

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

FACULTE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE ELECTRONIQUE
N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE
FILIERE : ELECTRONIQUE
OPTION : TÉLÉCOMMUNICATIONS

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: RAHLI Boubaker

ADJABI Kamel

Intitulé

Etude et adaptation d'un bras manipulateur
En traitement d'image à trois degrés De liberté

Soutenu devant le jury composé de:

	Université de M'Sila	Président.
Dr. KETFI Mohammed el Amin	Université de M'Sila	Rapporteur.
	Université de M'Sila	Examineur.

Année universitaire : 2017 /2018

I.A : Remerciements

Je remercie en premier mon dieu le tout puissant de ma avoir accordé la volonté et le courage pour réaliser cette mémoire.

Je voudrais saluer et remercier ici les personnes qui ont contribué, toutes dans des manières très différentes, à la réussite de ma thèse.

Mes premiers remerciements vont à Dr. Mr KETFI Mohammed el Amine, mon encadré et, pour toute son aide précieuse, sa disponibilité, son support sans faille et surtout sa confiance en moi tout au long de ma thèse. Je le remercie aussi pour ses qualités humaines, il a su me motiver et m'accompagner dans ce projet jusqu'à la fin.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du jury qui ont bien voulu consacrer de leur temps à l'examen de ce notre travail.

Notre profonde gratitude à tous les Enseignants du Département d'Electronique qui nous ont encouragés à donner le meilleur de nous-mêmes en nous assurant une formation aussi meilleure que possible.

Un remerciement spécial aux Etudiants d'Electroniques et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement à ce travail

Je dédie ce travail à mes chers parents qui ont toujours été là pour moi, cela m'a donné un merveilleux modèle de corvée persévérance.

A ma chère mère qui éclaire mon chemin dans le témoignage de ma propre une profonde gratitude et une gratitude indiscutable tous les sacrifices qui me satisfont donne-moi tout l'amour qui m'entoure.

A mon cher père qui m'a conduit sur le bon chemin

A mon compagnon qui était avec moi dire que cela fera toujours de grands hommes Merci de l'encourager, son soutien moral en m'exprimant gratitude.

Qu'Allah te protège et aux soins.

I.C : SOMMAIRE

I.A: Remerciements.....	A
I.B :Dédicaces	B
I.C: Sommaire.....	C
I.D: Liste des figures.....	D
I.E: Introduction générale	E

CHAPITRE I : BRAS MANIPULATEUR

I. 1. Introduction	02
I. 2. Objectifs de la robotisation	02
I. 3. Généralités sur les robots manipulateurs	03
I.3.1. Définition de base	03
I.3.2. Caractérisation d'un robot	04
I.3.3. Classification des robots	05
I. 4. Robot manipulateur articulé	05
I. 4. 1. Espace de travail du manipulateur articulé.....	07
I. 5. Description des actionneurs	07
I.5.1. Avantages des actionneurs électriques	08
I.6. Modélisation cinématique	08
I. 6. 1. Problèmes de Position/Orientation en Robotique	09
I.6.2. Notion de position	10
I.6.2.1. Coordonnées cartésiennes.....	10
I.6.2.2. Coordonnées cylindriques	11
I.6.2.3. Coordonnées sphériques.....	12
I. 6. 3. Cinématique	12
I.6.3.1. Cinématique directe.....	13
I.6.3.2. Cinématique inverse.....	15
I. 7. Architecture des robot	16
I. 7 .1. La base.....	16
I. 7. 2. Le porteur	16
I. 7. 3. Segment.....	16
I. 7. 4. Articulation	16
I. 7. 5. Articulation rotoïde	16

I. 8. Robots programmables	16
I. 8. Conclusion	17

CHAPITRE II : LA COMMANDE VISUELLE

II. 1. Introduction	19
II. 2. Etat de l'art de la commande visuel	19
II.2.1. Avantages de la vision	20
II. 3. Configuration robot système de vision	20
II. 4. Développement du système de vision	21
II.4.1. Conception de la lentille	22
II. 4. 2. Caméras	23
II. 4. 2. 1. Caméras simples (traditionnelles)	23
II. 4. 2. 2. Caméras CCD.....	23
II. 4. 2. 3. Caméras CMOS	24
II. 4. 2. 4. Caméras panoramiques.....	24
II. 4. 3. Vidéo	25
II. 4. 4. Traitement d'images	25
II. 4. 4. 1. Définition d'une image.....	25
II. 4. 4. 2. Pixel	25
II. 4. 4. 3. Résolution	26
II. 4. 4. 4. Espace de couleur	26
II. 4. 4. 5. Système RGB	26
II. 4. 4. 6. Système de représentation YCrCb	26
II. 4. 4. 7. Arithmétique de l'image	28
II. 4. 4. 8. Binarisation	28
II. 4. 4. 9. Les avantages de la binarisation sont multiples	29
II. 4. 4. 10. Opérateur morphologiques pour l'amélioration des images binair.....	30
II. 4. 4. 11. dilatation	31
II. 4. 4. 10. Autres applications de traitement d'images	32
II. 5. Conclusion.....	33

CHAPITRE III : RESULTATS DE CONCEPTION

III.1. Introduction	35
III. 2. Commande visuelle.....	35
III. 3. Transformation RGB vers YcbCR	35
III. 4. Extraction du plan de la chrominance rouge	36
III. 5. Binarisation des images	37
III. 6. Application des opérateurs morphologiques	38
III. 7. Calcul des coordonnées du centre de gravité de la cible	38
III.7.1 Algorithme de calcul des coordonnées du centre de gravité	40
III. 7. 2. Calcul des coordonnées	40
III. 8. Partie programmation	42
III. 8. 1. Phase de programmation par Matlab	42
III. 9. Conclusion	43
Conclusion générale	44
Perspectives	44
Références	45

I. D : Liste des figures + tableau

Chapitre I

Fig. I.1 : Structure générale d'un système robotique.....	03
Tab. I. 2 : classification des robots manipulateurs	05
Fig. I. 2 : Structure générale d'un bras manipulateur.....	06
Fig. I. 3 : représentation le chaine cinématique.....	06
Fig. I.4 : Espace de travail d'un bras manipulateur.....	07
Fig.1.5 : vecteur position et projection.....	09
Fig. I.6 : Orientation d'un solide dans l'espace.....	10
Fig. I .7 : Système de coordonnées cylindrique.....	11
Fig. I .8 : Système de cordonnées sphérique.....	12
Fig. I .9 : Planaire de robot de deux liens.....	13
Fig. I.10 : Armature de robot de deux liens.....	14

Chapitre II

Fig. II.1 : Différents types de configurations robot-caméra.....	20
Tab. II.1: chaine de traitement de l'information.....	21
Fig. II.2 : Modèle d'une lentille mince.....	22
Fig. II. 3 : schéma illustratif d'une image couleur.....	26
Fig. II.4 : Représentation graphique de l'espace de couleurs RGB.....	27
Fig. II.5 : Espace de couleurs YCbCr.....	28
Fig. II.6 : binarisation basée sur l'histogramme.....	29
Fig. II.7 : Illustration d'une image avant et après binarisation.....	30
Fig. II.8 : image sémantique de binarisation.....	30
Fig. II.9 : Enchaînement d'une application de vision.....	32

Chapitre III

Fig.III.1 : Extraction du plan Cr (chrominance rouge).....	36
Fig.III. 2: centre de gravité (chrominance rouge).....	36
Fig.III. 3 : Histogrammes du plan RGB et du plan Cr.....	37
Fig.III. 4 : Binarisation de l'image.....	37
Fig. III. 5: Effet des opérateurs morphologiques sur les images binaires.....	38
Fig.III. 6 : Extraction du centre gravité (le balai centre).....	39
Fig. III. 7 : calcul du centre de gravité.....	40
Fig. III. 8. Relation entre les distances par rapport à une lentille.....	41
Fig. III. 9. Organigramme de détection et de localisation de cible.....	42

I. E. Introduction générale

Historiquement, les origines de la robotique : depuis l'antiquité les hommes ont créé des automates et cherché à reproduire les mouvements des êtres vivants, les automates de l'antiquité étaient des appareils renfermant des dispositifs mécaniques qui leurs permettaient de reproduire certains mouvements humains sans aucune intervention humaine, au départ, les automates étaient simples mais l'homme n'a jamais cessé de s'intéresser à la robotique et, au fil des siècles, la technologie des automates a beaucoup évolué, à la renaissance, les gens se sont même habitués à la présence des automates dans leur quotidien comme les horloges des églises, Philippe duc d'arroyo a même fait construire un jardin peuplé d'automates comme des musiciens ou des oiseaux, au 17ème siècle, la science des automates atteint son apogée notamment avec la création de l'automate androïde, en effet, cet automate était considéré à l'époque comme la perle de la technologie car il savait dessiner, écrire, jouer d'un petit instrument de musique et était parfois même capable d'articuler quelques mots; et tout ça sans électricité bien sur! au 19ème siècle, les automates sont devenus à un prix abordable, beaucoup de personnes se sont mises à en acheter mais les considéraient plus comme des objets de collectionna puis, les automates virent arriver l'électricité, cette découverte les changea complètement, certains furent, remontés, les grands magasins les ont mis en vitrine pour faire de la publicité. [A]

Quand on parle de robotique, plusieurs idées viennent à l'esprit de chacun de nous, nous pourrions nous référer aux premiers concepts et automates de l'antiquité ou aux premiers robots comme à des personnages de la mythologie, c'est à siècle dernier que l'éclatement, de la robotique industrielle a amorcé l'explosion des thèmes de recherche, à cette époque les robots étaient conçus en respectant les contraintes imposées par le milieu industriel, comme la respectabilité et la précision des tâches est avec les développements scientifiques, spécifiquement de l'électronique et de l'informatique mais aussi automatique, mathématique, mécanique, matériaux, que la technologie robotique a progressé, les robots actuels sont dotés d'une intelligence qui leur donne une certaine autonomie qui va leur permettre de se diffuser dans de nouveaux domaines, un robot de soudage la robotique est officiellement comme un contrôle automatique, reprogrammable, polyvalent manipulateur programmable dans trois axes, sont considérés précise du robot est un système automatique mécanisé capable d'effectuer une ou plusieurs tâches dans un environnement donné, c'est une machine programmable capable d'exécuter diverses tâches répétitives, et en principe, d'adapter son comportement à certains et événements perturbant le fonctionnement nominal prévu : les tâches peuvent être de type point à point ou de type continu : suivie de courbes, suivi de surfaces, les premières correspondent aux procédés les plus répandus dans l'industrie manufacturière dont le

soudage par résistance, la palettisation, le perçage et la manutention, tandis que les secondes, elles correspondent aux procédés de soudage à l'arc, collage, découpe, projection peinture.

Les robots manipulateurs se substituent à l'homme ou prolongent son action en apportant précision, rapidité ou capacité à appliquer d'importants efforts, ils sont généralement constitués d'un bras manipulateur plus ou moins anthropomorphe mis en mouvement par des actionneurs électriques, ou hydrauliques et pneumatiques, par rapport à leurs concurrents hydrauliques pneumatiques. les actionneurs électriques présentent un certain nombre d'avantages parmi lesquels :

- ❖ Une énergie facilement disponible, s'obtient à partir du secteur, soit à partir de batteries pour les engins autonomes.
- ❖ Une adaptation aisée de l'actionneur et de son commandement du fait de la nature électrique de l'ensemble des grandeurs, des caractéristiques similaires.

Dans ce sens, notre travail consiste à faire la conception d'un bras manipulateur, permettant la détection et le ramassage des objets, il est commandé, le bras manipulateur est équipé d'une caméra permettant la détection et la localisation des cibles prédéfinies.

Ce mémoire est décomposé en trois chapitres :

- ❖ Dans le premier chapitre, nous intéressons aux méthodes de commande des bras manipulateurs ainsi que la présentation du bras utilisé puis nous avons justifié notre choix de commande numérique à bras de microcontrôleurs.
- ❖ Le deuxième chapitre est dédié à l'étude du traitement d'image et la détection de cible, pour ce faire nous passerons en revue les différents types de caméras ainsi que leurs principes de fonctionnement et leurs avantages, la classification de ces derniers, nous permettra ensuite de sélectionner la structure la mieux adaptée à l'application considérée.
- ❖ Enfin, le Troisième chapitre consacré à la logique et matérielle du bras, ou les différents organigrammes régissant le fonctionnement de la commande ainsi que les outils de développements utilisés cet effet sont décrits.

CHAPITRE

1

Bras Manipulateur

Résumé

Dans ce chapitre, nous avons vu dans la partie théorique d'un robot manipulateur et le capteur ultrasonique.

SOMMAIRE

I. 1. Introduction	2
I. 2. Objectifs de la robotisation	2
I. 3. Généralités sur les robots manipulateurs	3
I. 4. Robot manipulateur articulé	5
I. 5. Modélisation cinématique	7
I. 5. Description des actionneurs	8
I. 7. Conclusion	16

I. 1. Introduction

La découverte de la conception, de la fabrication et du contrôle des bras manipulés a été rendue possible par des connaissances scientifiques et techniques en mécanique et en techniques électriques, ces machines sont destinées à augmenter les possibilités de l'homme pour rapidité de ses déplacements et de ses actions, et pour l'amplification de sa force et de son champ d'action, notamment dans l'accomplissement de tâches pénibles, dangereuses et répétitives, les fonctions généralement concernées sont :

- ❖ le déplacement à plus ou moins longues distances sur terre, sur mer, dans l'air et sous l'eau.
- ❖ La manipulation au sens large du terme :
 - Déplacer un outil pour saisir des objets ou de la matière, les transporter et les déposer
 - Exercer des efforts sur l'environnement
- ❖ La combinaison des deux fonctions précédentes.
- ❖ Fonctionnellement un système robotisé se décompose en deux sous ensembles :
 - Le bras manipulateur : qui agit sur l'environnement, son état est mesuré par capteurs et modifié par actionneurs.
 - Le système de commande : il comprend les cartes électroniques qui réalisent
 - L'asservissement des articulations aux positions de consignes de vitesses qui sont convertis et envoyées aux variateurs pilotant les actionneurs.

I. 2. Objectifs de la robotisation

Parmi les objectifs de la robotisation on peut citer :

- ❖ Adaptation à un environnement hostile pour l'homme.
- ❖ Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme.
- ❖ Augmentation de la sécurité.
- ❖ Adaptation à des contextes particuliers.
- ❖ Amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure répétitivité de la valeur ajoutée
- ❖ Amélioration de la flexibilité du produit [1]

I. 3. Généralités sur les robots manipulateurs

I. 3. 1. Définition de base

- ❖ **Système robotique** : C'est un système mécanique poly-articule muni des actionneurs et commandé par un ordinateur qui est destiné à effectuer une grande variété de tâches.

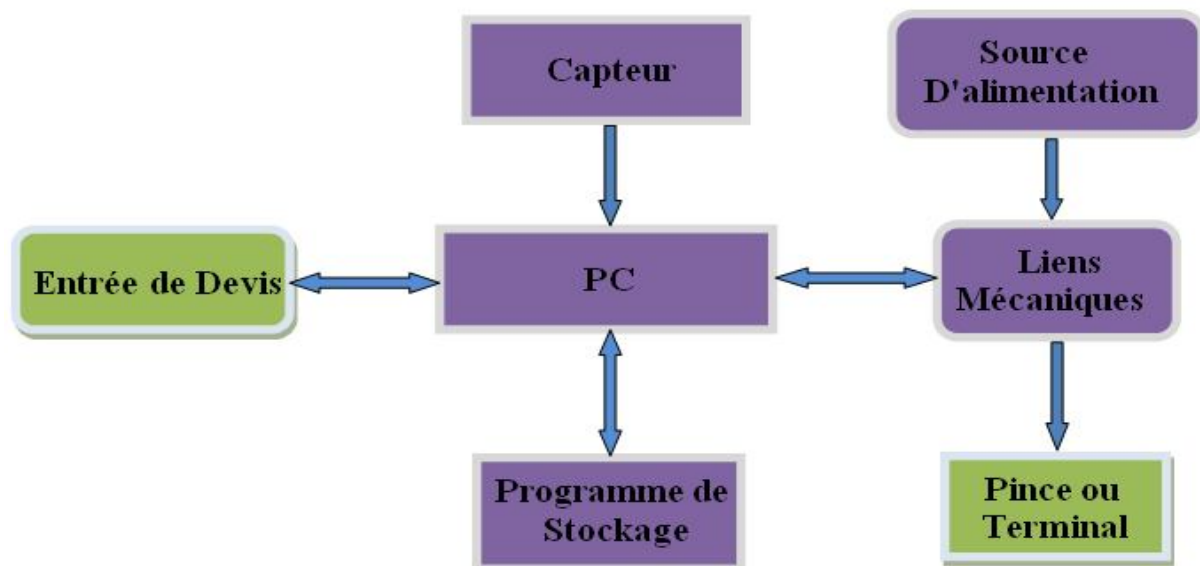


Fig. I.1. Structure générale d'un système robotique

- ❖ **Articulation** : Son rôle est de lier deux corps en limitant le nombre de degrés de liberté de l'un par rapport à l'autre, le nombre de degrés de liberté résultant est appelé mobilité du robot.
 - Il existe deux types d'articulation : prismatique et rotoïde.
- ❖ **Espace articulaire** : c'est l'espace dans lequel est représentée la situation de tous les corps du robot, il est spécifié par l'espace des variables articulaires qui est de dimension n , il représente le nombre de degrés de liberté de la structure mécanique.
- ❖ **Redondance** : Elle est obtenue lorsque le nombre de degrés de liberté de l'outil est inférieur à celui de l'espace articulaire (nombre d'articulations motorisées), elle permet d'augmenter l'accès et de préserver les capacités de déplacement de l'outil en présence d'obstacles [2].

I. 3. 2. Caractérisation d'un robot

L'intérêt d'une caractérisation est de mettre à la disposition des différents intervenants dans le domaine de la robotique, comparaison efficace des performances de plusieurs manipulateurs et de leur permettre ainsi d'effectuer le meilleur choix possible du robot.

Cependant, la versatilité (flexibilité d'utilisation), l'auto adaptabilité à l'environnement (Capacité d'initiative) ou encore la complexité technologique des robots rend leur caractérisation très difficile, le but essentiel est de caractéristiques permettent de réaliser cet objectif :

- ❖ **Morphologie** : Morphologie et est basé sur une combinaison de deux paramètres, le type de joints tournants ou prismatique et les angles que font les deux axes des applications consécutives (0 ou 90 °).
- ❖ **Espace de travail** : appelé aussi volume accessible, c'est l'ensemble des points auxquels peut accéder l'organe terminal du robot.
- ❖ **Précision** : les imprécisions (> 1 mm) sur le positionnement absolu sont dues essentiellement aux erreurs dans le modèle géométrique, aux erreurs de quantification de la mesure de position ou encore aux flexibilités.
- ❖ **Respectabilité** : c'est l'erreur maximale de positionnement répétée de l'outil en tout point de son espace de travail, elle est en général inférieure à 1 mm
- ❖ **Vitesses et accélérations max** : Elles dépendent de la qualité des actionneurs utilisés il existe deux vitesses : la vitesse maximale de translation ou de rotation de chaque axe, les constructeurs donnent souvent une vitesse maximale de l'organe terminal. L'accélération maximale, est donnée pour chaque axe dans sa configuration la plus défavorable (charge maximale, inertie maximale), elle dépend fortement de l'inertie et donc de la position du robot
- ❖ **Charge utile** : la charge utile est la charge maximale que peut porter le robot sans dégrader Sa respectabilité, Elle est différent de la charge maximale que peut porter le robot qui dépend directement des actionneurs, les méthodes et les essais à effectuer afin de déterminer ces caractéristiques sont décrits de manière détaillée dans des normes spécifiques. pour notre, nous ne pouvons dans le cadre de ce travail faire une caractérisation du robot, d'une part, ceci n'est pas l'objet du projet, d'autre part, une caractérisation nécessite l'achat de normes et l'utilisation d'appareils de mesure Perfectionnés et dont nous ne disposons malheureusement pas [3].

I. 3. 3. Classification des robots

Une classification se fait toujours suivant un paramètre, pour les robots manipulateurs, trois paramètres sont généralement pris en considération : géométrie de l'espace de travail, le type d'énergie des actionneurs mis en jeu et la stratégie de command employée, résume les classifications correspondantes [1].

Paramètre de classification	Classe	
Géométrie de l'espace de Travail	Morphologie	Défiguration
	RRP cylindrique	SCARA (selective compliance Articulated robot for Assembly)
	RPP	Cylindrique
	PPP axes perpendiculaire 2 a 2	Sphérique
	RRR	Cartésien
	RRR	Anthropomorphe
Architecteur de la Chaîne cinématique	Série (ou ouverte simple), fermée, arborescent ou encore parallèle.	
Type d'énergie, des Actionneurs	Electrique, Pneumatique ou hydraulique	
Stratégie de Commande	Commande en boucle ouverte ou boucle fermée	

Fig. I. 2 : classification des robots manipulateurs

I. 4. Robot manipulateur articulé

Le robot manipulateur articulé s'appelle également un révoluté ou anthropomorphe manipulateur, un robot manipulateur articulé est généralement considère comme un ensemble de corps rigides connectés en série par des articulations, avec une extrémité au sol, et l'autre libre (effecteur ou élément terminal), la (Fig. I. 2) représente la structure générale d'un bras manipulateur articulé [1].

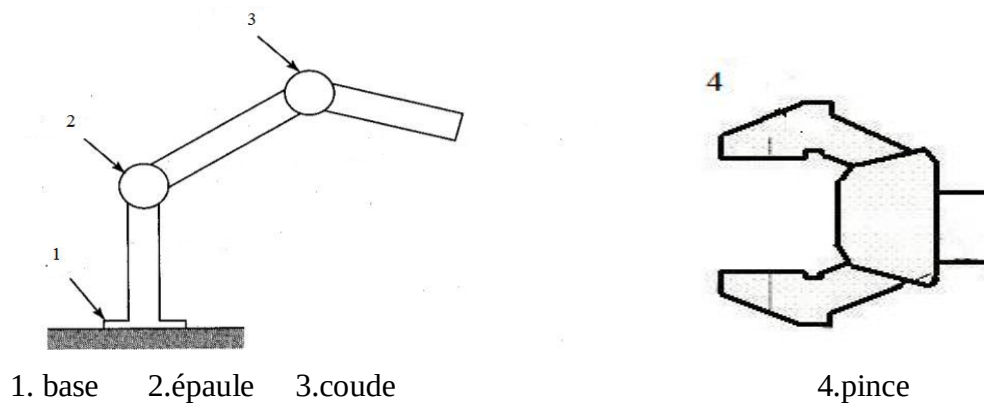


Fig. I. 3. Structure générale d'un bras manipulateur

Les robots se distinguent par la nature et la succession des articulations, (la figure I.3) présent un exemple d'une représentation schématique d'une chaîne cinématique d'un robot a deux axes, (Fig. I. 3) présent la signification des différents éléments [3].

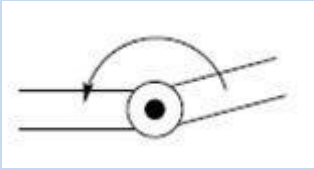
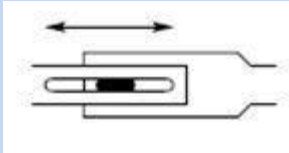
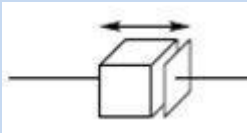
Révoluté	Prismatique
Axe révoluté  2D	Joint prismatique  2D
axe retoide  3D	Outils  3D

Fig. I.4 : représentation le chaîne cinématique

I. 4. 1. Espace de travail du manipulateur articulé

(Fig. I.4) décrit l'espace de travail du bras robotique manipulateur, si l'un des objets est à l'extérieur de ce secteur il ne peut pas être atteint [1].

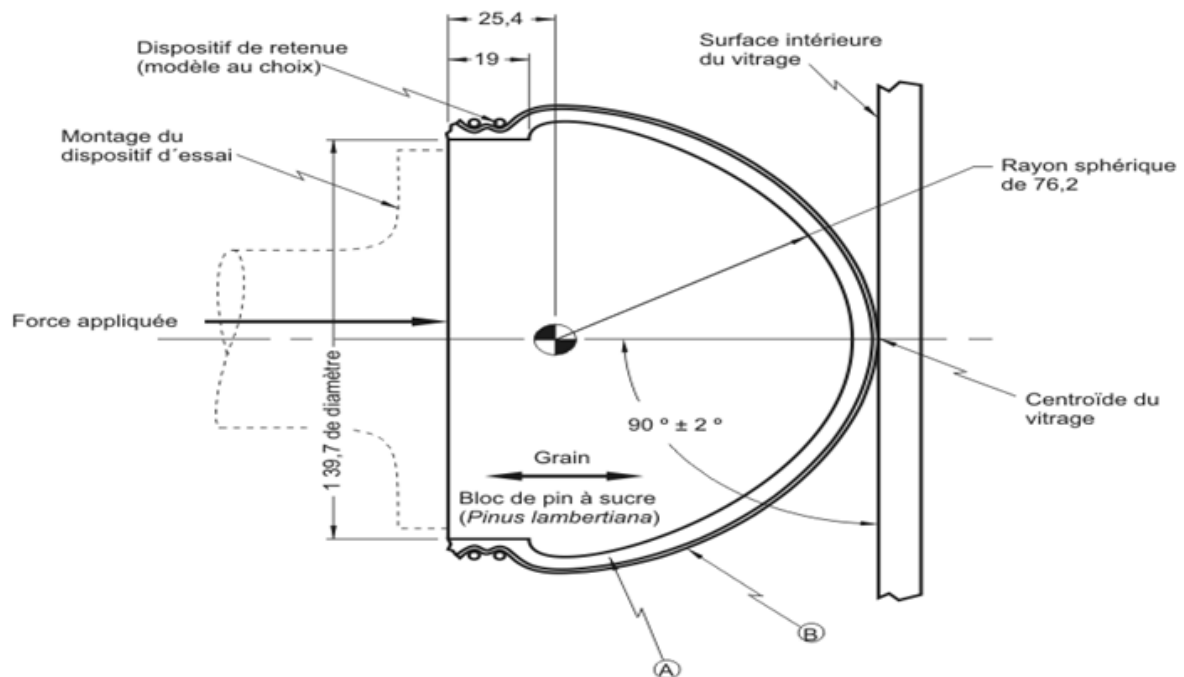


Fig. I.5. Espace de travail d'un bras manipulateur

I. 5. Description des actionneurs

Un bras manipulateur réalise des fonctions mécaniques telles qu'un déplacement ou un positionnement, pour cela, il a besoin d'un actionneur qui va réaliser à la fois une transmission d'information et une conversion d'énergie, plusieurs technologies existent : actionneurs électriques, pneumatiques et hydrauliques, les premiers sont le plus souvent des moteurs en rotation, un mécanisme permettant éventuellement de modifier la nature du mouvement, ce sont ces machines qui nous intéressent ici.

Les moteurs employés font appel aux mêmes principes que ceux qu'on utilise en électrotechnique classique, mais leurs caractéristiques et leurs technologies sont différentes, tout d'abord, la puissance en général modeste des machines fait qu'on fait souvent appel à désaimant permutants plutôt qu'à des inducteurs bobinés, ce qui simplifie la réalisation et élimine les pertes par effet joule correspondantes, en suite, on ne cherche pas à optimiser les mêmes paramètres, les grandeurs liées à la conversion d'énergie (puissance, rendement) sont certes importantes, mais les grandeurs liées à l'information (précision, rapidité de réponse) sont

primordiales, ainsi, on minimise l'inertie des parties tournantes en adoptant des structures particulières ou une géométrie adaptée pour réaliser des moteurs à réponse rapide.

Les performances d'un actionneur électrique sont intimement liées de son environnement : le convertisseur d'énergie et sa commande électronique, dans cette partie on va citer avantages des actionneurs électriques et décrire en détail le moteur à courant continu et moteur pas à pas en commençant par sa constitution ainsi ses caractéristiques mécaniques et électrique [3].

I. 5. 1. Avantages des actionneurs électriques

Par rapport à leurs concurrents hydrauliques et pneumatiques, les actionneurs électriques présentent un certain nombre d'avantages parmi lesquels une facilement disponible, soit à partir du secteur, soit à partir de batteries pour les engins autonomes : une adaptation aisée de l'actionneur et de sa commande du fait de la nature électrique de l'ensemble des grandeurs, les progrès récents ont permis un élargissement du domaine d'emploi des actionneurs électrique, on peut citer :

- ❖ L'amélioration des performances de la motrice grâce en particulier à la disponibilité d'aimants plus efficaces.
- ❖ La simplification de l'électronique associée grâce aux avancées dans le domaine composants (circuits intégrés, transistors de puissance.....) [3].

I. 6. Modélisation cinématique

Un manipulateur est considéré comme étant une chaîne de liaisons connectées entre elles par des articulations rationnelles ou prismatiques, une extrémité de cette chaîne est attachée à la base, tandis que l'autre extrémité est libre et reliée à l'outil terminal, en vue de manipuler les objets ou effectuer des tâches d'assemblages, le mouvement relatif de chaque articulation entraîne celui des liaisons, ce qui permet de positionner l'extrémité libre et de donner à l'outil terminal l'orientation désirée. En effet, dans la plupart des applications en robotique, on s'intéresse à la trajectoire et la position finale de l'outil terminal par rapport à la référence fixe, la cinématique d'un robot veut l'étude analytique de cette trajectoire sans voir les forces et moments qui causent le mouvement, dans ce qui suit, nous considérons un manipulateur dont les paramètres géométriques sont supposés connus et nous répondrons aux deux questions suivantes :

- ❖ Pour un manipulateur dont les paramètres géométriques sont supposés connus, pour chaque vecteur des variables d'articulation $[q_1 \ q_2 \ q_3 \dots q_n]$, n étant le nombre de

degrés de liberté du manipulateur, quelle est la position et l'orientation de l'outil terminal correspondante par rapport au référentiel fixe (la base).

- ❖ Soit une position et orientations désirées de l'outil terminal, le manipulateur peut-il atteindre celle-ci si oui, quelles sont les différentes configurations du manipulateur, c'est-à-dire l'ensemble des vecteurs q , qui peuvent nous le garantir, la première de ces questions est appelée problème cinématique direct qui intervient directement dans la modélisation dynamique des robots, et la seconde est appelée problème cinématique inverse.

I. 6. 1. Problèmes de Position/Orientation en Robotique

Pour repérer un point dans l'espace (les composantes de la vectrice position), on doit en donner les valeurs algébrique des projections sur une base qui est sensée être Ortho normale.

Dans ce qui suit, on considère l'espace euclidien de dimension 3, sachant que la Dimension 2(cas d'un plan) peut trivialement s'y ramener.

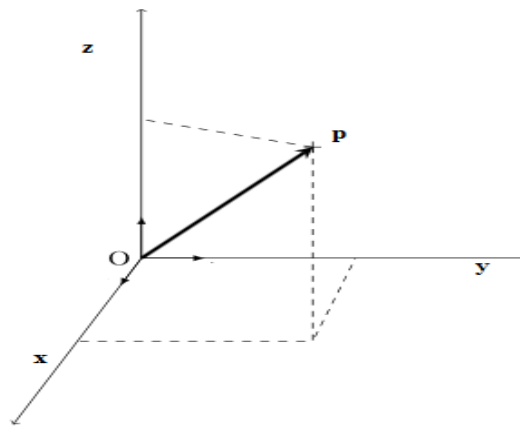


Fig. 1. 6 : vecteur position et projection

Comme il est illustré sur (Fig.I .6.) Quant à l'orientation, elle ne concerne que les Solides du fait qu'il leur faut trois coordonnées pour positionner leurs centres d'inertie et trois autres coordonnées pour les orienter dans l'espace et ce en orientant les différents axes suivant trois directions bien déterminées par rapport au repère de la base (Fig. I.7), bien entendu, les six coordonnées sont nécessaires et suffisantes pour placer un objet dans L'espace [Méca].

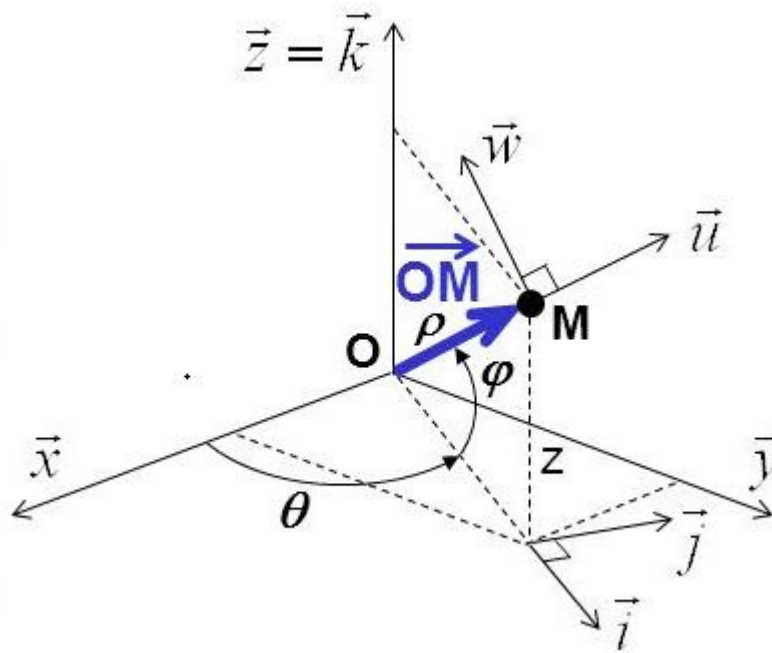


Fig. 1. 7 : Orientation d'un solide dans l'espace

1. 6. 2. Notion de position

Comme il a été mentionné en introduction, le positionnement d'un point dans l'espace consiste en le placement de celui-ci (en général le centre d'inertie du solide) dans la région de l'espace caractérisée par ses coordonnées, dites de position, par rapport à un référentiel spatial quelconque, il existe trois types de coordonnées pour repérer la position.

I. 6. 2. 1. Coordonnées cartésiennes

C'est le référentiel le plus utilisé en robotique, car il est plus simple du point de vue Profondeurs généralisées c'est-à-dire dans le cas de la mesure des distances. un point est défini par ses trois coordonnées cartésiennes x , y , z appelées respectivement : abscisse, Ordonnées, et cote, la (Fig. I. 8.) représente un point dans l'espace et ses coordonnées cartésiennes qui ne sont rien d'autre que les projections de la vectrice position sur la base orthogonale du référentiel en question.

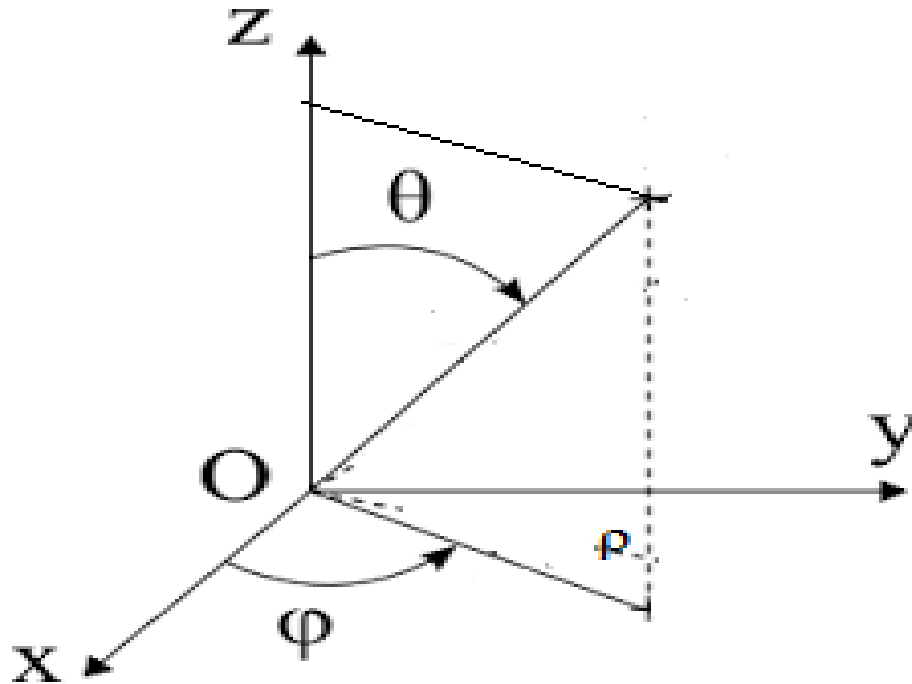


Fig.I. 8 : Système de coordonnées cylindrique

I.7.2.2. Coordonnées cylindriques

Un point est repéré par ses coordonnées (z) dites cylindriques illustrées sur la (Fig. I. 8)
Les coordonnées cylindrique sont liées aux coordonnées cartésiennes par les Relations suivantes :

$$\begin{cases} x = \rho \cos\varphi \\ y = \rho \sin\varphi \\ z = z \end{cases} \dots\dots\dots(I. 1)$$

Et inversement

$$\begin{cases} \rho = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \varphi = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) \\ z = z \end{cases} \dots\dots\dots(I. 2)$$

Avec $\varphi \in [0, 2\pi]$

I. 6. 2. 3. Coordonnées sphériques

Un point est repéré par ses coordonnées (r, θ, φ) dites sphériques illustrées sur la (Fig. I. 9)

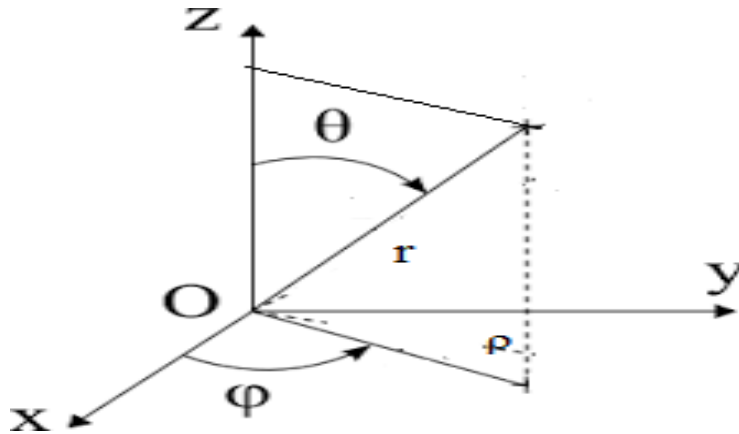


Fig. I. 9 : Système de coordonnées sphérique

Le passage entre coordonnées sphériques et cartésiennes se fait comme suit :

$$\begin{cases} x = r \sin\theta \cos\varphi \\ y = r \sin\theta \sin\varphi \\ z = r \cos\theta \end{cases} \quad (\text{I. 3})$$

I. 6. 3. Cinématique

La cinétique est l'étude du mouvement et des configurations possibles d'un système, elle est vraiment seulement concernée par la géométrie du système, comprendre comment le système se déplacera dans une circonstance donnée exige une connaissance des forces, inerties et ainsi de suite, c'est les thèmes de la dynamique qui sera discutée plus tard.

Pour des robots nous devons savoir la position et l'orientation du dernier lien ou terminal, en termes de variables communes, c'est la cinématique directe, avant que nous regardions un robot industriel de six axes nous regarderons quelques plus petits exemples, le manipulateur trois planaire commun et le manipulateur trois sphérique commun, ce ne sont pas, cependant, des exemples insignifiants, beaucoup de robots commerciaux incorporent ces structures, trois joints parallèles quelconques forment un manipulateur planaire ; des robots de type puma et sacra, en outre trois joints

quelconques avec les haches d'intersection formeront un manipulateur sphérique ; de telles structures sont employées comme poignets dans beaucoup de robots.

L'idée fondamentale est de trouver les matrices correspondre aux mouvements Autour de chaque joint.

I. 6. 3. 1. Cinématique directe

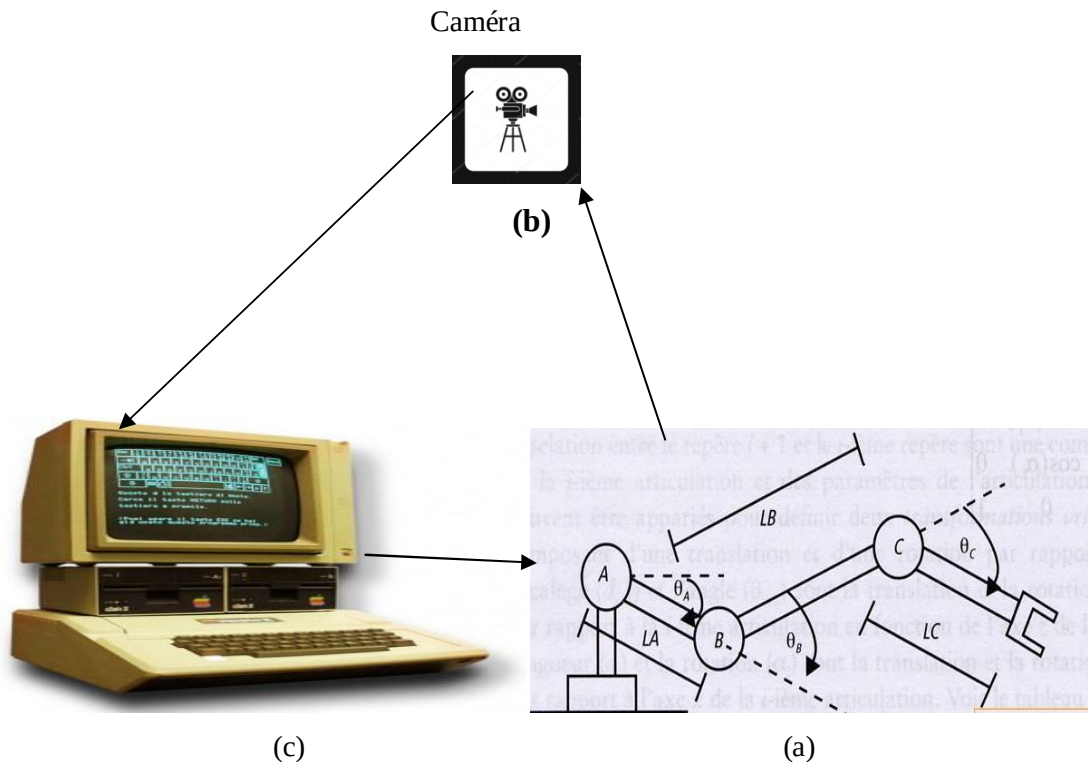
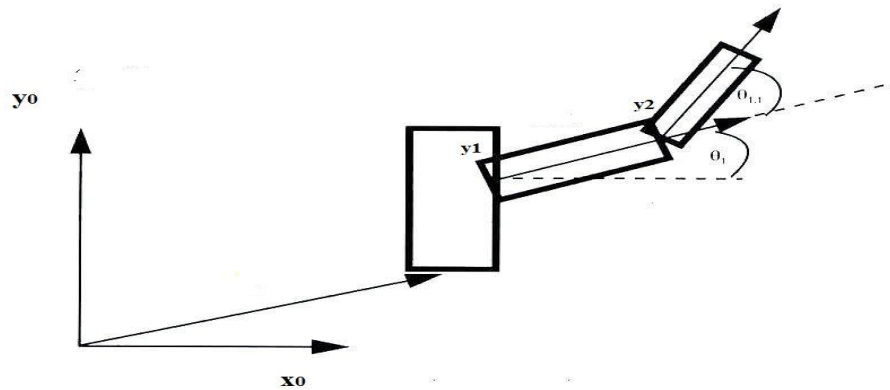


Fig. I.10 : Planaire de robot de deux liens

Le premier problème produit est de décrire la position de l'outil et les endroits A et B (et très probablement la surface entière S) (voir Fig. I. 10), en ce qui concerne les sensations communes des systèmes et les transformations du même rang parmi les diverses coordonnées du système, typiquement, le manipulateur pourra sentir sa propre position dans certains façons à l'aide des sondes internes (encodeurs de position situés aux joints 1 et 2) celui peut mesurer directement les angles communs 1 et 2, nous avons besoin également donc à exprimer les positions de A et B en termes de ces angles communs. Il est usuel d'établir un système du même rang fixe, appelé le monde ou bâti auquel tous les

objets comprenant le manipulateur sont mis en référence. Les coordonnées (x, y) de l'outil sont exprimés en ce système (Fig. I. 11).



34

Fig. I. 11 : Armature de robot de deux liens

$$\begin{aligned} x &= \alpha_1 \cos \theta_1 + \alpha_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \\ y &= \alpha_1 \sin \theta_1 + \alpha_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (I. 4)$$

Pour quelles α_1 et α_2 sont les longueurs des deux liens, respectivement, en outre l'orientation de l'armature d'outil relativement au bâti est donnée par cosinus de direction des haches de x_2 et y_2 relativement aux haches de x_0 et y_0 . nous pouvons combiner dans une matrice d'orientation.

$$\begin{bmatrix} x_2 & x_0 & y_2 & x_0 \\ x_2 & y_0 & y_2 & y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\sin(\theta_1 + \theta_2) \\ \sin(\theta_1 + \theta_2) & \cos(\theta_1 + \theta_2) \end{bmatrix} \quad (I. 5)$$

Les équations (1.6) et (1.7) s'appellent les équations cinématiques directes pour ce base, pour un robot de six degré de liberté ces équations sont tout à fait complexes et ne peuvent pas être notées aussi facilement que pour le manipulateur de deux liens.

I. 6. 3. 2. Cinématique inverse

Etant donné les joints O1 et O2 que nous pouvons déterminer les coordonnées du terminal x et y, afin de commander le robot pour se déplacer à l'endroit a, nous avons besoin d'effectuer la cinématique inverse, c'est-à-dire, nous avons besoin des variables communes O1 et O2 en termes de x et y (coordonnées de A), en d'autres termes x et y sont.

Données dans les équations cinématique directe (I.6) et (I.7), nous souhaitons résoudre le problème pour les angles communs, puisque les équations cinématiques directes sont non linéaires, il peut ne pas être facile de trouver une solution.

Nous pouvons voir dans le cas d'un mécanisme planaire de deux liens, qu'il peut y avoir non solution, par exemple si (x, y) sont hors de portée du manipulateur. Si (x, y) sont dans l'extension du manipulateur, il peut y avoir deux solutions comme le montre le Schéma de la (figure I. 19) le prétendu coude vers le haut et de coude vers le bas, ou là peut être exactement une solution si le manipulateur doit être entièrement prolongé pour atteindre le point, il peut même y avoir un nombre infini des solutions dans certains cas, considérons le diagramme du (schéma I.19), en utilisant la loi des cosinus on aura :

❖ Solution pour les angles dépendants d'un bras planaire de deux liens l'angle θ_2

Est donné par :

$$\cos(\theta_2) = \frac{x^2 + y^2 - \alpha_1^2 - \alpha_2^2}{2\alpha_1\alpha_2} \dots\dots\dots (I. 6)$$

Nous pourrions maintenant déterminer θ_2 :

$$\theta_2 = \cos^{-1}(d) \dots\dots\dots (I. 7)$$

$$\sin(\theta_2) = \pm \sqrt{1 - d^2} \dots\dots\dots (I. 8)$$

Et, par conséquent, θ_2 peuvent être trouvés par :

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{\pm \sqrt{1 - d^2}}{d} \dots\dots\dots (I. 9)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{x}{y} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{\alpha_2 \sin \theta_2}{\alpha_1 + \alpha_2 \cos \theta_2} \right) \dots\dots\dots (I.10)$$

I. 7. Architecture des robot

I. 7.1. La base

La base du manipulateur est fixée sur le lieu du travail. Ceci est le cas de la quasi-totalité des robots industriels [5].

I. 7.2. Le porteur

Le porteur représente l'essentiel du système mécanique articulé (segment, articulation, actionneur, organe terminal), il a pour rôle d'amener l'organe terminal dans une situation imposée [5]:

I. 7.3. Segment

Corps solides rigides susceptibles d'être en mouvement par rapport à la base du porteur, et les uns par rapport aux autres [5].

I. 7.4. Articulation Une articulation lie deux corps successifs en limitant le nombre de degré de liberté, de l'un par rapport à l'autre

I. 7.5. 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 commun. La situation relative entre les deux corps est donnée par l'angle autour [6].

I. 8. Robots programmables

Ils répètent les mouvements qu'on leur a appris ou programmés sans informations sur l'environnement ou la tâche effectuée. On peut aussi faire la distinction entre robots «playback» qui reproduit la tâche apprise et robots à commande numérique qui peuvent être programmés hors-ligne.

Pour certains robots, par exemple les robots de peinture, qui doivent suivre une trajectoire complexe et difficile d'être exprimée mathématiquement, un opérateur humain spécialiste de la tâche effectue la trajectoire en guidant le bras du robot à l'aide d'un «pantin», et l'entièreté de la trajectoire est mémorisée par le robot et [7], fig.1.16 représente les robots programmables [8].

I. 8. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les différents types de robots manipulateurs (sacra, articule,...) et leur différentes caractéristiques, le manipulateur articule est l'objet de notre étude, ainsi que les caractéristiques des capteurs utilisés, ceci sera pris en compte pour la commande du bras manipulateur.

Les capteurs ultrasons sont faciles à manipuler et permettent, combinés à d'autres capteurs, d'apporter des informations très utiles sur l'environnement du robot, a n'en pas douter, vos robots aurons un ou plusieurs capteurs de ce type.

CHAPITRE

2

La commande visuelle

Résumé

Dans ce chapitre, nous avons vu dans la partie théorique le traitement maximum d'images pour extraire des primitives dans une application basée sur la vision.

SOMMAIRE

III. 1. Introduction	19
III. 2. Etat de l'art de la commande visuelle.....	19
III. 3. Configuration robot système de vision.....	20
III. 4. Développement du système de vision.....	21
III. 5. Conclusion	30

II.1. Introduction

La majorité des manipulateurs industriels se sont des machines ne possédants aucune capacité de perception intrinsèque, en environnement manufacturier, un programme de commande fait l'hypothèse que les pièces à manipuler arrivent à l'endroit désiré avec une orientation correcte selon un ordre donné et en un temps voulu, c'est ce qui se passe encore dans la majorité des usines ou la plupart des applications fonctionnent avec succès sans aucune référence sensorielle extéroceptive, alors quel intérêt peut-on trouver à l'utilisation des capteurs et en particulier à la vision artificielle.

En effet les industriels cherchent des systèmes versatiles permettant de réunir en une machine un instrument relativement polyvalent et évitant l'intervention humaine hormis à niveau haut telle que la programmation des tâches, ceci réclame l'emploi des Capteurs extéroceptifs permettant de renseigner le robot sur son environnement, la caméra vidéo semble être un des moyens le plus adapté pour répondre à ce problème.

II.2. Etat de l'art de la commande visuelle

Depuis leur apparition, les robots industriels se sont concentrés de réaliser des tâches classiques qui peuvent toujours se ramener à des interactions précises avec leur environnement, de ce fait, une modification de dernier peut entrainer de graves conséquences sur le déroulement de la tâche à accomplir, c'est ce qui a poussé les Chercheur à munir le robot de capteurs extéroceptifs, afin de lui permettre d'appréhender cet environnement et de réagir à d'éventuels changements.

Plusieurs capteurs ont été utilisés, on cite capteurs à ultrason, les télémètres Laser, les caméras, etc, des études récentes ont montré que l'adjonction de la faculté de vision aux robots, permet d'améliorer de manière significative leurs performances et aide a développer de nouvelles applications [9].

Ce domaine de recherche a pris le nom de la commande visuelle, grâce à un modèle géométrique de la scène, on peut déterminer avec une bonne précision la position de la cible [10].

Le principe de la commande visuelle consiste à prendre en compte des Informations visuelles issues d'une ou plusieurs caméras dans la commande d'un robot afin d'en contrôler le mouvement les techniques de la commande visuelle utilisent la perception afin d'améliorer L'action et augmentent donc la flexibilité et la précision des systèmes robotiques, la boucle,

de perception vision peut être compétée par la vision active ou le mouvement du robot est contrôlé afin d'améliorer la perception [10].

II.2.1 Avantages de la vision

L'utilisation de la caméra comme capteur possède plusieurs avantages, la mesure est passive :

- ❖ Il n'existe aucune interaction entre la caméra et l'environnement ;
- ❖ Les caractéristiques de la mesure sont proches de l'œil humain ;
- ❖ La caméra est un capteur très précis, rapide et possédant une grande résolution ;
- ❖ La mesure utilisant la vision n'est pas couteuse ;
- ❖ La portée est de 50cm à 10 mètres.

II.3. Configuration robot système de vision

On distingue généralement trois types de configurations entre le robot et le système de vision :

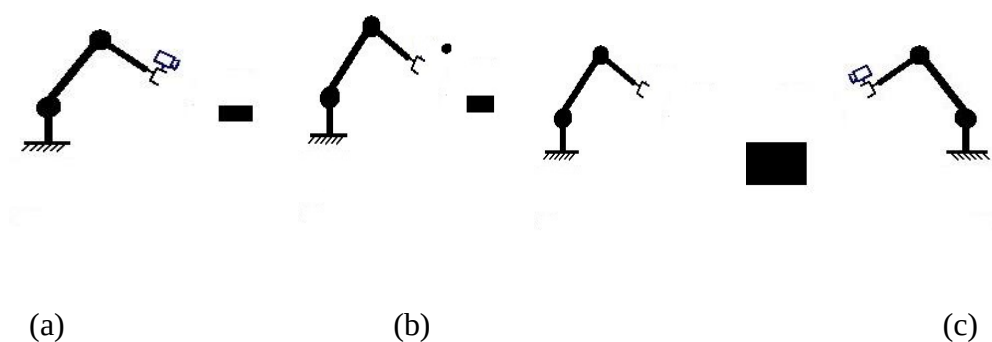


Fig. II.1 : Différents types de configurations robot-caméra

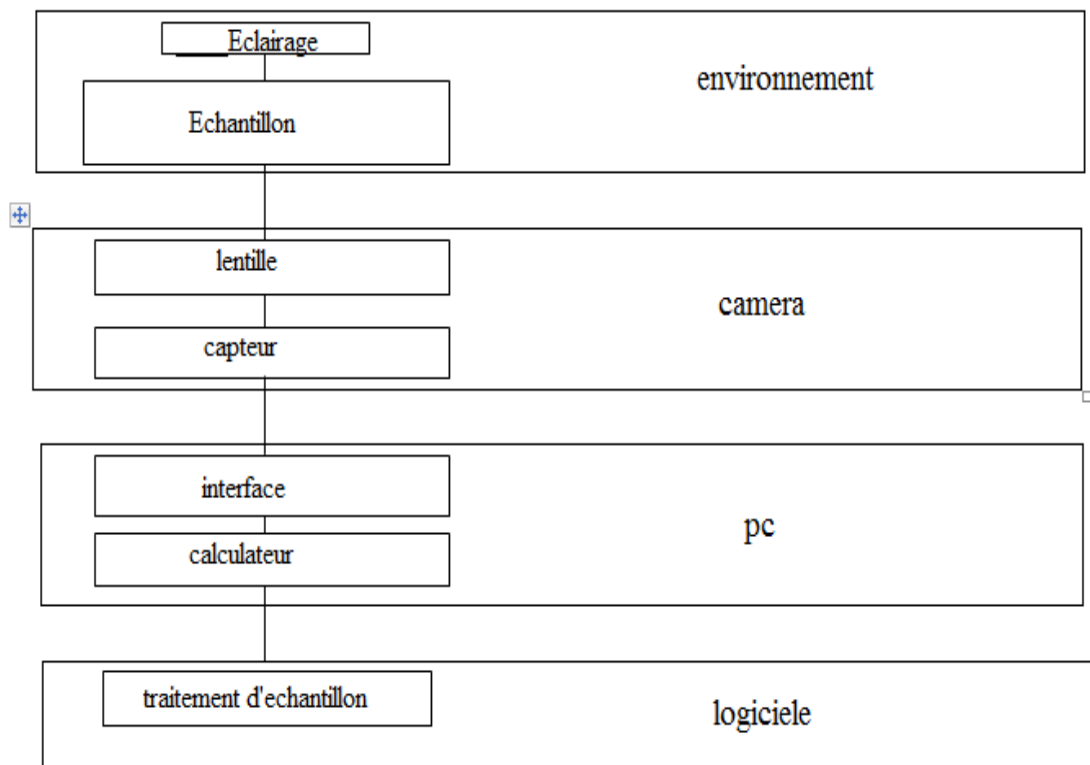
- ❖ La première consiste à utiliser une caméra fixe qui observe la scène, les informations visuelles permettent de commander le robot mais le déplacement de celui-ci n'interagit pas sur la position de la caméra, l'avantage de cette configuration est de voir la scène de l'extérieur mais son inconvénient c'est qu'elle ne propose qu'une vue unique sur la scène considérée.
- ❖ La seconde possibilité consiste à embarquer la caméra sur le manipulateur donc évoluer dans la scène avec l'organe qu'elle contrôle dont le mouvement définit l'exécution d'une tâche alors la possibilité d'extraire de la caméra les données nécessaires à la

régulation de la tâche envisagée, cette configuration est dite « eye in hand » ou l'information visuelle permet non seulement la mesure de l'attitude ou du changement d'attitude d'un objet situé dans l'espace de travail du robot, mais également la mesure de l'attitude d'un changement d'attitude de l'organe terminal.

- ❖ La troisième possibilité rassemble les avantages des deux précédentes possibilités en embarquant la caméra sur un second manipulateur, la caméra observe alors la scène de l'extérieur tout ayant la possibilité de se mouvoir.

II.4. Développement du système de vision

Le succès de développer un système de vision d'une machine dépend de la compréhension de toutes les parties de la chaîne de formation image, la (Tab. II.1) : résume La chaîne de traitement de l'information à base d'un système de vision.



Tab. II. 1 : chaîne de traitement de l'information

Le charme et la complexité de la vision de machine se situent dans la gamme des champs spécialisés à savoir :

- ❖ construction mécanique
- ❖ électrotechnique
- ❖ technologie optique
- ❖ technologie de la programmation

Chacun dont a un rôle primaire, la pensée interdisciplinaire est la base pour le développement réussi des applications d'une vision de machine [11].

II.4.1. Conception de la lentille

Pendant que le champ visuel et la résolution d'appareil photo sont connus, l'objectif peut être choisi, un paramètre important pour la conception de lentille est la distance d'entretoise, en général, employant de plus grandes distances augmentera la qualité d'image, l'espace devrait être employé pour obtenir une distance appropriée d'entretoise, cette distance est employée pour calculer la longueur focale (Fig. II. 2) [11], Le schéma de la permet de calculer.

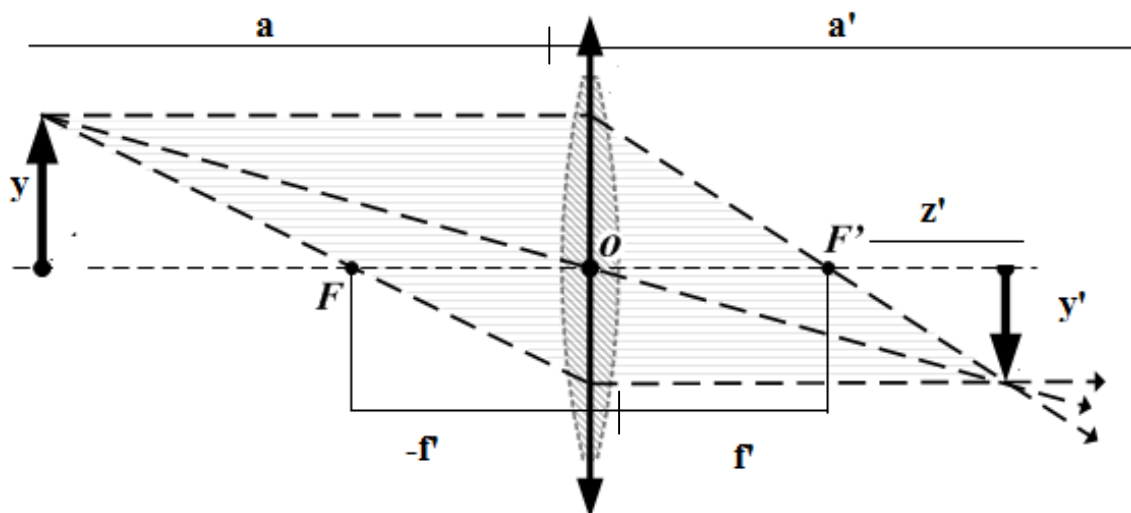


Fig. II. 2 : Modèle d'une lentille mince

La distance d'entretoise ($a \leq 0$) est une fonction de la longueur focale ($f' \geq 0$) et la distance ($a' \geq 0$)

entre la lentille et la sonde d'image le rapport optique est déterminé par :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{a'} - \frac{1}{a} \dots\dots\dots (II.1)$$

Le rapport optique est déterminé par :

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{a'}{a} \dots\dots\dots (II.2)$$

II.4.2. Caméras

L'utilisation d'une caméra pour percevoir l'environnement est une méthode attractive, car elle apparaît proche des méthodes utilisées par les humains, le traitement des données volumineuses et complexes fournies par ces capteurs reste cependant difficile à l'heure actuelle surtout dans un milieu externe, même si cela reste une voie de recherche très explorée on distingue deux grandes classes de caméras utilisées, les caméras traditionnelles (CCD et CMOS) et les caméras panoramiques (omnidirectionnelles).

II.4.2.1. Caméras simples (traditionnelles)

Les caméras numériques sont majoritairement utilisées, aujourd'hui et deux sortes de capteurs numériques sont disponibles sur le marché : les capteurs CCD et CMOS, les premiers capteurs numériques possédaient une matrice de pixel à maille rectangulaire (norme télévision). aujourd'hui, les capteurs numériques ont une matrice de pixel à maille carrée. la taille d'un pixel est de l'ordre de 10µm. la technologie évolue rapidement et aujourd'hui certains capteurs CMOS possèdent des pixels d'une taille de 5µm.

Une caméra standard peut être utilisée de différentes manières elle peut être utilisée pour détecter des amers visuels (des points particuliers qui servent de repère, tels que des portes ou des affiches) à partir desquels il sera possible de calculer la position du robot [12], elle peut également être utilisée pour détecter des guides de navigation pour le robot, tels que des routes ou des couloirs.

II.4.2.2. Caméras CCD

Contraction de « charged coupled d'evices » en anglais, c'est une matrice de cellules photosensibles, chaque cellule accumule des charges en fonction de la lumière incidente qu'elle reçoit, les charges sont ensuite transportées par colonnes sur le capteur, ce type de caméra présente plusieurs avantages, on site : moins de distorsion géométrique, signal vidéo plus linéaire par rapport à l'intensité lumineuse, résolution importante

II.4.2.3. Caméras CMOS

Le principe de ce type de caméras est le même que pour les capteurs CCD, il s'agit d'une matrice de cellules photosensibles, la différence principale est que chaque cellule peut être adressée individuellement, et l'information transmise est la quantité de lumière instantanée et non accumulée, ces caméras restent moins précises que les CCD et moins adaptées aux prises de vue en temps réel (en raison du caractère instantané de l'information), elles sont par contre moins chères que les CCD.

II.4.2.4. Caméras panoramiques

La vision omnidirectionnelle est le procédé de vision qui fournit une sphère de vue du monde observé à partir de son centre, la vision panoramique est une réduction de la vision omnidirectionnelle et elle fournit une (image) bande de vue [10][12], les dispositifs catadioptriques sont formés par au moins un miroir couplé à une caméra conventionnelle, ce type de caméra est très pratique pour la navigation car une image prise par une caméra panoramique orientée verticalement permet de caractériser une position, indépendamment de la direction du robot., en effet, pour une position donnée et pour deux orientations différentes, la même image sera formée par la caméra, à une rotation autour du centre près, tandis que pour une caméra standard, orientée horizontalement la scène serait différente, l'idée de l'omnidirectionnalité a été exploitée pour des dispositifs optiques avant le 20^{ème} siècle. mais la première exploitation d'un miroir de révolution (un hyperboloïde) couplé avec une caméra a été réalisée par réés en 1970 [9], ensuite, il a fallu attendre près de 20 ans pour que Yagi, en concevant le système COPIS [11], donne un coup d'accélération aux travaux de recherche dans ce domaine, c'est ainsi que [6] a utilisé un miroir sphérique pour une application de navigation par comparaison entre les images acquises avec une image de référence. dans [9], c'est une autre application pour la navigation d'un robot mobile qui a été développée avec un miroir hyperboloïde, toutes les applications citées et les autres, se caractérisent par leur démarche plutôt empirique.

II.4.3. Vidéo

Un flux vidéo est composé d'une succession d'images, 25 par seconde en europe et 30 par seconde aux USA [5], composant l'illusion du mouvement, chaque image est décomposée en lignes horizontales, chaque ligne pouvant être considérée comme une succession de

points. la lecture et la restitution d'une image s'effectue donc séquentiellement ligne comme un texte écrit : de gauche à droite puis de haut en bas.

II.4.4. traitement d'images

Les images constituent l'un des moyens les plus importants qu'utilise l'homme pour communiquer avec ses semblables, les efforts récents ont élargi même cette communication aux machines, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes qui cherchent à rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, le traitement d'images est né de l'idée et de la nécessité de remplacer l'observateur humain par la machine, les images ont alors été numérisées pour pouvoir être traitées par l'ordinateur à travers l'extraction et l'analyse de caractéristiques à partir des pixels, on peut dire que l'opération de traitement d'images, qui a pour objectif d'extraire à partir d'une image numérique des indices visuels ou des primitives pertinentes permettant de les représenter sous une forme plus condensée et facilement exploitable, afin de permettre un suivi de cible en mouvement. parmi les objectifs du traitement d'image [6] :

- ❖ Améliorer la qualité de l'image : subjectivement (la rendre plus agréable à l'œil),
- ❖ Objectivement (améliorer son contraste, ressortir certaines formes ou zones...ect.),
- ❖ Retrouver une image idéale : corriger les distorsions géométriques ou photométriques,
- ❖ D'un capteur, corriger le flou dû à l'instabilité de l'appareil de prise de vue...ect,
- ❖ Chercher à détecter la présence de certaines formes (contours, textures de modèles connus) en préservant les autres informations contenues dans l'image,
- ❖ Réduire la quantité d'information par codage ou compression,
- ❖ Compréhension de l'image pour doter la machine de capacités visuelles.

II.4.4.1. Définition d'une image

Il existe plusieurs définitions d'une image numérique, elle peut être définie comme Suit : une image numérique est définie comme un signal fini bidimensionnel échantillonné et composée d'unités élémentaires (appelé pixel) représentant chacun une portion de l'image.

II.4.4.2. Pixel

Un pixel (contraction de Picture élément) est le nom associé à une unité de base de l'image qui correspond à un pas de discrétisation, un pixel est caractérisé par sa position et sa valeur.

II.4.4.3. Résolution

La résolution spatiale est la taille de l'image en pixels et correspond au degré de finesse des détails distinguables dans l'image, en théorie, la plus grande résolution spatiale est préférable, puisqu'elle correspond à une image plus fine, en pratique, la taille de l'image sera limitée par :

- ❖ La capacité des systèmes de transmission,
- ❖ Les systèmes de stockage,
- ❖ Les systèmes de calcul

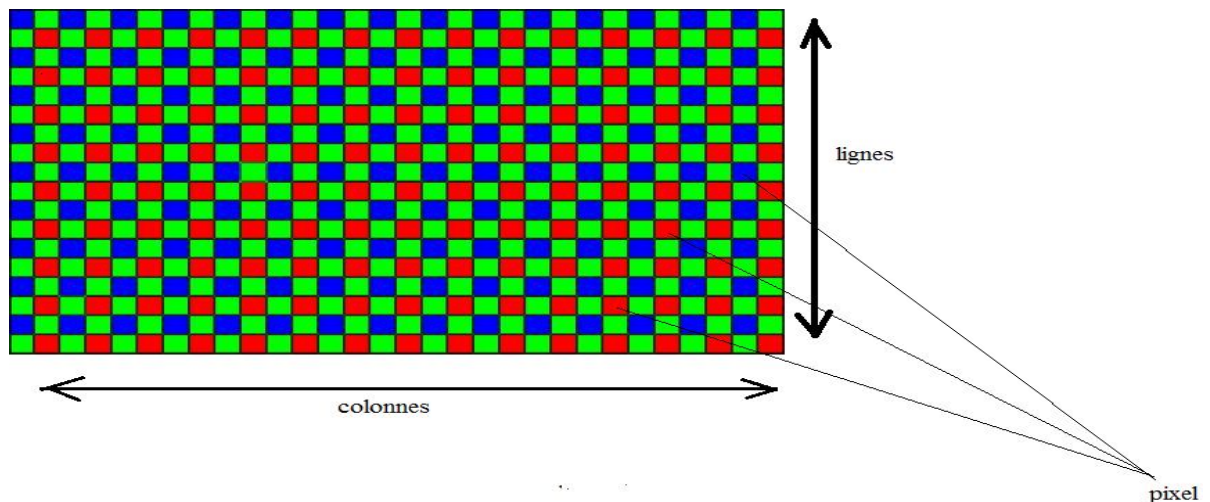


Fig. II.3 : Schéma illustratif d'une image couleur

II.4.4.4. Espace de couleur

Il existe plusieurs systèmes pour la définition des couleurs projetées sur le moniteur d'un ordinateur, on se limite, dans ce cas, aux deux espaces de couleurs utilisés dans notre travail (RGB, YCrCb) et aux relations qui les lient.

II.4.4.5. Système RGB

C'est mode de composition des couleurs basé sur le principe des couleurs additives, le rouge, le vert et le bleu sont les trois primaires utilisés dans la constitution de couleurs à partir de la source lumineuse, une image RGB est composée de trois chacune est codée comme une image en niveau de gris avec des valeurs allant de 0 à 255

II.4.4.6. Système de représentation YCrCb

La représentation des couleurs dans l'espace YCbCr est une transformation linéaire donnée par les équations (Fig. II. 3), ce système appartenant aux systèmes luminance chrominance, a été développé à l'origine pour assurer la compatibilité entre téléviseurs couleur et téléviseurs noir et blanc [8], puisque la composante luminance correspond aux nuances de gris, et les composantes de chrominance correspondent aux informations sur la couleur. Une simple transformation linéaire permet de passer d'un système RGB à un système YCrCb :

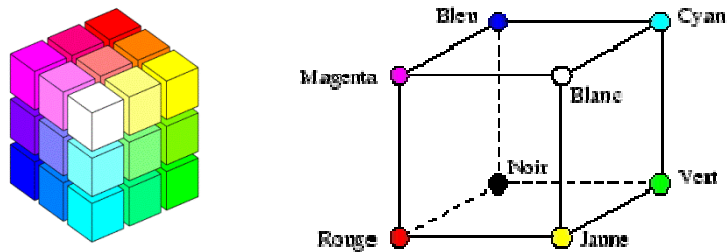


Fig. II. 4 : Représentation graphique de l'espace de couleurs RGB

$$Y = r R$$

$$c_b = a_1 (R-Y) + b_1 (B-Y) \dots\dots\dots (II.3)$$

$$c_r = a_2 (R-Y) + b_2$$

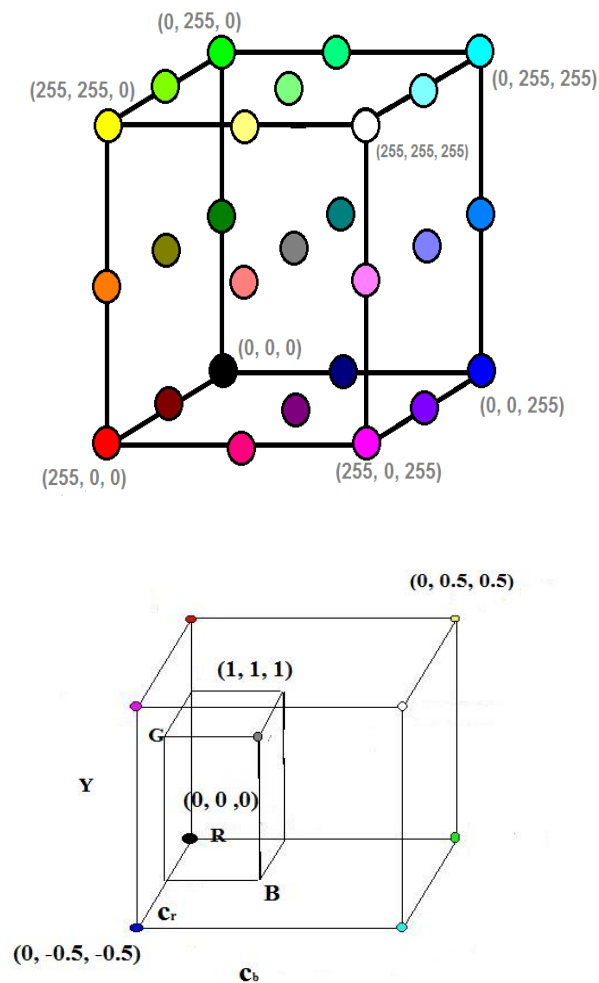


Fig. II. 5 : Espace de couleurs YCbCr

II.4.4.7. arithmétique de l'image

L'arithmétique d'image consiste à appliquer les opérations arithmétiques standard et les opérations logiques à une ou plusieurs images, les opérations sont en fait appliquées pixel par pixel, L'image résultat ne dépend que des valeurs des pixels opérande correspondants dans les images opérandes doivent donc être de même taille, de plus une des images opérande peut être une image constante.

II.4.4.8. Binarisation

Une image binaire est celle pour laquelle chaque pixel ne peut avoir pour valeur que 0 ou 1 elle offre plusieurs avantages tels que : la réduction de l'espace mémoire (pixel codé

sur 1 bit), isolation des objets sur un fond ... etc., pour l'obtention d'une image binaire à partir d'une image en niveaux de gris, des techniques de seuillage sont utilisées.

Le seuillage est une opération qui ramène une image brute à plusieurs niveaux à une autre à deux niveaux seulement, la méthode la plus adoptée est celle basée sur l'histogramme de l'image, le problème principal de cette méthode est le choix du seuil (ou de l'intervalle de binarisation), avec un intervalle trop large, on obtient une image binaire contenant des pixels qui ne font pas partie des objets que l'on veut extraire, généralement il s'agit de bruit, ou des structures d'une autre nature, qui ont un niveau de gris proche de celui des objets recherchés, avec un intervalle trop étroit, on obtient une image binaire dont certains objets d'intérêt n'apparaissent pas ou apparaissent partiellement

Une binarisation basée sur l'histogramme est efficace si les pixels de l'objet d'intérêt ont un niveau de gris proche d'une même valeur s , tandis que ceux des autres structures ont presque toujours des niveaux de gris éloignés s .

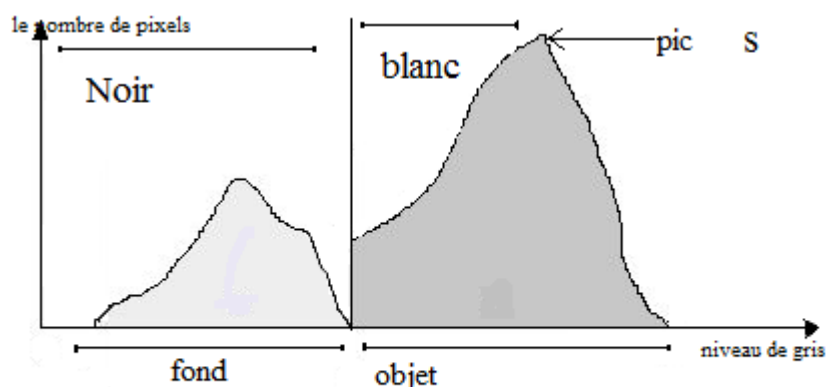


Fig. II. 6 : binarisation basée sur l'histogramme

II. 4. 4. 9. Les avantages de la binarisation sont multiples :

- A. Espace mémoire réduit (pixel codé sur 1 bit au lieu de 8 bit) :
- B. Simplicité des opérateurs appliqués à leur traitement :
- C. Isolation des objets sur un fond (applications industrielles) :
- D. La binarisation est considérée comme étape de segmentation :

Exemple :

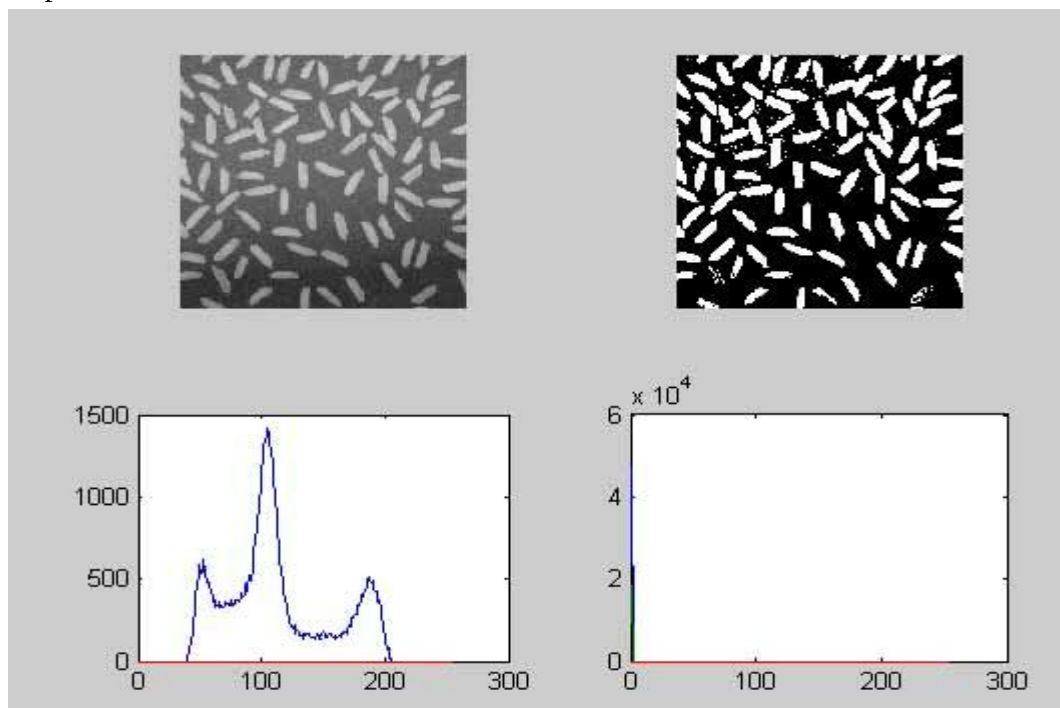


Fig. II. 7 : Illustration d'une image avant et après binarisation

Par suit, une image binaire peut être représentée par une matrice booléenne dont chaque élément signifie vrai (1 = blanc) ou faux (0 = noir).

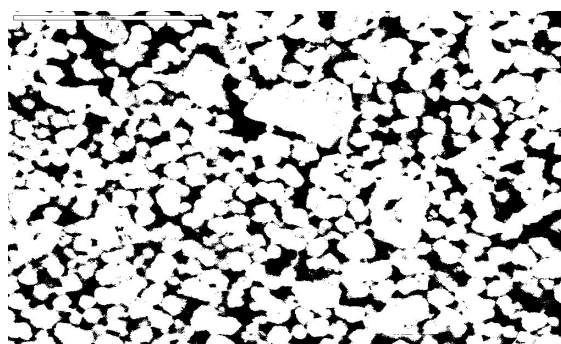


Fig. II. 8 : image sémantique de binarisation

II. 4. 4. 10. Opérateurs morphologiques pour l'amélioration des images binaires

Il existe deux opérateurs morphologiques de base : l'érosion et la dilatation, l'ouverture et la fermeture ne sont que des combinaisons de ces opérateurs, ils sont utilisés pour l'amélioration des images binaires telle que l'élimination des points de petites tailles considérés comme des bruits, l'élément structurant est un masque binaire (composé de 1 et de 0) utilisé par la plupart des fonction morphologiques pour déterminer quel voisin d'un pixel contribuera à sa nouvelle valeur, il est destiné à pondérer l'effet d'une transformation morphologique en fonction de la forme des contours des concernés.

II. 4. 4. 11. dilatation

La dilatation consiste à éliminer les points noirs isolés : on dilate les parties blanches ce qui élimine les points noirs. L'opération de dilatation est définie par [10] :

$$I \oplus S = \{x \mid [(\hat{S})_x \cap I] \neq \emptyset\} \quad (\text{II.4}) \dots\dots\dots (\text{II. 4})$$

Où est l'image qui sera dilatée, S est un ensemble de points de coordonnées connus, L'effet de base de l'opérateur de dilatation sur une image binaire est d'agrandir progressivement les limites des régions noires de l'image, donc les régions blanches de l'image grandissent en dimension, il s'agit ici d'éliminer les points blancs isolés, la méthode est assez similaire à celle de la dilatation, l'opération d'érosion est définie par [10] :

$$I \ominus S = \{x \mid [(\hat{S})_x \cap I] \subseteq \emptyset\} \dots\dots\dots (\text{II.5})$$

L'effet de base de l'opérateur de l'érosion est d'éroder les limites des régions d'images élémentaires de couleur blanche, donc les régions d'images élémentaires de couleur blanche diminuent en dimension, et les régions élémentaires de couleur noire deviennent plus grandes, la dilatation et l'érosion peuvent se combiner pour créer d'autres opérateurs morphologiques plus complexes pouvant résoudre une variété de problèmes [10], par définition, l'ouverture est une opération d'érosion suivie d'une dilatation, elle est définie par [12].

$$B \circ I = (B \ominus I) \oplus I \dots\dots\dots (\text{II.6})$$

*Le fermenteur est une opération de dilatation suivie d'une érosion, elle est donnée par [9] :

$$A \bullet I = (A \oplus) \ominus I \dots \dots \dots (II.7)$$

II. 4. 4. 12. Autres applications de traitement d'images

D'ailleurs les applications du traitement d'images dans la robotique et l'utilisation du traitement d'images touchent des domaines très variés :

- ❖ Les technologies biomédicales (médecine) : dont l'exemple le plus connu utilisant le traitement d'image est le scanner.
- ❖ L'imagerie aérienne et spatiale : dont les traitements concernent l'amélioration des images
Satellites, l'analyse de ressources terrestres et les analyses météorologiques.

Le traitement numérique des images se résume en un ensemble de techniques permettant la transformation des images numérique, il commence par un système d'acquisition (caméra) suivi par une partie traitement, analyse afin de comprendre la scène acquise (fig. II .10).

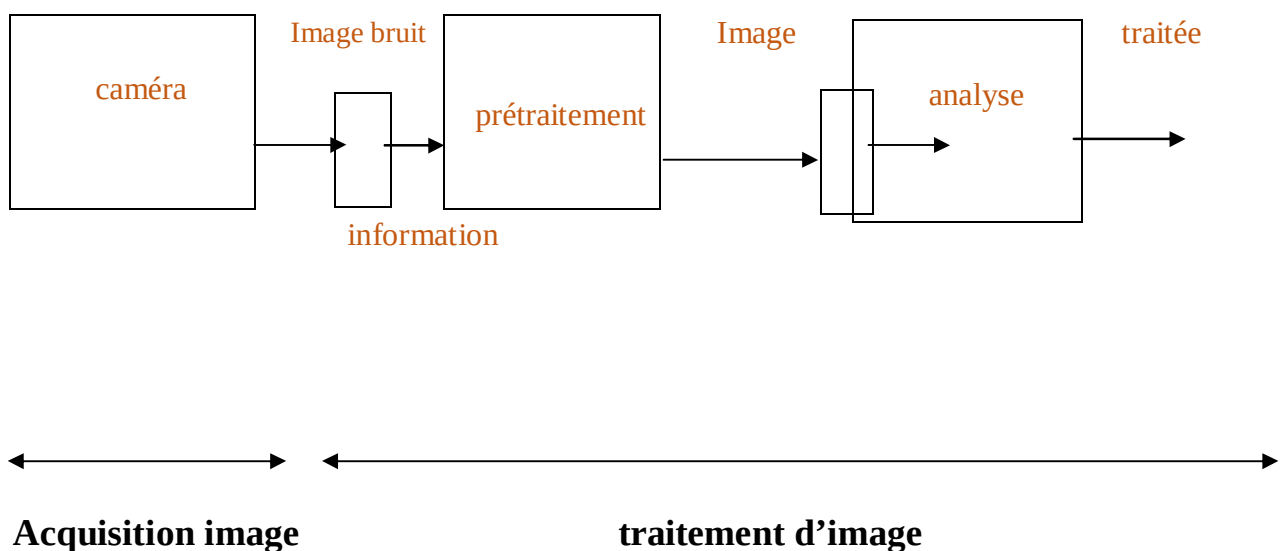


Fig. II. 9 : Enchaînement d'une application de vision

I1. 5. Conclusion

Nous pouvons dire que la vision est le sentiment le plus fort, fournissez-nous une grande quantité d'informations qui nous donne l'opportunité d'interagir intelligemment avec notre environnement.

La vision et les robots nécessitent une intégration cognitive et des fonctions de travail au sein d'un système automatisé, il y a deux sujets liés à cette intégration: l'étalonnage du capteur /robot et la localisation des objets à partir d'images.

Dans ce chapitre, nous avons vu dans la partie théorique le traitement maximum d'images pour extraire des primitives dans une application basée sur la vision.

CHAPITRE

3

Résultats de conception

Résumé

Dans ce chapitre, nous avons étudié la partie vision, avec le calcul des coordonnées du centre de gravité de la cible avec la phase de programmation Matlab.

SOMMAIRE

III. 1. Introduction	35
III. 2. Commande visuelle	35
III. 3. Binarisation des images	37
III. 4. Calcul des coordonnées du centre de gravité de la cible	38
III. 5. Partie programmation	42
III. 6. Conclusion	43

III.1. Introduction

La programmation d'un robot est la conception d'algorithme de calcul des coordonnées du centre de gravité réel. Due à la complexité croissante de la robotique, les industriels adoptent une démarche de conception à base des modèles. La modélisation et la simulation sont devenues cruciales à la démarche de l'ingénieur pour comprendre le comportement du système, concevoir l'algorithme de commande et le tester en simulation. La modélisation et la simulation permettent également aux ingénieurs d'affiner la conception du système et d'éliminer les erreurs avant de développer le prototype réel. avec MATLAB et Simulink, la conception et la programmation d'un robot est rapide et facile, en utilisant une démarche Model-Based Design :

- ❖ Modélisation et simulation du comportement du système
- ❖ Conception de l'algorithme de commande et validation en simulation
- ❖ Programmation du robot en générant le directement à partir de votre modèle.

III. 2. Commande visuelle

Notre méthode est basée sur la reconnaissance de la couleur uniforme et le calcul du centre de gravité de la cible qui est connue à priori en mouvement. Notre système est composé de sept étapes :

- ❖ Etape d'acquisition d'images.
- ❖ Etape de transformation RGB vers YCrCb.
- ❖ Etape de extraction du plan de la chrominance rouge.
- ❖ Etape de binarisation des images.
- ❖ Etape d'application des opérateurs morphologiques.
- ❖ Etape de calcule du centre de gravité de la cible.
- ❖ Etape d'affichage des images.

III. 3. Transformation RGB vers YcbCR

L'image acquise est généralement composée de plusieurs zones de niveaux de gris différents correspondants aux différents objets de la scène. Donc, Il faudra une manière pour détecter la cible (une balle de couleur rouge). Cependant, plusieurs problèmes apparaissent dans le cas ou l'on utilise la vision. Parmi ces problèmes, on peut citer l'effet de la luminosité de la scène. Pour y remédier, nous avons opté pour un changement de l'espace de représentation de couleurs de l'espace RGB à YCbCr.



Fig.III.1 : Extraction du plan Cr (chrominance rouge)

III. 4. Extraction du plan de la chrominance rouge

Comme l'indice visuel utilisé est une balle de couleur rouge, son extraction de l'environnement peut se faire par un seuillage de la chrominance rouge. Pour mieux comprendre le choix de l'espace de représentation des couleurs YCbCr, les figures suivantes montrent la différence entre le plan rouge du système RGB et celui de YCbCr.



Fig.III. 2: centre de gravité (chrominance rouge)

On remarque que la cible (la balle) est distinguable par rapport à son environnement dans le plan de chrominance rouge de l'espace YCbCr (Figure II.6) ce qui rend son extraction aisée et cela par une binarisation avec un seuil qui ne laisse que la couleur rouge comme le montre l'histogramme correspondant (Figure III). Alors que la plan rouge de l'espace RGB est affecté par la luminosité de la scène, donc il est impossible de trouver le seuil de binarisation qui permet de l'isoler.

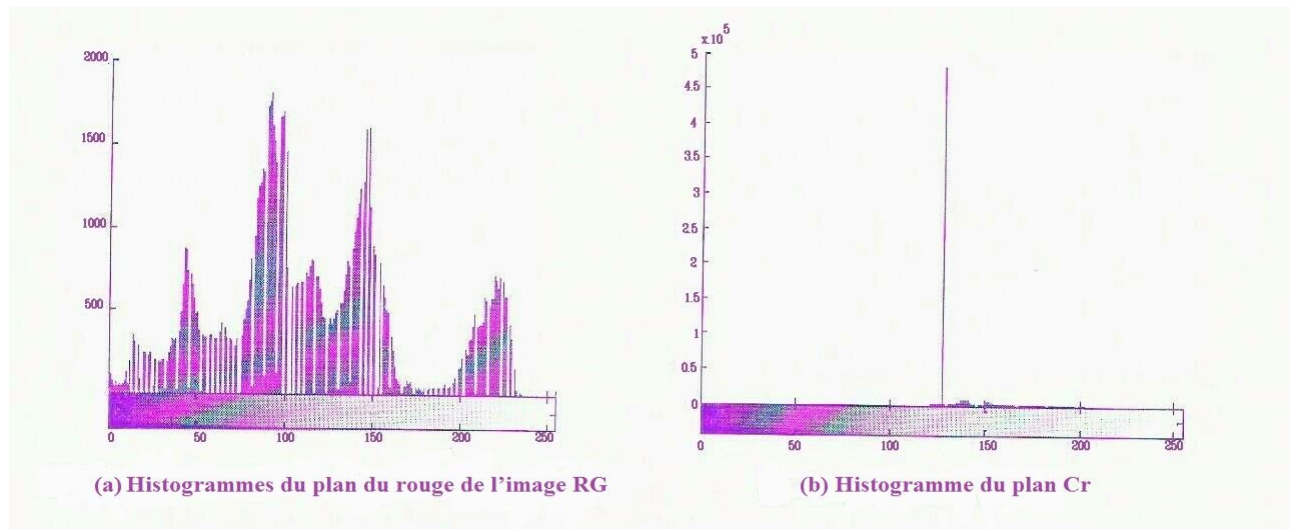


Fig.III. 3 : Histogrammes du plan RGB et du plan Cr

III. 5. Binarisation des images

Le seuillage permet d'extraire la balle (la cible) de son environnement, cependant, le choix du seuil optimal qui permet une meilleure détection reste toujours difficile, car il dépend des conditions climatiques et de la profondeur de la cible, plus précisément de la luminosité de la scène.

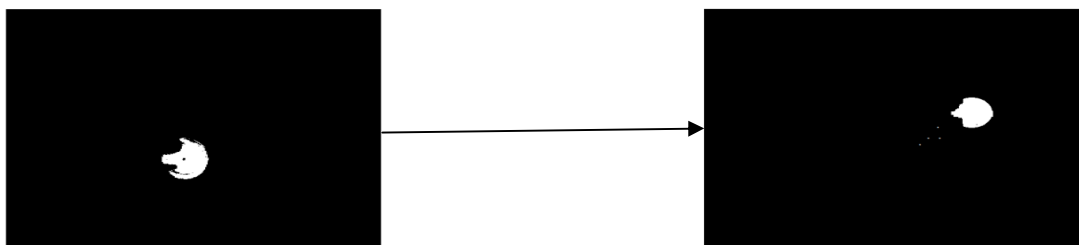


Fig.III. 4 : Binarisation de l'image avec seuil

III. 6. Application des opérateurs morphologiques

L'image binaire peut contenir de petites zones blanches sur le fond noir qui correspondent à des bruits dus au mauvais choix du seuil de binarisation ou la luminosité. Pour les éliminer, la meilleure solution est d'utiliser des opérateurs morphologiques tels que l'érosion, la dilatation, ou leur combinai

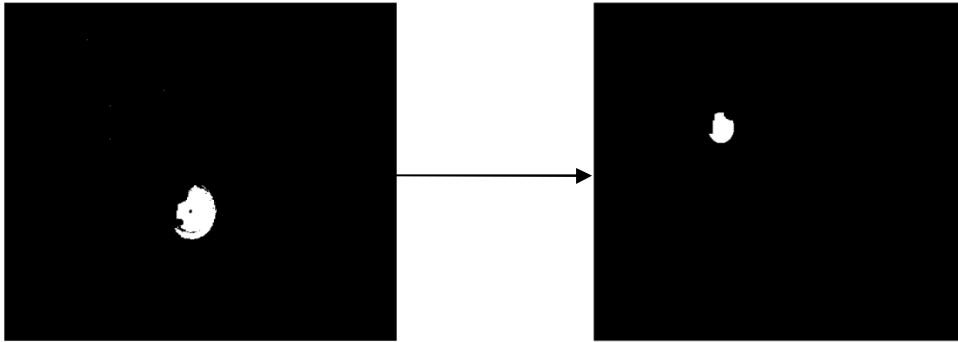


Fig. III. 5: Effet des opérateurs morphologiques sur les images binaires Au seuil

III. 7. Calcul des coordonnées du centre de gravité de la cible

Les coordonnées du centre de gravité d'un objet élémentaire (I, j) sont données par les formules :

$$x_i = (i - 1)dx + \frac{dx}{2} \dots\dots\dots (III.1)$$

$$y_j = (j - 1)dy + \frac{dy}{2}$$

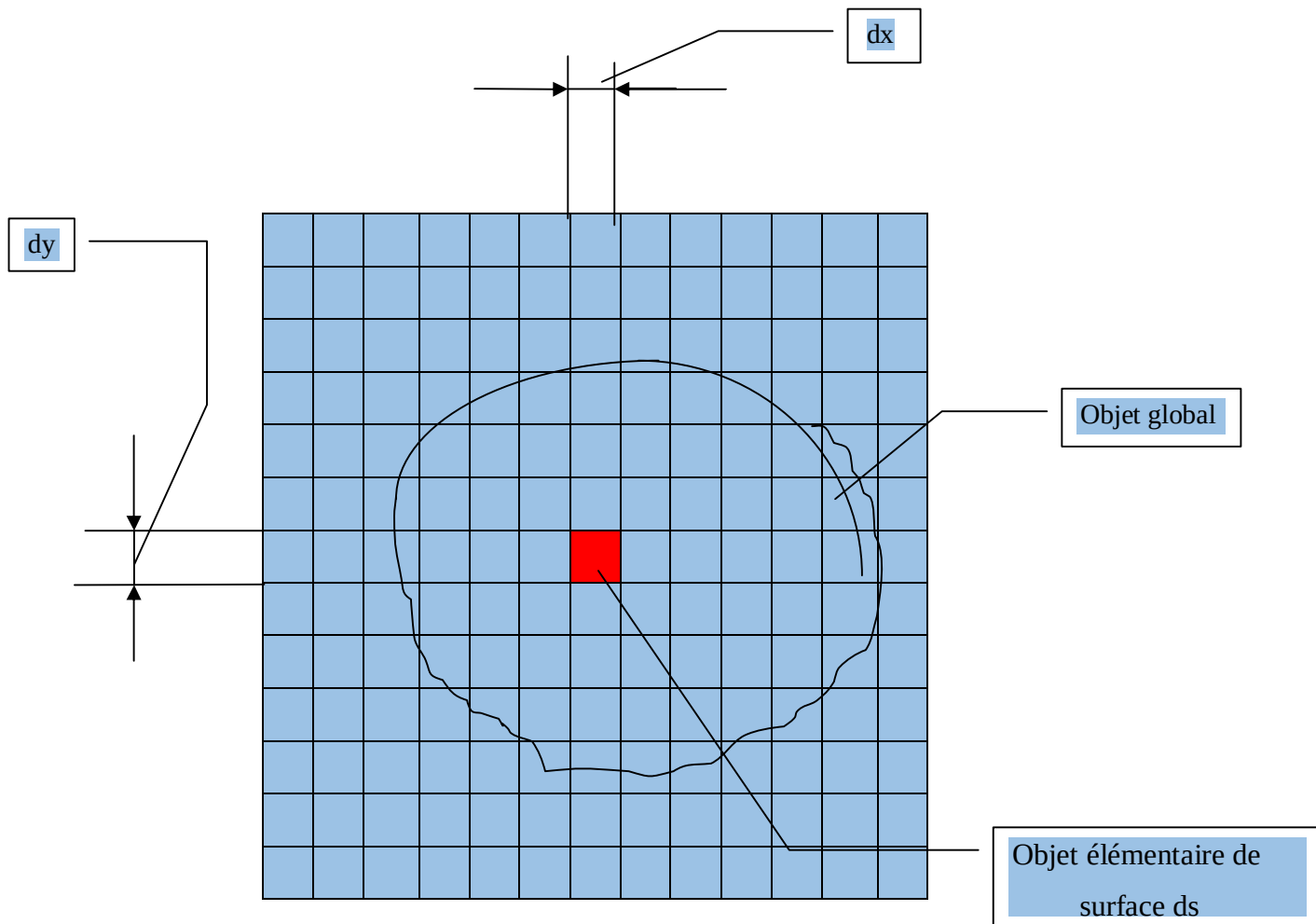


Fig.III. 6 : Extraction du centre gravité (le balai centre)

Les coordonnées du centre de gravité de l'objet global sont données par les formules suivantes :

$$x_g = \frac{\sum_i x_i}{\text{surface total}} \dots\dots\dots(\text{III.2})$$

$$y_g = \frac{\sum_j y_j}{\text{surface total}} \dots\dots\dots(\text{III.3})$$

Tel que :

$$\text{surface totale} = \sum_i \sum_j ds_{ij} \dots\dots\dots (\text{III.4})$$



Fig. III. 7 : calcul du centre de gravité

III.7.1 Algorithme de calcul des coordonnées du centre de gravité

```

x = 0 ; y = 0 ; n = 0
Pour i = 0 jusqu'à i = (N-1) faire
    Pour j = 0 jusqu'à j = (M-1) faire
        Si ('élément d'image') alors
            n = n + 1 ;
            x = x + j + 0.5 ;
            y = y + i + 0.5 ;
        fin Si
    fin Pour
fin Pour

xg = x/surface totale ;
yg= y/surface totale ;

```

III. 7. 2. Calcul des coordonnées

Basant sur la figure (II.) on peut calculer théoriquement les coordonnées de la cible désirée.

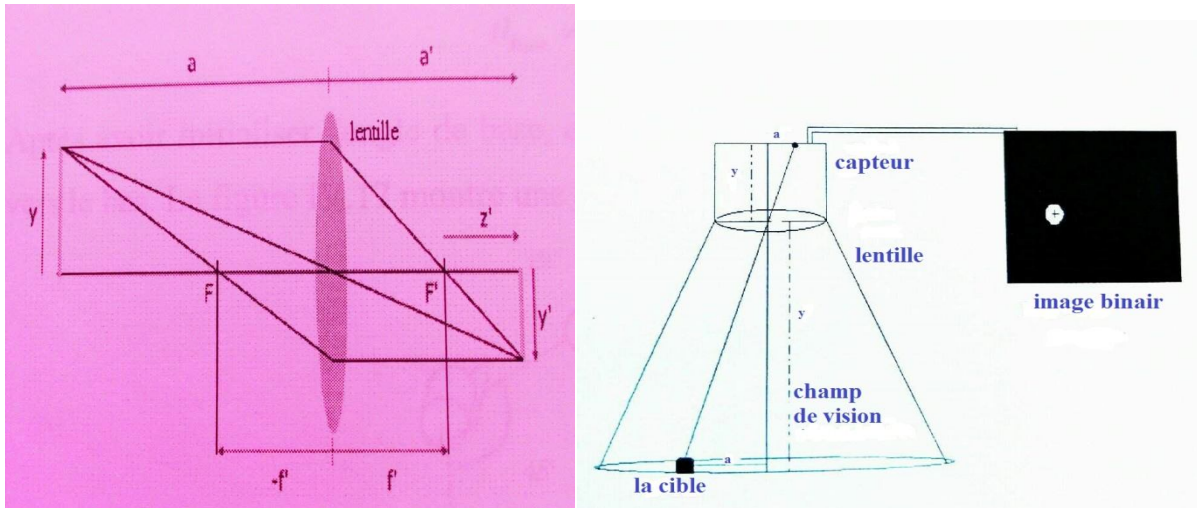


Fig. III. 8. Relation entre les distances par rapport à une lentille

$$\frac{y}{y'} = \frac{a}{a'} \quad \Rightarrow \quad \frac{y'}{a'} = \frac{y}{a} \quad (\text{III.})$$

$$x_{\text{réel}} = \frac{x_g * \text{longueur de pixel} * y}{y'} \quad (\text{III.})$$

on a utilisé une camera CCD de caractéristiques inconnues, alors y' et la longueur du pixel sont inconnues, le calcul expérimental est comme suit :

$$x_{\text{réel}} = x_g * c * y \quad (\text{III.})$$

$$c = \frac{\text{longueur de pixel}}{y'} \quad (\text{III.})$$

$$c = \frac{x_{\text{réel}}}{x_g * y} \quad (\text{III.})$$

Pour $y = 68\text{cm}$, on aura $c = 0.007$

Alors : $xl_{\text{réel}_0} = x_g * 0.007 * 68$

$$xl_{\text{réel}_0} = y_g * 0.007 * 68$$

$$x_{\text{réel}} = xl_{\text{réel}_0} - 0.05$$

$$x_{\text{réel}} = xl_{\text{réel}_0} + 0.34$$

III. 8. Partie programmation

Phase de programmation par matlab qui permet de rechercher et déterminer la position de l'objet à ramasser.

III. 8. 1. Phase de programmation par Matlab

Notre but est de permettre au bras de poursuivre la trajectoire donnée depuis le point de départ jusqu'au point d'arrivée, comme nous l'avons mentionné auparavant afin de simplifier le programme, les déplacements du bras sont parallèles à l'axe des X ou à l'axe Y (repère orthonormé dont l'origine est le coin gauche en haut de la salle), un logiciel sous matlab a été développé afin d'effectuer le travail demandé, il est divisé en sous-programmes (figure III....).

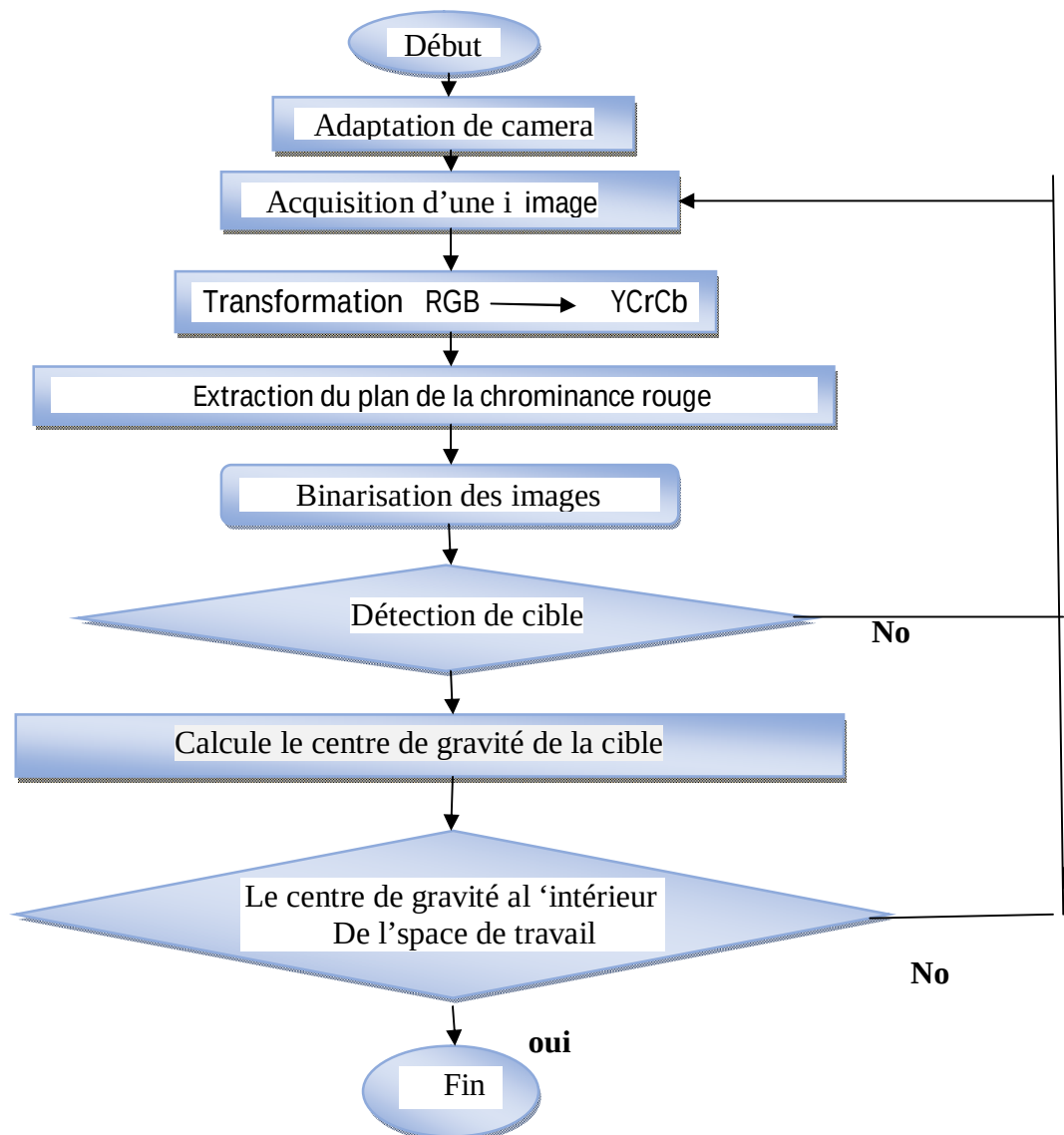


Fig. III. 9. Organigramme de détection et de localisation de cible

II. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté le programme de Partie vision et la Transformation RGB vers YcbCR Binarisation des images.

Les opérateurs morphologiques avec les équations calcul des coordonnées du centre de gravité de la cible Algorithme de calcul des coordonnées du centre de gravité, la phase de programmation par Matlab.

Conclusion générale

dans ce travail, nous avons présenté un bras manipulateur a été associé avec un véhicule à guidage automatique et ceci afin de un système complet de se déplacer dans un environnement fermé. Nous avons pris comme exemple le cas de ramassage des objets prédéfinis par le système.

Nous avons présenté dans le premier chapitre les différents types de robots manipulateurs (sacra, articule,...) et leur différentes caractéristiques, le manipulateur articule est l'objet de notre étude, ainsi que les caractéristiques des capteurs utilisés, ceci sera pris en compte pour la commande du bras manipulateur.

Dans la partie théorique le traitement maximum d'images pour extraire des primitives dans une application basée sur la vision.

Nous disons dire que la vision est le sentiment le plus fort, fournissez-nous une grande quantité d'informations qui nous donne l'opportunité d'interagir intelligemment avec notre environnement.

La vision et les robots nécessitent une intégration cognitive et des fonctions de travail au sein d'un système automatisé, il y a deux sujets liés à cette intégration: l'étalonnage du capteur /robot et la localisation des objets à partir d'images.

Nous avons présenté le programme de partie vision et la transformation RGB vers YcbCR binarisation des images application.

Les opérateurs morphologiques avec les équations calcul des coordonnées du centre de gravité de la cible Algorithme de calcul des coordonnées du centre de gravité, le phase de programmation par Matlab.

perspectives

A la lumière des résultats obtenus plusieurs perspectives s'ouvrent à nous, en collaboration avec des mécaniciens pour réaliser des robots plus sophistiqués, de même la réalisation de plusieurs cartes de commande interfacées avec un seul PC, pour performer notre système, nous proposons des capteurs optiques qui vont détecter si la position désirée est atteinte ou non dans un environnement encombrant.

Références bibliographiques

- [A] Negrache Bensaouag « Commande dynamique et Adaptative des robots manipulateurs rigides en utilisant l'algorithme des moindres carrés et du gradient application à un robot à 3ddl, Puma »université d'Oran Es-Sénia, 23 octobre 2004.
- [1] M, jorge luis “ fundament of Robotic Mechanical Systems Theory, Methods, and Algorithms”, Third Edition,, series in Robotics nd Automated Systems, vol 7, 2003.
- [2]J. M. Selig, “Introductory Robotics”, Department of Electrical and Electronic Engineering South Ba with a BSc in Physics in 1980nk Polytechnic. Email: seligjm@lsbu.ac.uk, Telephone: 020 7815 7461,, School/Division: Engine,, series in Robotics nd, vol 1999
- [3]B. Badji et A.said, “Conception et réalisation d'une carte de command a base de microcontrôleur pour robot SCARA”,E.N.P, Département du génie électrique vol series in 2000-03-21.
- [4] H.Hadj Abdelkader, Y. Mezouar, N. Andreff and P. Martinet ,”Image-based control of Mobile Robot with central Catadioptric Cameras” Proc. IEEE Int.
- [A] [Andreff, 1997] N. Andreff (1997). Towards the embedding of on-line hand-eye calibration into visual servoing. Dans IEEE/RSJ/INRIA Workshop On New Trends in Image
- [5]R. Gourdeau, ELE4203 — Robotique : Modélisation des Robots Manipulateurs, Département de génie électrique, Ecole Polytechnique de Montréal, 4 novembre 2010.
- [6] W.Khalil et E. Dombre, Modélisation identification et commande des robots, 2e éd. Paris : Hermès Sciences, 1999.
- [7]« Ultimate 2.0 A Robot withEndlessPossibility » dans *Makeblock*[En ligne]. Disponible : <http://www.makeblock.com/product/ultimate-robot-kit>
- [8] S.Ramzy et S.Nassereddine, « Réalisation de carte àmicrocontrôleur pour le contrôle de bras manipulateur via un PC », Mémoire de master. Département de Génie Electrique Option micro informatique et instrumentation, UniversitéMohamed Khider, Biskra, Algérie,2010.<http://dspace.univbiskra.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/3989/1/m%C3%A9moire%20master%20SAADI%20SALHI%20ROB03.pdf>
- based Robot Servoing.
- [9] P. R. Mahony and T. Hamel. Visual servoing using linear features for underactuated rigid-body dynamics. In IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots Systems, pages 1153–1158, Hawaii, USA, 2001. series in Robotics , vol 4.2001.

- [10] K. Hashimoto, “ Visual servoing : real time control of robot manipulator based on visual sensory feedback”, World Scientific Press, Singapour, World Scientific, series in Robotics and Automated Systems, vol 7, 1993.
- [11] J. Guldner, V. I. Utiken, H. Hashimoto and F. Harashima, Tracking gradients of artificial potential fields with non-holonomic mobile robots, submitted to ACC, 1995. . series in Robotics 1996. series. Vol.7 1996
- [12] Z.Hai-bo, Y. kui, L. jin-dong, “A Fast and Robust Vision System for Autonomous Mobile Robots”,proc. Int. Conf. On Robotics, Intelligent Systems and Signal Processing, china 2003. . series in Robot. vol,7, 2003
- [13] O. J. Srdalen and C. C. de Wit; Exponential Control Law for a Mobile Robot: Extension to Path Following, IEEE Transaction on Robotics and Automation, vol. 9, pp. 837-841, 1993 IEE Int. Conf. On Robotics and Automation, Minnesota, pp 89-94, April 1996.
- Con. On Robotics and Automation Barcelona, Spain, pp3522-3527, April 2005. Series in robot, vol,1993

Option

tèlècommunication

proposè et dirigè :

Dr. k. mohammed el Amin

Etude et réalisè par

RAHLI boubaker et ADJABI kamel

Thème

Etude et adaptation d'un bras manipulateur En traitement d'image à trois degrés De liberté

Rèsumè

❖ A la lumière des résultats obtenus plusieurs perspectives s'ouvrent à nous, en collaboration avec des mécaniciens pour réaliser des robots plus sophistiqués, de même la réalisation de plusieurs cartes de commande interfacées avec un seul PC, pour performer notre système, nous proposons des capteurs optiques qui vont détecter si la position désirée est atteinte ou non dans un environnement encombrant.

❖ In the light of the results obtained several perspectives open to us, in collaboration with mechanics to make more sophisticated robots, as well as the realization of several control cards interfaced with a single PC.

To perform our system, we propose optical sensors that will detect if the desired position is reached or not in a cumbersome environment.

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها عدة وجهات نظر مفتوحة لنا بالتعاون مع الميكانيكا لجعل الروبوتات أكثر تطور
فضلا عن تحقيق العديد من بطاقات التحكم التواصل مع جهاز كمبيوتر واحد.
لتنفيذ نظامنا، نقترح أجهزة استشعار بصرية سنكتشف ما إذا تم الوصول إلى الموضع المطلوب أم لا في بيئة مرهقة.