisé à des fins de calcul numérique.

Développé par la société The MathWorks, MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran.

Les utilisateurs de MATLAB sont de milieux très différents tels que l'ingénierie, les sciences et l'économie, dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche [19].

III.4. LA COMMUNICATION ENTRE LES CARTES ARDUINO MEGA/UNO ET LE PC

La caméra ov7670 est liée avec une carte arduino uno, cette carte arduino est celle qui envoie les données sous forme des photos vers le pc.

Nous utilisons le logiciel Matlab dans le pc pour effectuer le traitement d'image d'après la méthode des moments géométriques.

Lorsque nous finalisons le traitement d'image nous envoyons la décision vers la carte arduino Mega qui contrôle et commande notre robot.

La communication Matlab/arduino est assurée par le port COM série de pc.

CAMÉRA OV7670

ROBOT 4 DDL

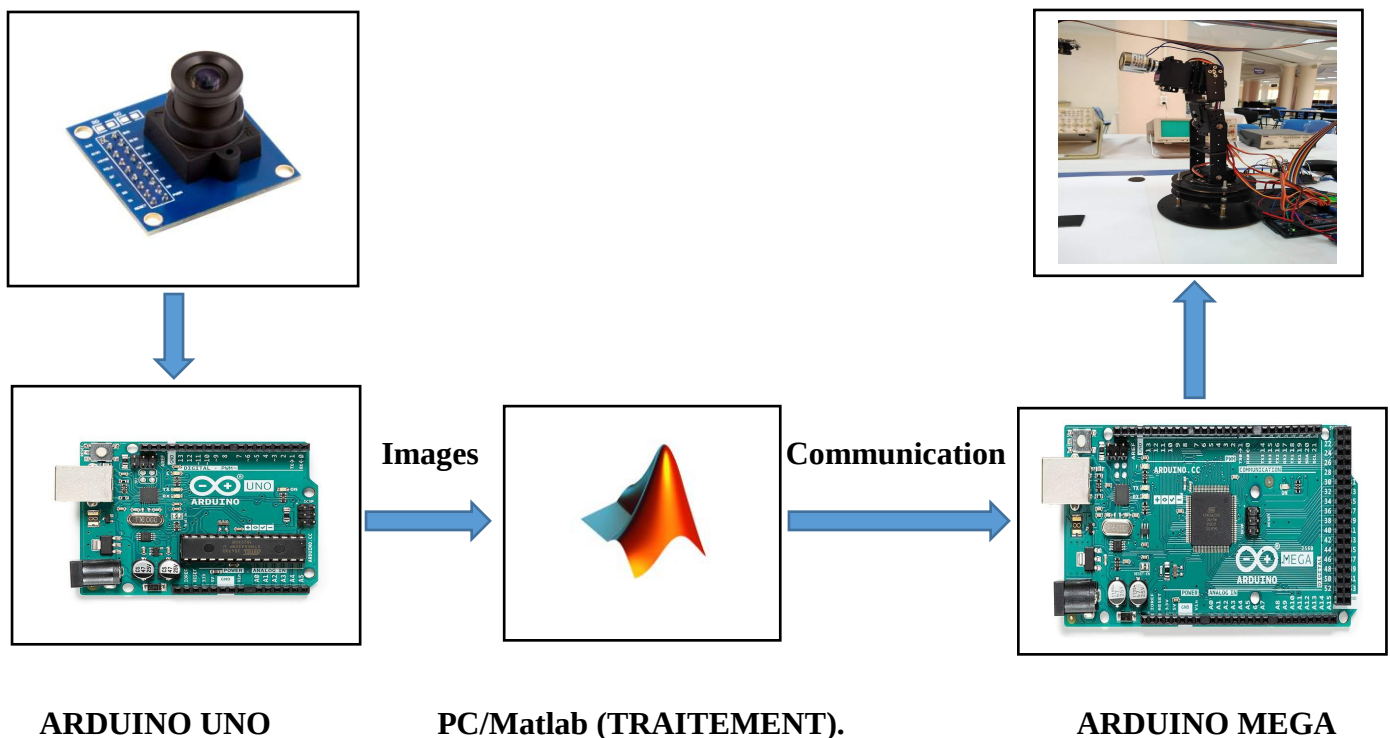


Figure III.16 : Le plan de projet.

III.4.1. La définition du protocole I²C

I²C : (Inter Integrated Circuit) développé au début des années 80, par Philips Semi conductor pour permettre de relier facilement à un microprocesseur les différents circuits d'un téléviseur moderne.

Son but est de faire la communication entre les composants électronique grâce à ces 3 fils :

- ❖ Signal de donnée : SDA (Serial DATA Line) c'est la ligne où passent les données dans les deux sens.
- ❖ Signal d'horloge : SCL (Serial CLOCK Line) c'est la ligne où passe le signal d'horloge pour la synchronisation.
- ❖ Signal de référence électrique : masse (GND) qui sert à référencer les deux signaux d'informations SCL et SDA.

III.4.1.1. Le sens d'échange des données :

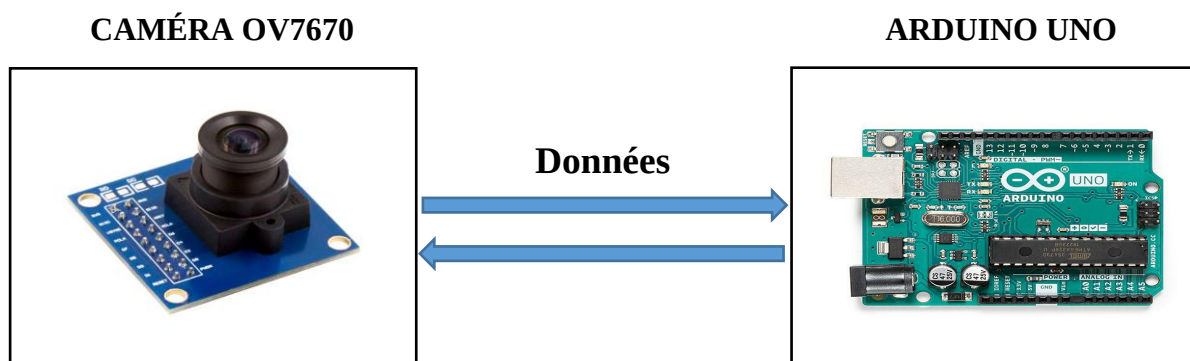


Figure III.17 : L'échange des données entre caméra ov7670 et arduino uno.

III.4.1.2. La communication série et parallèle

La communication parallèle consiste à transmettre des éléments d'information sur plusieurs voies simultanément.

La communication série est une méthode couramment utilisée pour échanger des données entre des ordinateurs et des périphériques.

Les transmissions série entre l'émetteur et le récepteur sont soumises à des protocoles stricts assurant leur sécurité et leur fiabilité, ce qui explique leur longévité.

De nombreux périphériques allant d'ordinateurs personnels à des appareils mobiles utilisent la communication série.

Nous allons nous intéresser aux bases de ce type de communication.

La communication série utilise une méthode d'échange de données binaire numérique, se servant de différentes interfaces et de protocoles de communication série tels que RS232, RS485, SPI et I2C, entre autres.

III.4.1.3. La transmission série et parallèle

On désigne par liaison parallèle la transmission simultanée de N bits. Ces bits sont envoyés simultanément sur N voies différentes (une voie étant par exemple un fil, un câble ou tout autre support physique).

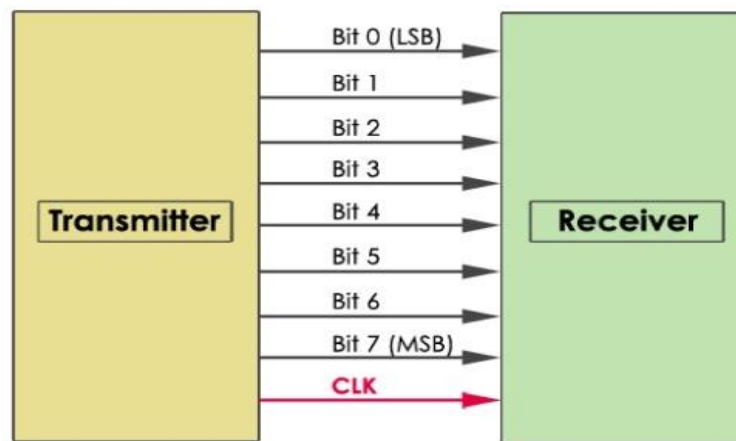


Figure III.18 : La transmission parallèle.

Dans une liaison en série, les données sont envoyées bit par bit sur la voie de transmission. Toutefois, étant donné que la plupart des processeurs traitent les informations de façon parallèle, il s'agit de transformer des données arrivant de façon parallèle en données en série au niveau de l'émetteur, et inversement au niveau du récepteur.

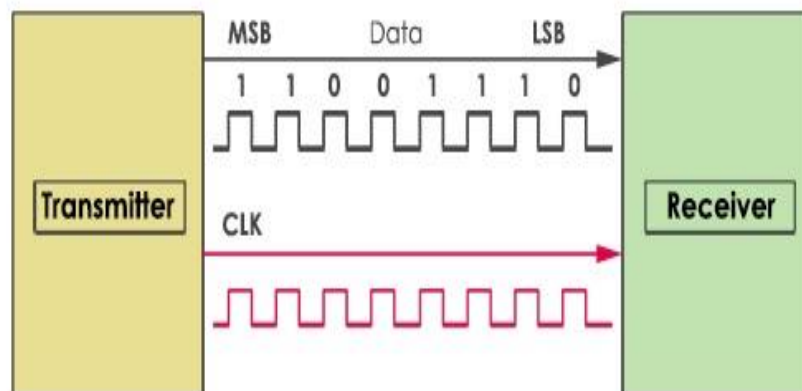


Figure III.19 : La transmission série.

III.4.1.4. Les avantages de la transmission série

- ❖ La communication série a besoin de moins de fils conducteurs, ce qui réduit le coût de fabrication de l'interface.
- ❖ Elle permet la transmission de données sur de longues distances.
- ❖ Elle utilise un faible nombre de fils, généralement un seul, ce qui simplifie au maximum l'interface entre les périphériques envoyant et recevant des données.
- ❖ Les protocoles série sont faciles à implémenter.

III.4.1.5. La synchronisation

Etant donné les problèmes que pose la liaison de type parallèle, c'est la liaison série qui est la plus utilisée. Toutefois, puisqu'un seul fil transporte l'information, il existe un problème de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, c'est-à-dire que le récepteur ne peut pas a priori distinguer les caractères (ou même de manière plus générale les séquences de bits) car les bits sont envoyés successivement. Il existe donc deux types de transmission permettant de remédier à ce problème :

La liaison asynchrone, Si qu'un seul bit soit transmis pendant une longue période de silence... le récepteur ne pourrait savoir s'il s'agit de 00010000, ou 10000000.

Pour éviter ce problème, chaque caractère est précédé d'une information indiquant le début de la transmission du caractère (bit *START*) et fin de transmission (bit *STOP*).

La liaison synchrone, dans laquelle émetteur et récepteur sont cadencés à la même horloge.

Le récepteur reçoit de façon continue les informations au rythme où l'émetteur les envoie.

III.5. LE PROTOCOLE PORT SERIE

Un port COM est une interface série bidirectionnelle permettant d'envoyer et de recevoir des données bit par bit.

Le port série est apparu bien avant les ordinateurs personnels à architecture IBM.

Sur les premières machines, le port COM était utilisé pour connecter des périphériques. Cependant, son domaine d'utilisation était quelque peu différent de celui du port parallèle. Si le port parallèle était principalement utilisé pour connecter des imprimantes, le port COM (soit dit en passant, COM est le diminutif de communication) servait habituellement à connecter des périphériques de télécommunication tels que des modems.

Mais des périphériques tels que des souris série peuvent également interagir avec un ordinateur via une interface série.

De nos jours, les communications par port série ne sont plus aussi courantes qu'elles l'ont été.

Le port COM a été remplacé par des ports USB - une interface plus moderne ne nécessitant aucune connaissance particulière pour être utilisée.

Les normes modernes de compatibilité entre les appareils série et les logiciels les contrôlant ont vu le jour à l'époque où les ports COM étaient largement utilisés, et ces interfaces sont aujourd'hui considérées comme archaïques.

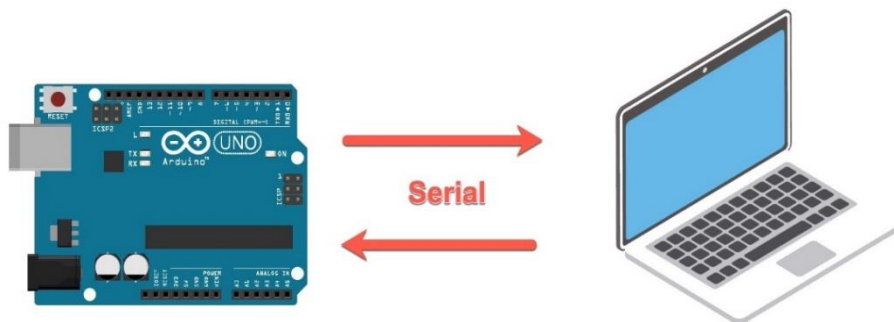


Figure III.20 : Le protocole de communication port série.

III.6. LE RACCORDEMENT DE LA CAMÉRA OV7670 AVEC ARDUINO UNO

Étape 1 : Créez un diviseur de tension entre la broche Arduino 3 et la broche XCLK de la caméra.

Créez un diviseur de tension pour obtenir le signal 5V d'Arduino à 3,3V pour la caméra.

C'est nécessaire car le module de caméra OV7670 n'est pas tolérant au 5V.

XCLK est l'horloge d'entrée qui fait fonctionner la caméra.

La fréquence maximale qu'Arduino peut émettre est de 8Mhz.

Pour une pleine vitesse, le module caméra a besoin de 30Mhz, mais huit suffisent pour envoyer une petite image à l'ordinateur.

Étape 2 : Effectuez les connexions I²C.

Broche Arduino A5 vers SIOC et broche Arduino A4 vers SIOD.

CHAPITRE III: PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

Ajoutez ensuite des résistances de rappel de 10k à 3,3V aux deux fils (A5 à 10k à 3,3V, A4 à 10k à 3,3V).

I²C est nécessaire pour envoyer les données de configuration à la caméra (résolution, format de pixel, etc.).

Étape 3 : VSYNC à la broche Arduino 2.

C'est un signal de 3,3 V de la caméra à l'Arduino.

Cette connexion peut être réalisée directement sans diviseur de tension.

Étape 4 : PCLK à la broche 12 d'Arduino.

Il s'agit également d'un signal de 3,3 V de la caméra à l'Arduino et peut être connecté directement.

Le coq de pixel est nécessaire pour connaître l'heure exacte à laquelle lire les données de pixel.

Étape 5 : Connectez l'alimentation à la caméra.

De la broche Arduino 3.3V à l'entrée 3.3V de la caméra et de la broche Arduino GND au GND de la caméra.

Étape 6 : Connectez la broche RESET de la caméra à 3,3 V et PWDN à GND.

La broche de réinitialisation peut être utilisée pour réinitialiser le module de caméra et l'éteindre pour l'éteindre. Mais comme nous n'avons plus de broches, nous le laissons tourner tout le temps.

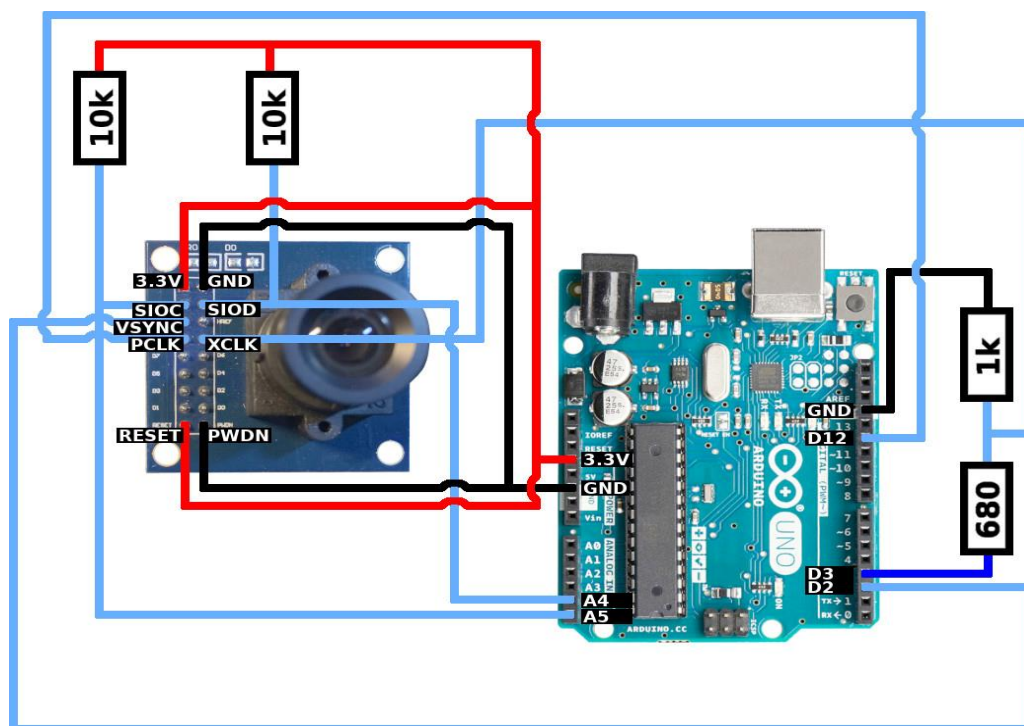


Figure III.21 : La première partie des connexions de l'appareil photos.

CHAPITRE III: PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

Étape 7 : Connectez D0 à D3 de la caméra aux broches Arduino A0 à A3.

Ce sont les quatre bits inférieurs d'un octet de pixel.

Étape 8 : Connectez les D4 à D7 de la caméra aux broches Arduino 4 à 7.

Ce sont les quatre bits supérieurs d'un octet de pixel.

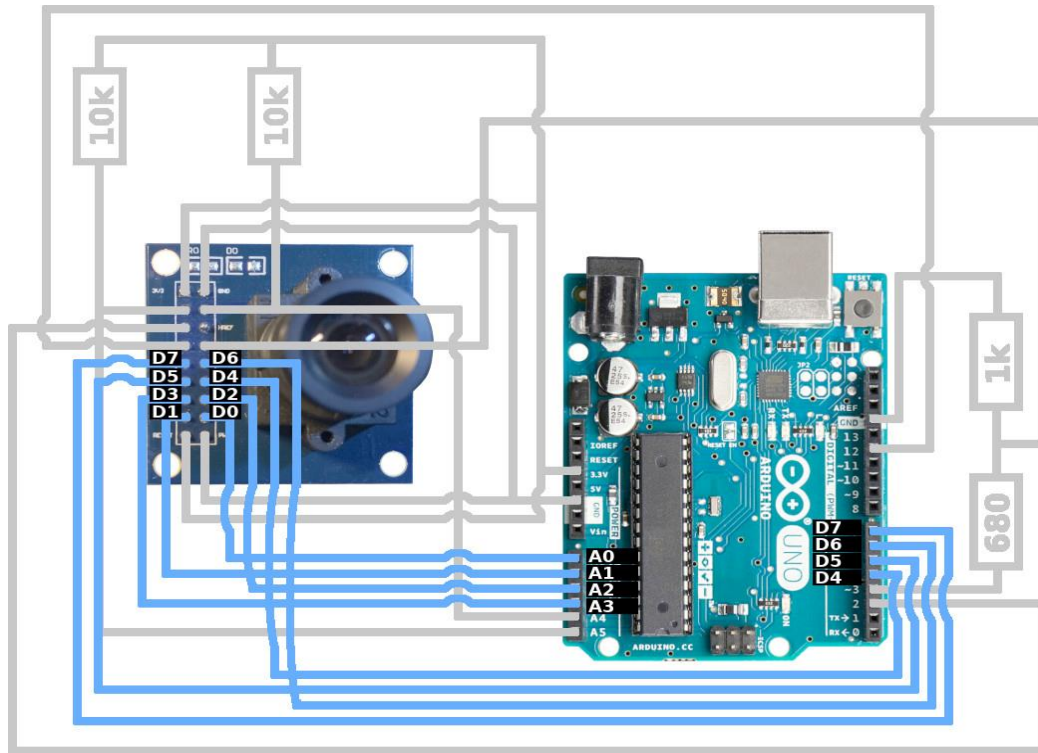


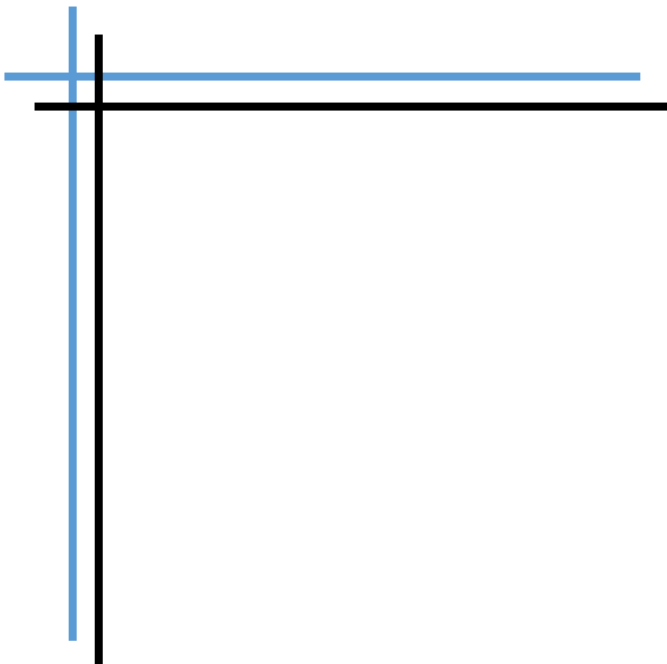
Figure III.22 : La deuxième partie des connexions de l'appareil photos.

III.7. CONCLUSION

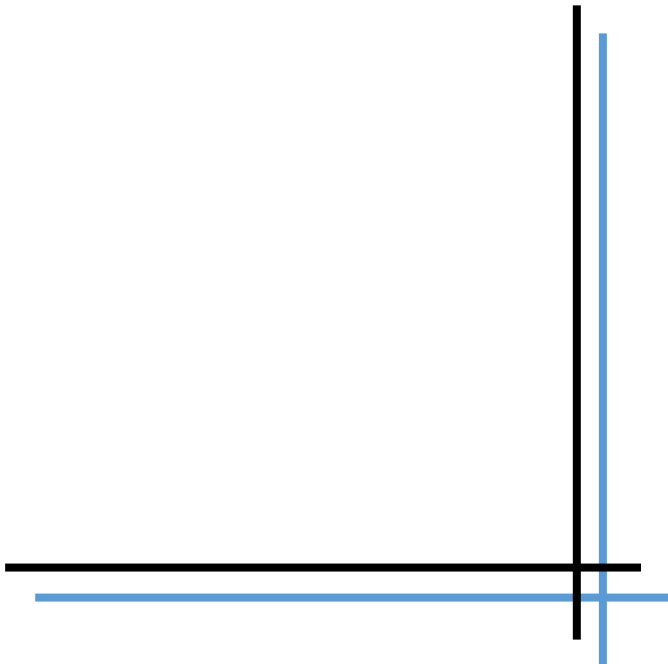
Dans ce chapitre nous avons présenté notre projet, en partant du robot articulé jusqu'à l'ensemble des équipements et des logiciels que nous allons utiliser afin de réaliser ce projet.

Nous avons parlé sur le protocole i2c et les types de communications.

Nous avons parlé aussi sur la méthode de raccordement du camera ov7670 avec la carte arduino uno en mentionnant toutes les étapes de raccordement.



CHAPITRE IV : SIMULATION ET RÉSULTAT PRATIQUE DU PROJET.



IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous avons présenté le prototype du projet et le principe de fonctionnement de l'ensemble robot manipulateur et la caméra ov7670 et le pc.

Tout d'abord, l'appareil photo ov7670 prend des photos réelles et en couleurs de la zone dans laquelle se trouve l'objet et les envoie à l'ordinateur via la carte arduino UNO.

Ces images capturées sont stockées dans l'ordinateur.

Après avoir stocké les images, nous les traitons à l'aide de logicielle Matlab.

Dans l'étape de traitement, l'ordinateur calcule les moments géométriques et le centre de gravité d'image sélectionnée (capturée) et les compare avec les moments géométriques et le centre de gravité d'image de référence.

Après les calculs l'ordinateur prend la décision :

Image acceptée ou image refusée.

Après la décision nous allons simuler notre robot dans Matlab et voir comment cela fonctionne.

Après la décision l'ordinateur communique avec la carte arduino MEGA qui contrôle le robot.

Cette communication est programmée en Matlab.

Le mouvement du robot est fonction de la décision prise sur l'ordinateur

Image acceptée : le robot saisit l'objet et le déplace vers la zone d'objet accepté.

Image refusée : le robot saisit l'objet et le déplace vers la zone d'objet refusé.

Lorsque le robot finit cette opération de déplacement d'objet le robot reviendra vers sa position initiale et attendre la prochaine tâche.

IV.2. L'ORGANIGRAMME DU PROJET

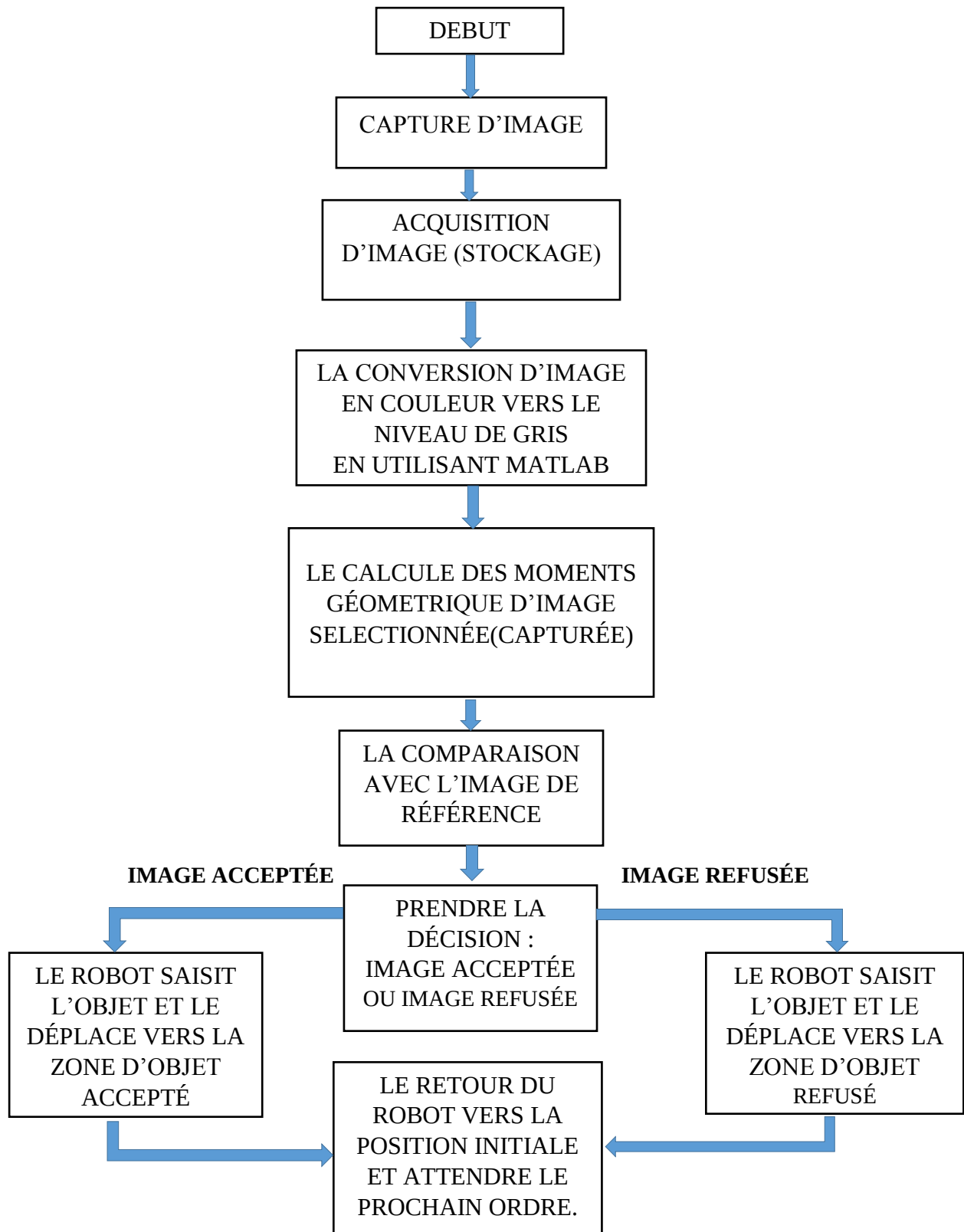


Figure IV.1 : L'organigramme du travail réalisé.

IV.3. LA DÉTECTION ET LA PRISE DES PHOTOS RÉELLES DES OBJETS

Plusieurs méthodes existent pour détection d'objet, nous choisis la plus simple qui la détection d'objet selon sa couleur par la caméra ov7670.

Nous utilisons le logiciel arduino avec les bibliothèques LiveOV7670Library et Adafruit_GFX_Library et l'application ArduImageCapture.1.1.

IV.4. LE TRAITEMENT SOUS MATLAB

Nous avons écrit un algorithme qui calcule les moments géométriques et le centre de gravité d'image.

Nous avons conçu une interface graphique MATLAB GUIDE pour donner plus de professionnalisme et améliorer le projet.

Cette interface graphique est créée pour la supervision et considérée comme une interface homme/machine.

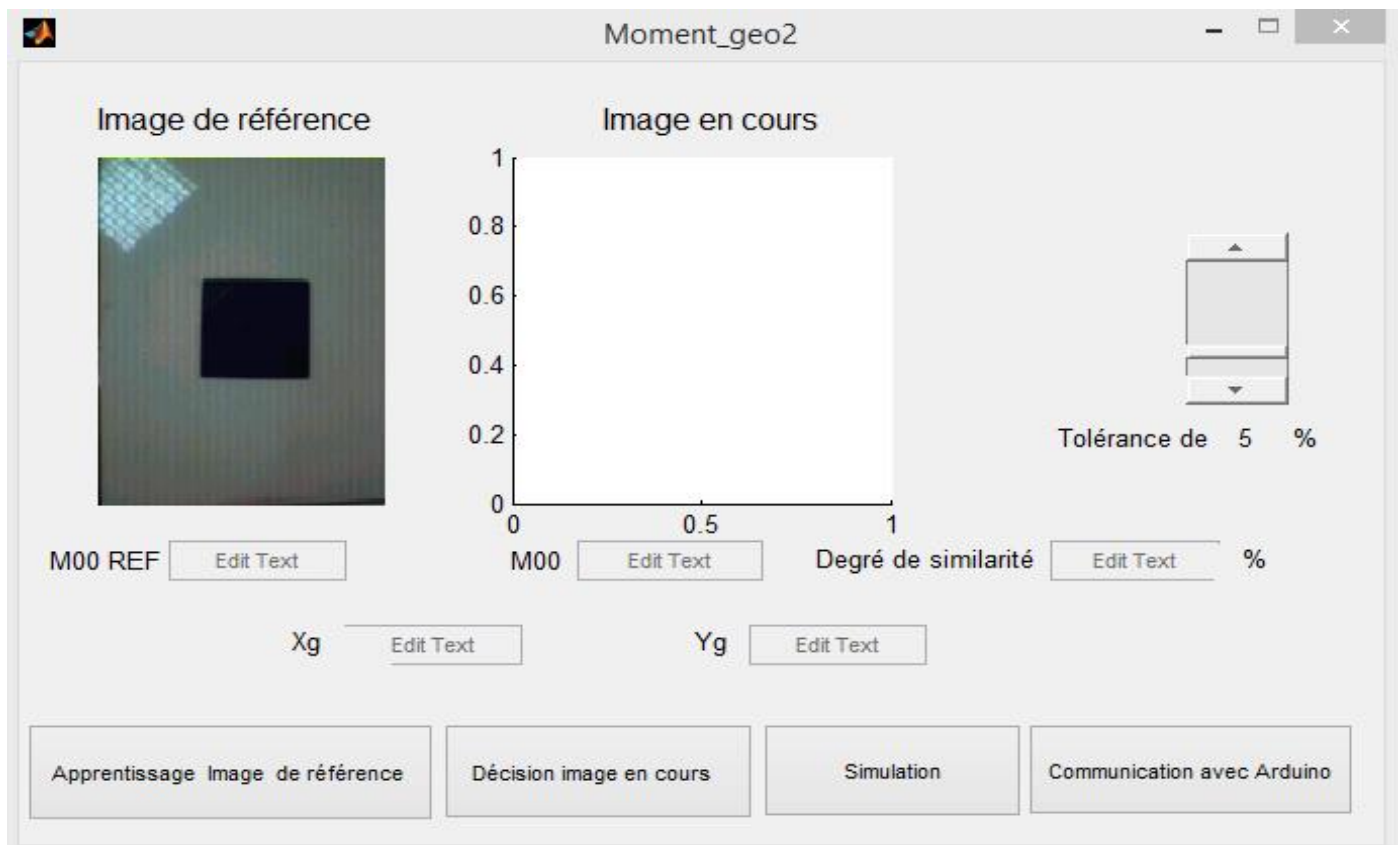


Figure IV.2 : L'interface graphique.

IV.4.1. Apprentissage d'image de référence

L'ordinateur via le logiciel Matlab calcule les moments géométriques et le centre de gravité d'image de référence et affiche le résultat dans l'interface graphique.

Centre de gravité = $\{X_g ; Y_g\}$.

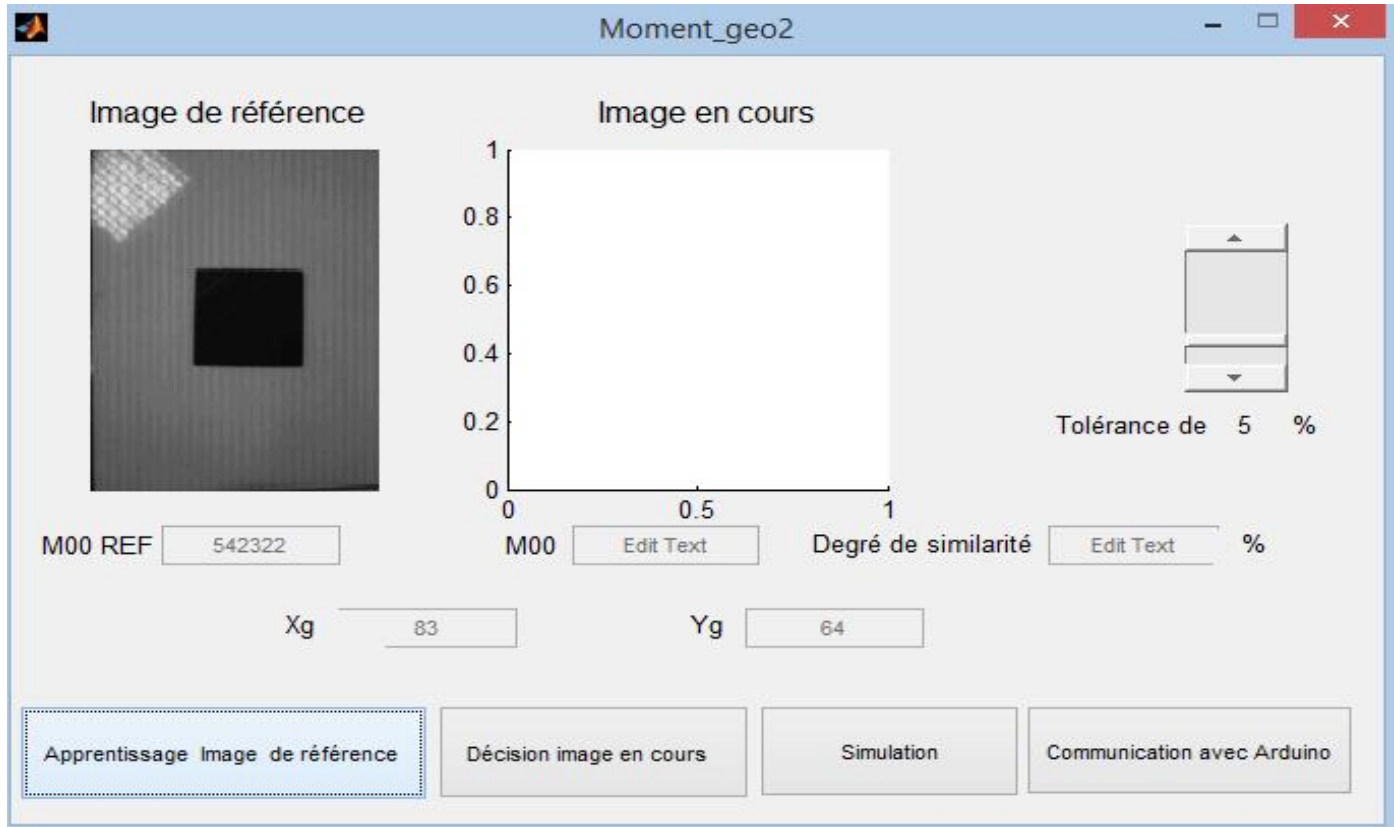


Figure IV.3 : L'affichage de centre de gravité d'image de référence.

IV.4.2. Décision d'image en cours

L'ordinateur via le logiciel Matlab calcule les moments géométriques et le centre de gravité d'image capturée (en cours) et les compare avec les moments géométriques et affiche les résultats dans l'interface.

Les résultats contiennent :

- ❖ M00 : les moments d'image de référence et d'image capturée.
- ❖ La décision : image acceptée ou refusée.
- ❖ L'affichage d'image capturée.
- ❖ Centre de gravité = $\{x_g ; y_g\}$ d'objet.
- ❖ L'affichage du degré de similarité.

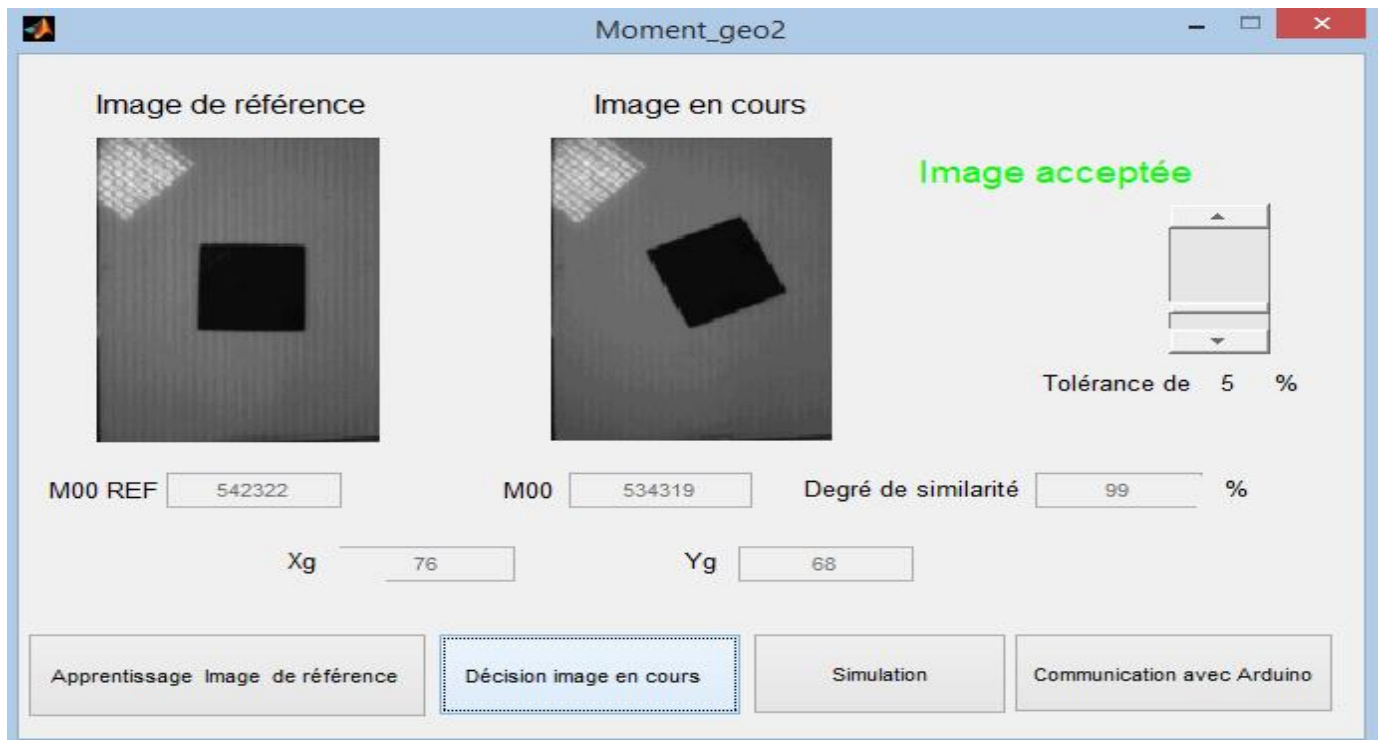


Figure IV.4 : La décision d'image en cours.

IV.4.2.1. Image acceptée

Si les moments géométriques d'image sélectionnées(capturée) = les moments géométriques d'image de référence.

L'ordinateur affiche les résultats suivants.

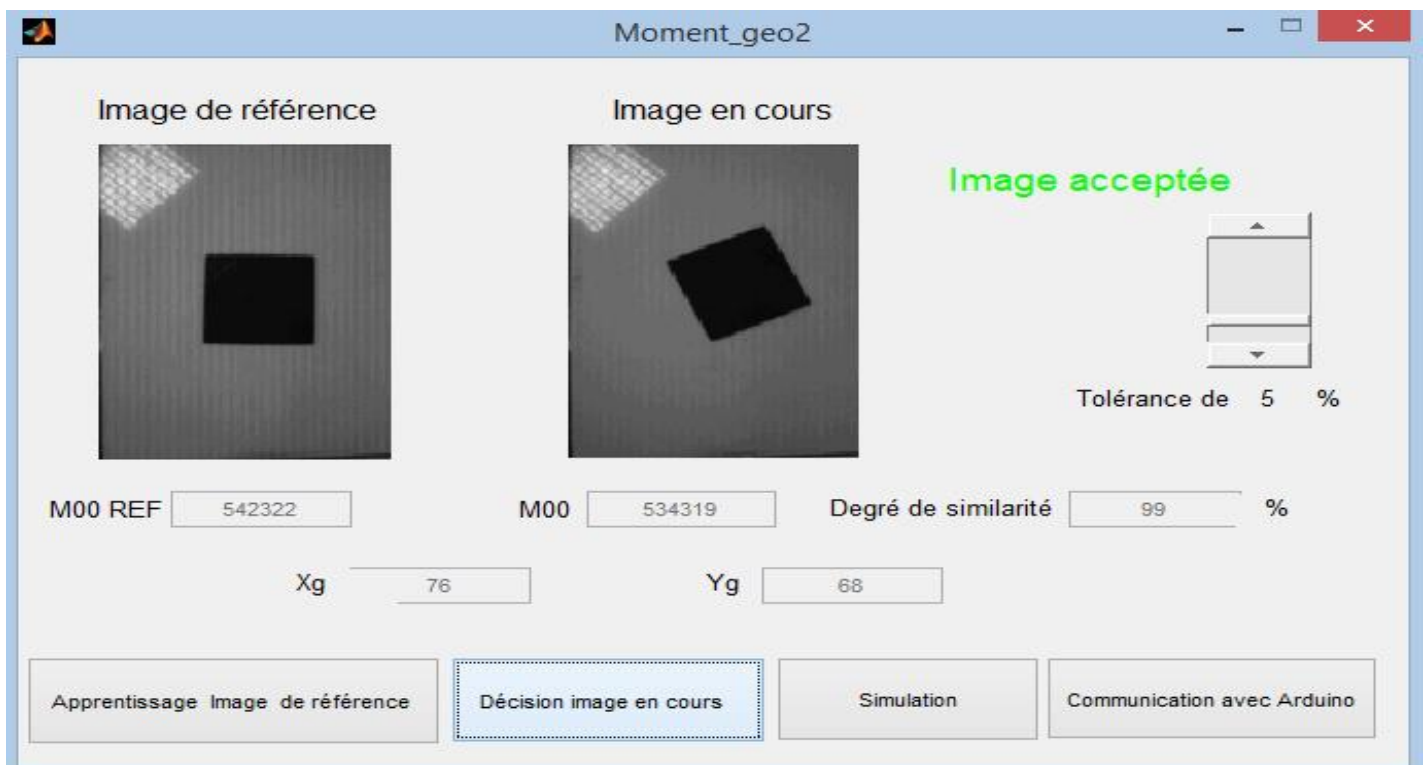


Figure IV.5 : Image acceptée.

IV.4.2.2. Image refusée

Si les moments géométriques d'image sélectionnées(capturée) $\neq$ les moments géométriques d'image de référence.

L'ordinateur affiche les résultats suivants.

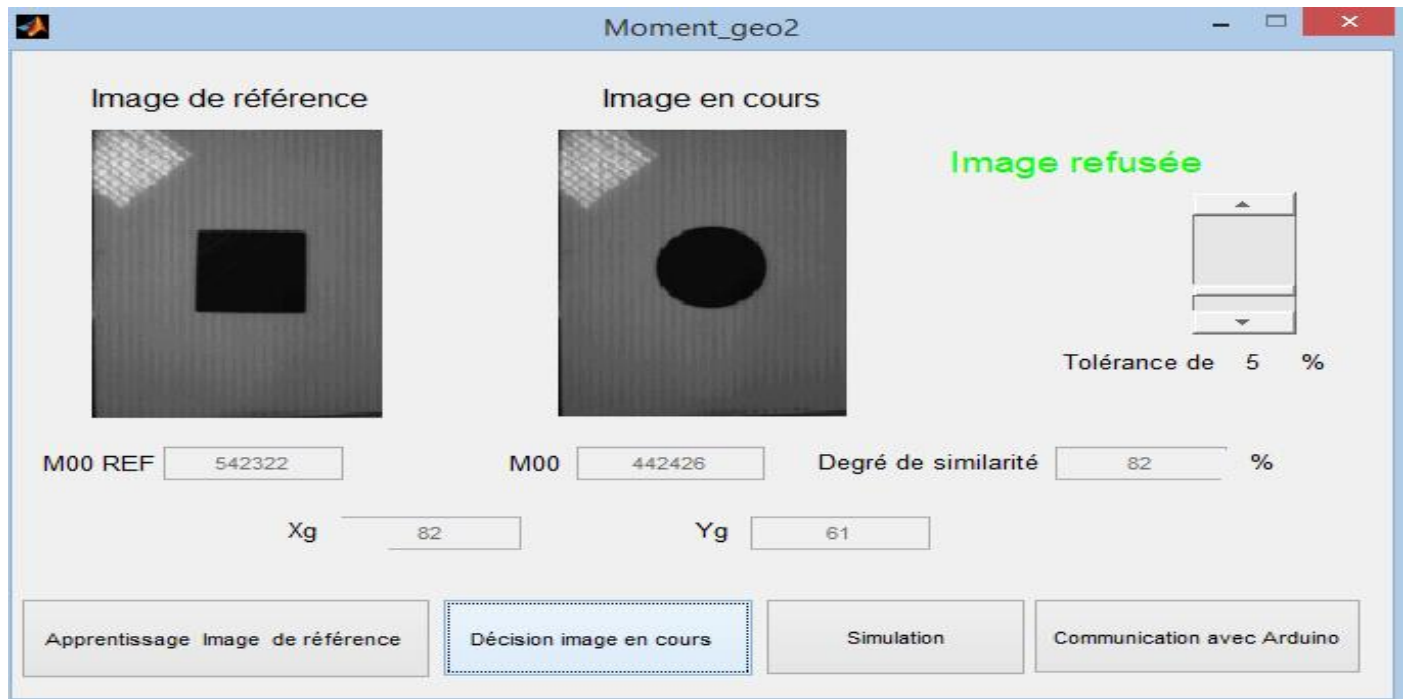


Figure IV.6 : Image refusée.

IV.4.3. La simulation du robot

Nous avons fait une simulation de robot dans Matlab en utilisant la bibliothèque robotics toolbox 9.5.

Cette bibliothèque a été créée par Peter Corke en 2012.

C'est une bibliothèque open source et très importante, elle dessine le robot et calcule le modèle géométrique direct et inverse. Il y a beaucoup d'avantages dans cette bibliothèque.

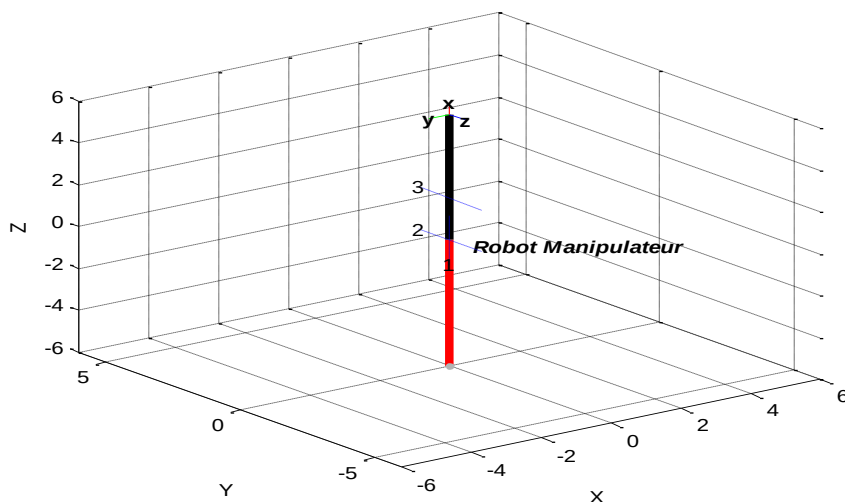


Figure IV.7 : Le robot en position initiale.

Cette bibliothèque contient également de nombreuses fonctionnalités comme l'affichage des paramètres de Denavit-Hartenberg.

```
>> Moment_geo3
Robotics, Vision & Control: (c) Peter Corke 1992-2011 http://www.petercorke.com
- Robotics Toolbox for Matlab (release 9)

Manipulateur_plan =

Robot Manipulateur (3 axis, RRR, stdDH)
+-----+-----+-----+-----+
| j |   theta |     d |     a |   alpha |
+-----+-----+-----+-----+
| 1 |    q1 |     0 |     0 |   1.571 |
| 2 |    q2 |     0 |     2 |     0 |
| 3 |    q3 |     0 |     4 |     0 |
+-----+-----+-----+-----+

grav =      0 base = 1 0 0 0 tool = 1 0 0 0
          0      0 1 0 0          0 1 0 0
        9.81      0 0 1 0          0 0 1 0
              0 0 0 1          0 0 0 1

tt =

0
```

Figure IV.8 : L'affichage de paramètres de Denavit-Hartenberg.

IV.4.3.1. Objet accepté

Dans ce cas le robot ramasse l'objet accepté

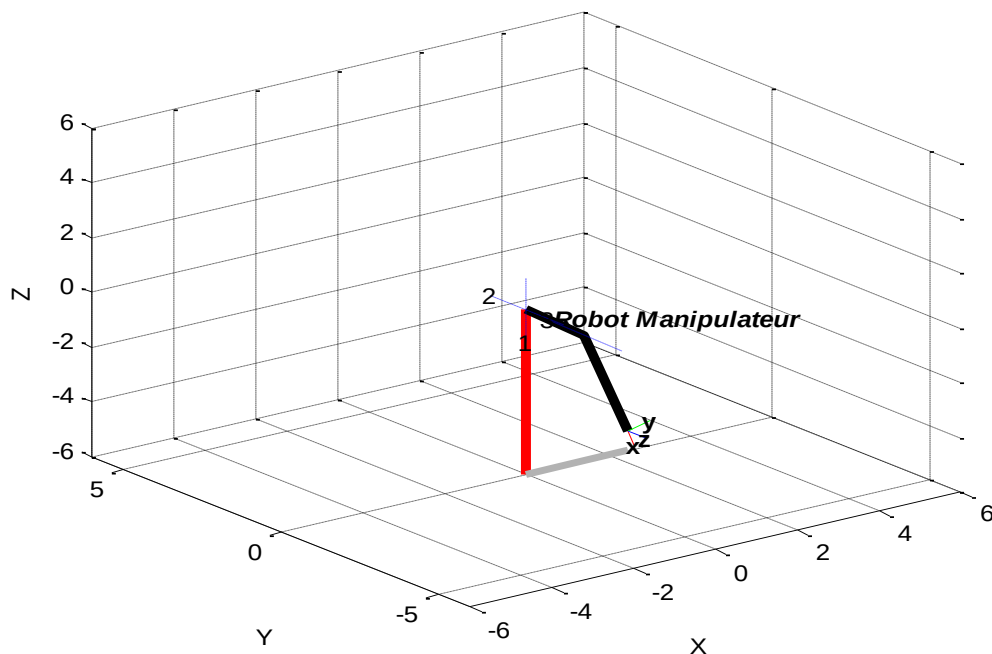


Figure IV.9 : Le robot ramasse l'objet.

Après le ramassage d'objet le robot déplace l'objet vers la zone des objets acceptables.

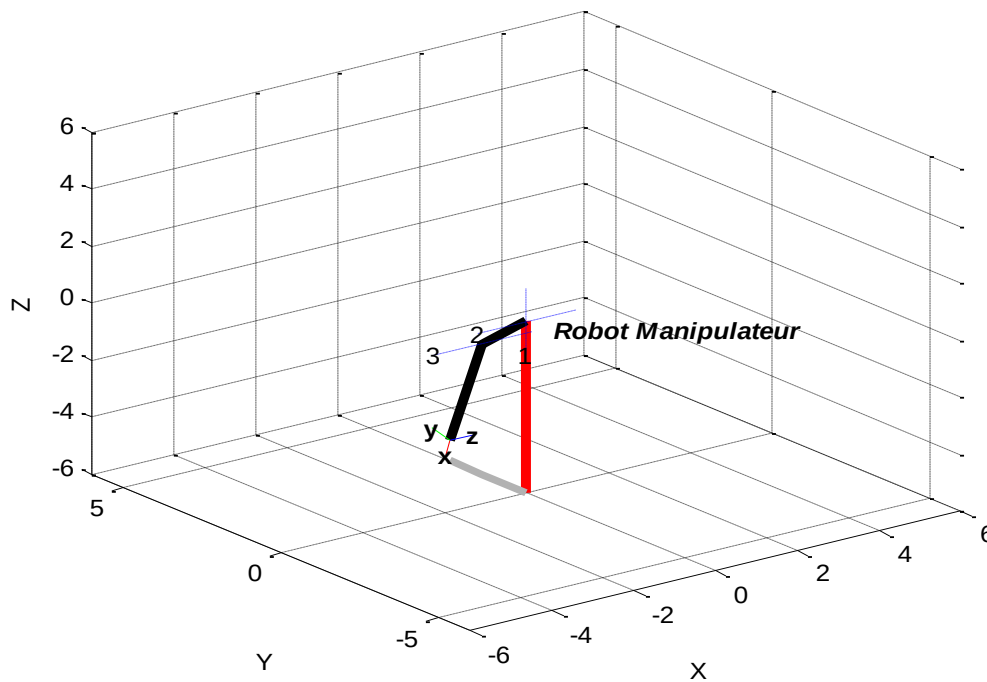


Figure IV.10 : Le déplacement d'objet accepté.

IV.4.3.2. Objet refusé

Dans ce cas le robot ramasse l'objet refusé

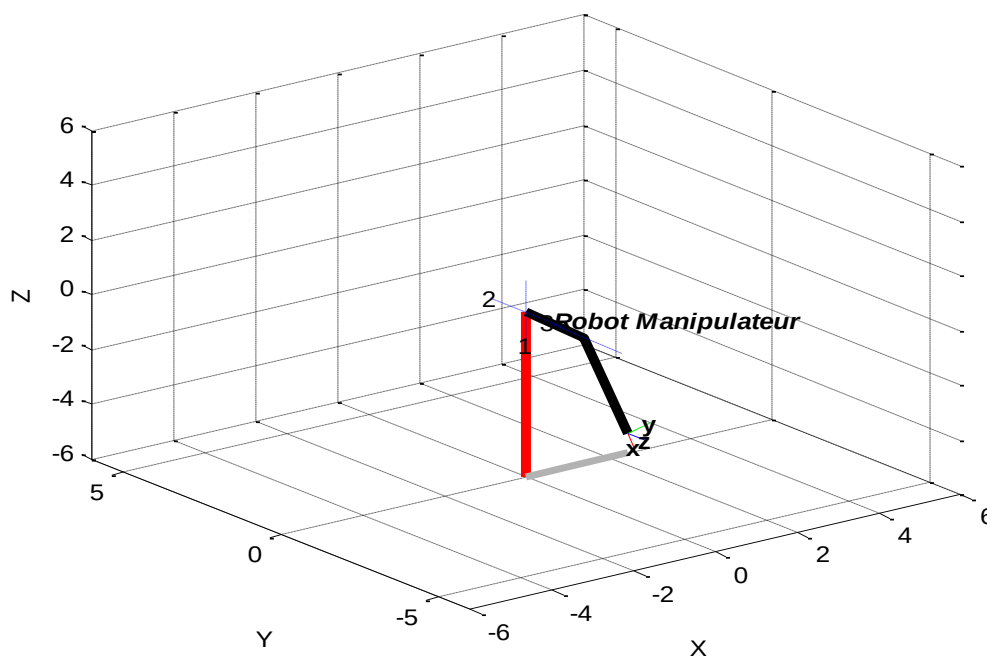


Figure IV.11 : Le robot ramasse l'objet.

Après le ramassage d'objet le robot déplace l'objet vers la zone des objets refusés.

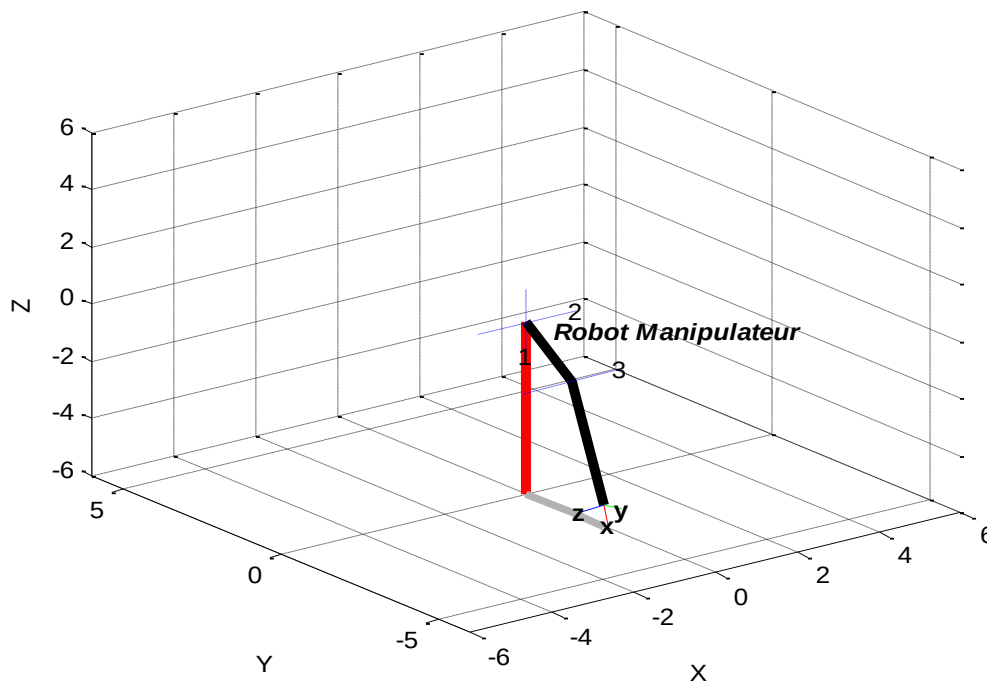


Figure IV.12 : Le déplacement d'objet refusé.

IV.4.3.3. Le retour du robot vers la position initiale

Lorsque le processus de transfert est terminé le robot revient à la position initiale et attendre le prochain ordre.

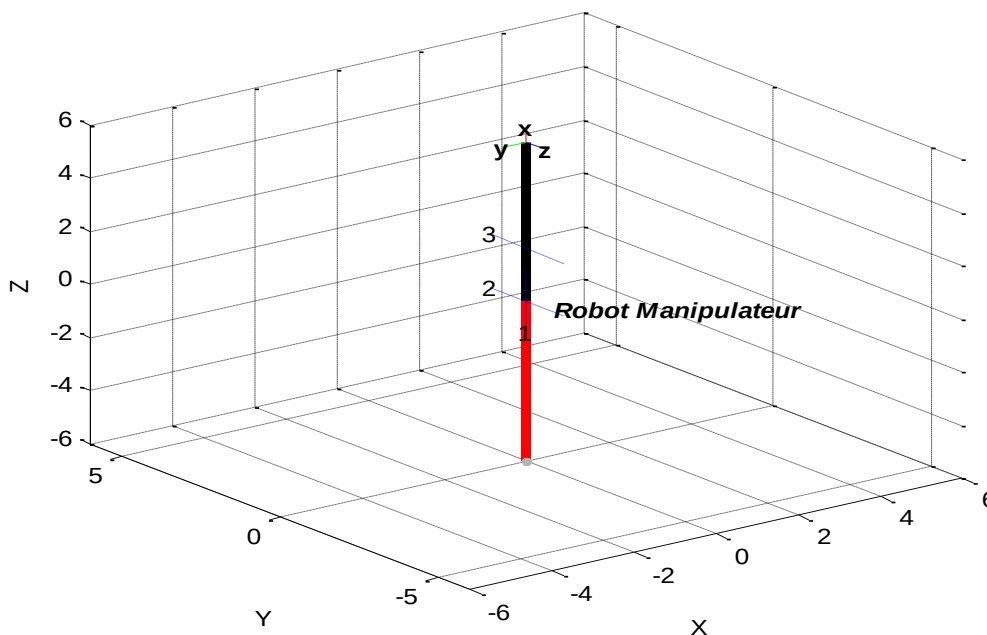


Figure IV.13 : Le retour du robot vers la position initiale.

IV.4.4. La communication avec arduino

Lorsque l'ordinateur finit les calculs, il fait une communication avec la carte arduino MEGA qui contrôle le robot.

Cette communication contient un ordre ou une instruction :

Objet accepté : le robot saisit l'objet et le déplace vers la zone d'objet accepté.

Objet refusé : le robot saisit l'objet et le déplace vers la zone d'objet refusé.

IV.5. LE PROTOTYPE FINAL DU PROJET

Dans cette dernière étape, nous atteints l'objectif, qui est de communiquer les informations de la caméra ov7670 au robot manipulateur à travers une interface homme/machine pour le tri des objets.

Les images suivantes présentent le prototype final du projet

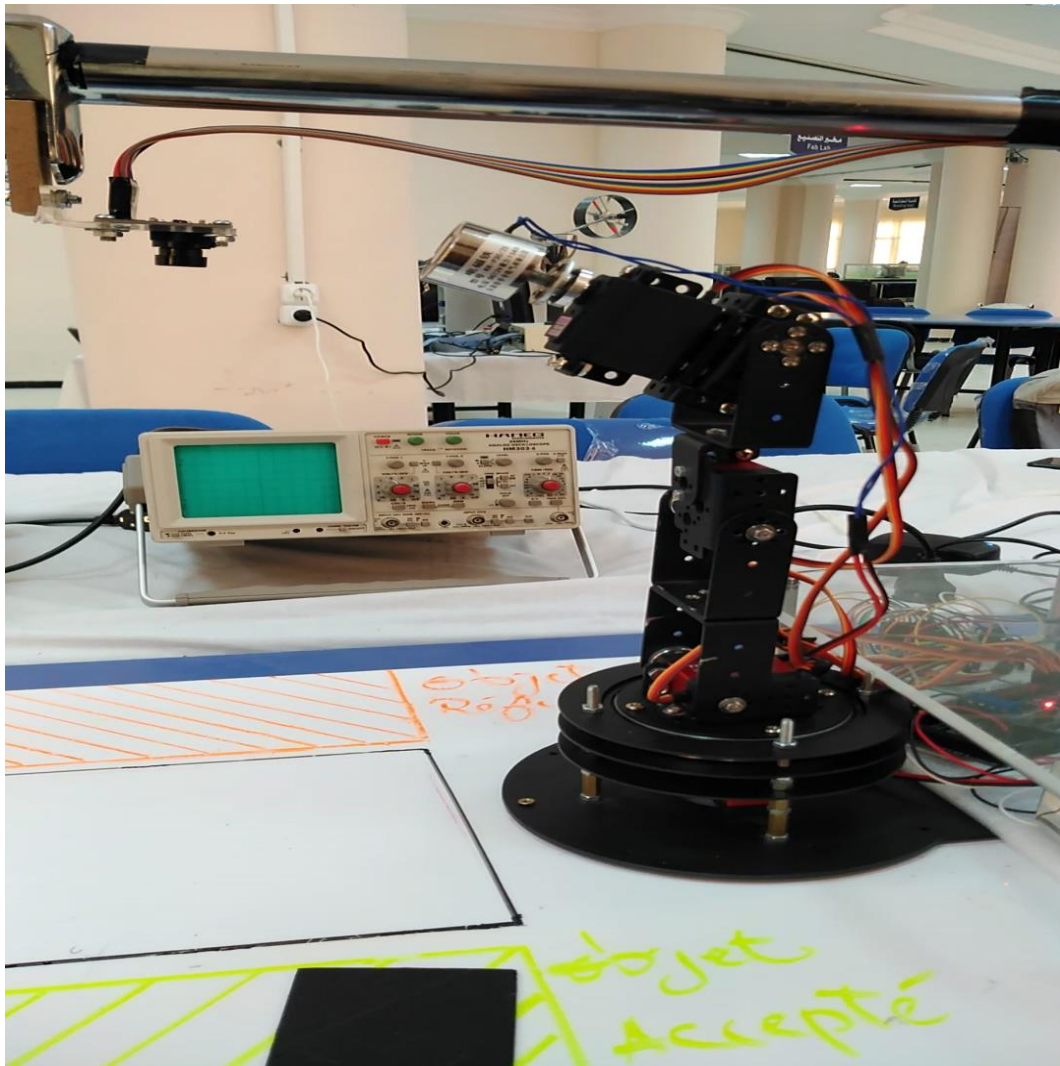


Figure IV.14 : Le prototype finale du projet.



Figure IV.15 : Le robot ramasse l'objet.

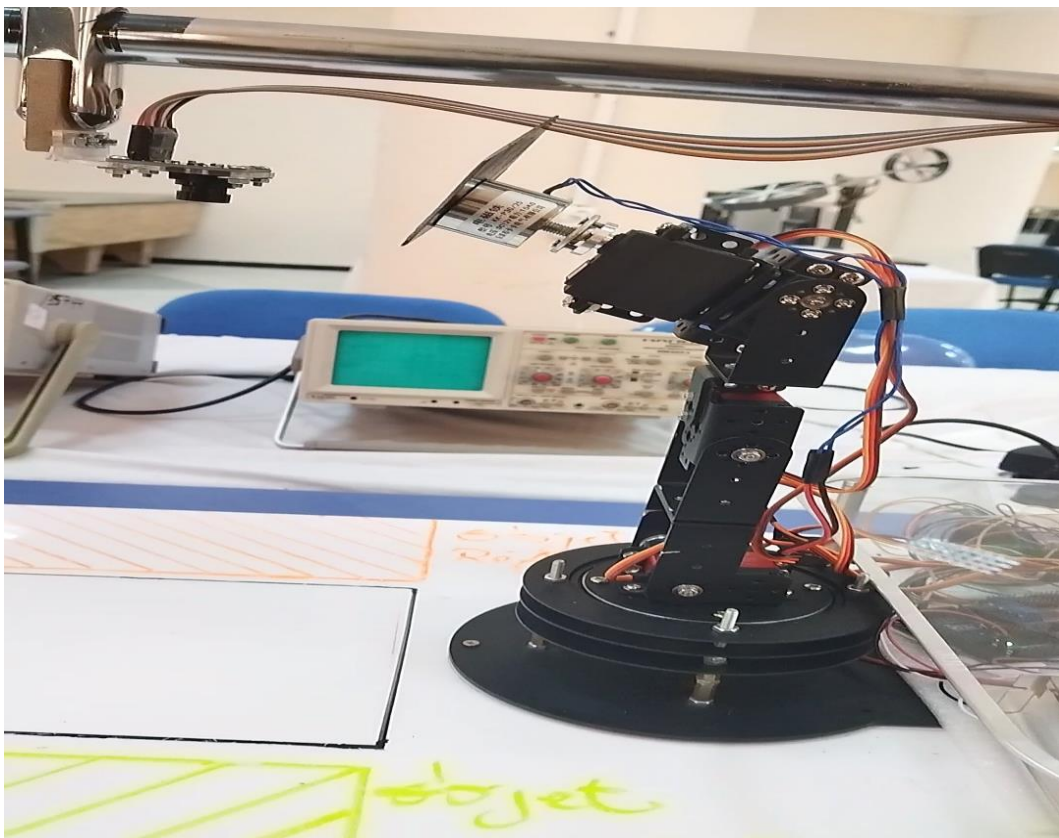


Figure IV.16 : Le robot ramasse l'objet.

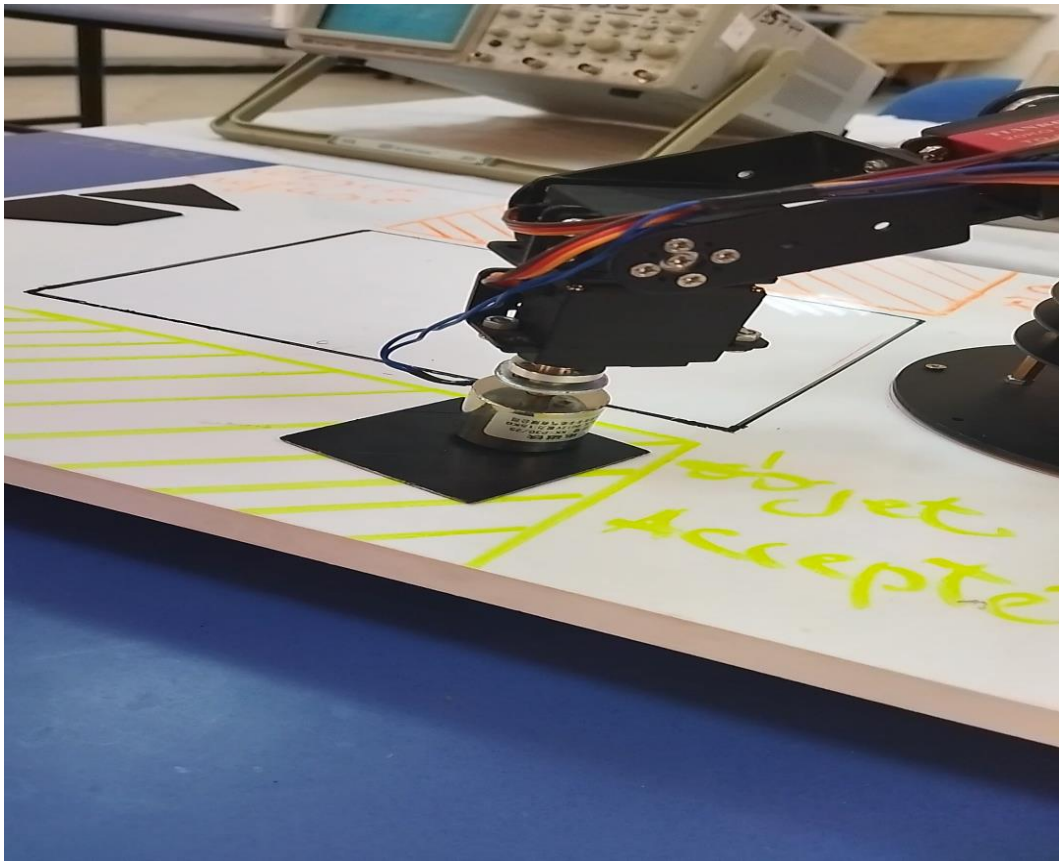


Figure IV.17: Le transfert d'objet vers la zone d'objet accepté.

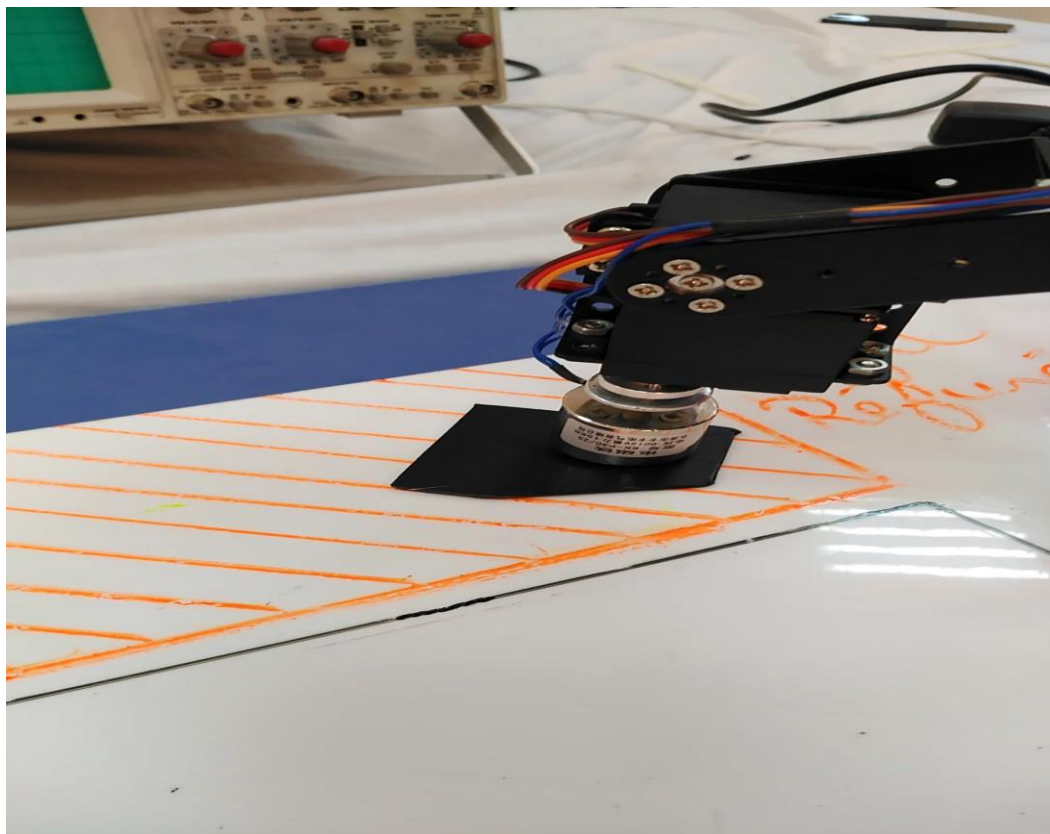


Figure IV.18: Le transfert d'objet vers la zone d'objet refusé.

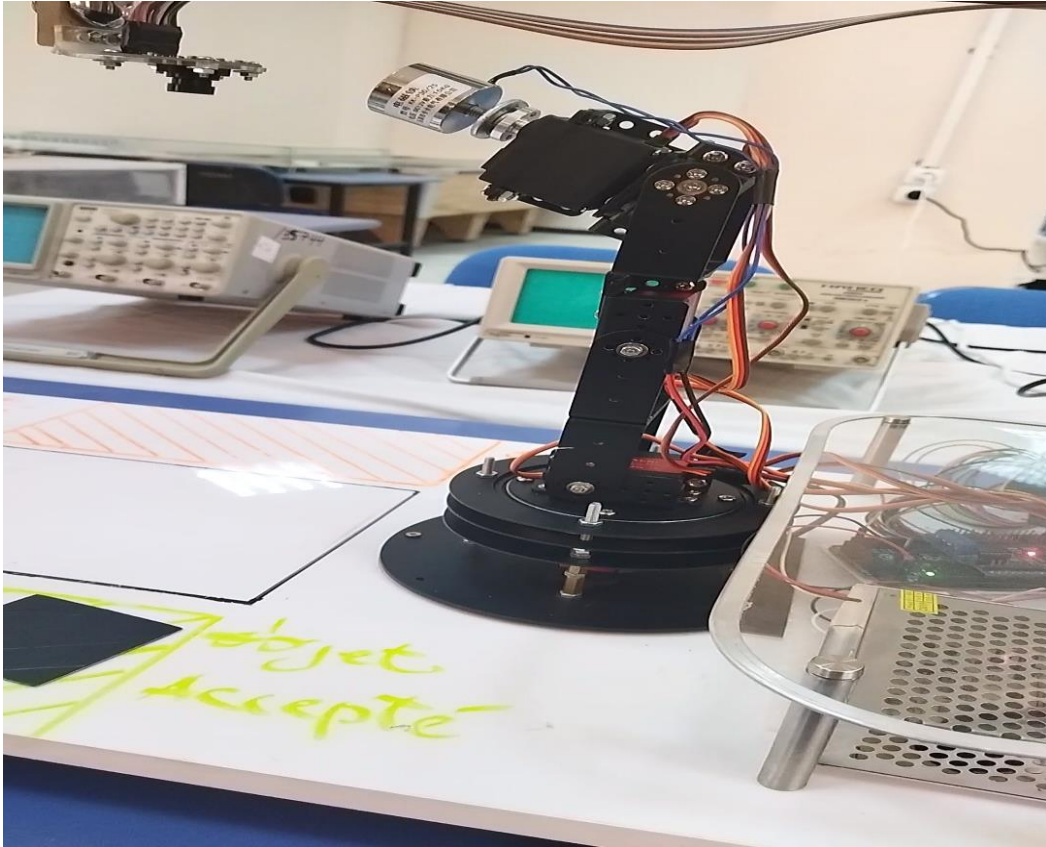


Figure IV.19: Le retour du robot vers la position initiale.

IV.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté les résultats du simulation, implémentation et validation de notre projet.

Les résultats obtenus montrant l'efficacité de l'architecture proposé pour la commande du robot par une caméra embarquer dans une tâche de tri les objets.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans ce travail, on a instauré de nouvelles solutions technologiques dans la commande des robots manipulateurs. Plus particulièrement, on a intégré les techniques de traitement des images, tels que la méthode des moments dans l'élaboration d'un control visuel pour un robot manipulateur. Ensuite, on a présenté une démarche méthodologique pour l'implémentation matérielle de cette commande sur un robot cible.

Le but de ce travail a été, en premier lieu d'améliorer les performances du contrôle d'un robot manipulateur par l'introduction des techniques de traitement des images. Dans un second lieu, de matérialiser la faisabilité et de juger la qualité du control proposé.

Dans cette mémoire, nous avons décrits essentiellement le développement, l'implémentation et la validation d'une commande pour un robot manipulateur dans une tâche de triée des objets à base d'une caméra embarquée.

L'originalité de notre travail a été de combiner les performances des cartes Arduino et la puissance de calcul de MATLAB, pour la définition d'une structure de contrôle réalisant le meilleur rapport simplicité/performance pour une tâche du control visuel d'un robot manipulateur.

Enfin, nous estimons que la solution proposée permet de trier les objets par un robot manipulateur avec une bonne performance en utilisant uniquement une caméra et sans utilisation d'autre capteurs dans le système. En suite dans la prochaine étape en espérant essayer la plateforme développée dans ce travail pour trier des objets dans un environnement industriel réel.

BIBLIOGRAPHIES ET RÉFÉRENCES

[1]. L'usine nouvelle, 30 juillet 2014(<http://www.usinenouvelle.com/article/bios-de-robots-unimate-le-premier-ouvrier-mecanique>. N276769).

Consulté le 14/06/2022.

[2]. Canal blog, février 2012

(<http://souspression.canalblog.com/archives/2012/02/01/13561147.html>).

consulté le 14/06/2022.

[3]. World Robotics 2012 – Industrial Robots. Executive Summary, p. 8-18. IFR Press Conference, Taipei, 30 Aug. 2012, 14 pp.

(http://www.worldrobotics.org/uploads/media/Executive_Summary_WR_2012.pdf)

(http://www.worldrobotics.org/uploads/tx_zeifr/Charts_IFR__30_August_2012.pdf).

Consulté le 14/06/2022.

[4]. BFMTV, « En Chine, les robots prêts à remplacer les humains pour révolutionner l'économie », sur *BFMTV* (consulté le 20 août 2018) (<https://www.bfmtv.com/economie/en-chine-les-robots-prets-a-remplacer-les-humains-pour-revolutionner-l-economie-1508560.html>).

Consulté le 14/06/2022.

[5]. OCDE, « Les risques d'automatisation des emplois varient considérablement suivant les régions à l'intérieur des pays », sur *ocde.org*, 18 septembre 2018(consulté le 12 octobre 2020)

(<http://www.oecd.org/fr/emploi/les-risques-d-automatisation-des-emplois-varient-considerablement-suivant-les-regions-a-l-interieur-des-pays.htm>).

Consulté le 14/06/2022.

[6]. Initiation à la robotique, Fabio morbidi Laboratoire MIS Équipe Perception et Robotique, Université de Picardie Jules Verne, 2016.

[7]. « OSHA Technical Manual (OTM) | Section IV: Chapter 4 - Industrial Robots and Robot System Safety | Occupational Safety and Health Administration », sur *www.osha.gov* (https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html#2).

Consulté le 14/06/2022.

[8]. (en-CA) Guarana-DIY, « The Top Six Types of Industrial Robots in 2020 », sur *DIY-Robotics*, 30 juin 2020 (<https://diy-robotics.com/blog/top-six-types-industrial-robots-2020/>).

Consulté le 14/06/2022.

[9]. « La robotique industrielle : guide pratique », sur *www.usinenouvelle.com* (<https://www.usinenouvelle.com/expo/guides-d-achat/robotique-industrielle-6>).

BIBLIOGRAPHIES ET RÉFÉRENCES

Consulté le 14/06/2022.

[10]. « Comment savoir si le robot SCARA est le bon choix pour votre application », sur www.fanuc.eu (<https://www.fanuc.eu/fr/fr/robots/page-de-filtre-des-robots/scara-series/selection-support>).

Consulté le 14/06/2022.

[11]. « Encyclopédie Larousse en ligne - intelligence artificielle », sur [larousse.fr](http://www.larousse.fr) ([Http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257](http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/intelligence_artificielle/187257))

Consulté le 14/06/2022.

[12] Russell, S. et Norvig, P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.)*, Prentice Hall, 2003, 932 p. (ISBN 0-13-790395-2), section 1.1.

[13]. Véronique AUBERGE, Université Grenoble-Alpes, France.

<https://www.coboteam.fr/wp-content/uploads/jitec210-enjeux-ia-robotique-1.pdf>.

Consulté le 16/06/2022.

[14]. Cours traitement d'image, chapitre3, université de biskra,2003.

[15]. OUCHEFOUN Nassima, SID-AHMED Yasmine, ‘‘Réalisation d’un robot mobile avec vision intelligente embarquée’’ mémoire de Master en Automatique, option Automatique, Département d’Electronique, Université de Blida, Session 2017/2018.

[16]. M. K. Hu, "Visual Pattern Recognition by Moment Invariants", IRE Trans. Info. Theory, vol. IT-8, pp.179–187, 1962.

[17]. J. Flusser: "On the Independence of Rotation Moment Invariants ", Pattern Recognition, vol. 33, pp. 1405–1410, 2000. (<http://library.utia.cas.cz/prace/20000033.pdf>).

Consulté le 14/06/2022.

[18]. J. Flusser and T. Suk, "Rotation Moment Invariants for Recognition of Symmetric Objects ", IEEE Trans. Image Proc., vol. 15, pp. 3784–3790, 2006. ([Http://library.utia.cas.cz/separaty/historie/flusser-rotation%20moment%20invariants%20for%20recognition%20of%20symmetric%20objects.pdf](http://library.utia.cas.cz/separaty/historie/flusser-rotation%20moment%20invariants%20for%20recognition%20of%20symmetric%20objects.pdf)).

Consulté le 14/06/2022.

[19]. <https://fr.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

consulté le 29 may 2022.