UNIVERSITE D.YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE DE LA MATIERE

Projet de Fin D'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER en Génie Mécanique
Option : Mécatronique

COMMANDE VISUELLE D'UN MOTEUR PAS-A-PAS

Présenté par :

- **HASNAOUI Hichem**
- **ZITOUNI Younes**

Dirigé par :

M. TCHOKETCH KEBIR Sofien
M. BENGHARBIA Bilal

Promotion 2012/2013

Remerciement

Nous remercions Dieu, le tout puissant, pour

nous avoir donné, le courage, la patience,
la volonté et la force nécessaires, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles, qui se sont hissés au travers de notre chemin, durant toutes nos années d'études.

Nous exprimons nos remerciements à nos promoteurs TCHOUKECH-KBIR Sofiane et BENGHARBIA Billal pour l'assistance qu'ils nous ont témoigné tout au long de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de notre gratitude pour leurs conseils.

Nous adressons nos vifs remerciements au chef de département Monsieur BACHEN Mourad d'être membre de jury.

Nous adressons aussi nos remerciements aux enseignants d'électronique du centre de formation CFA pour leurs aides.

Nos remerciements les plus sincères sont adressés à nos enseignants, qui ont contribué durant nos études à notre formation et tous les enseignants du département Génie Mécanique.

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire consiste une commande visuelle d'un moteur pas-à-pas unipolaire à aimant permanant à l'aide de l'outil de programmation MATLAB. Après la capture de l'image avec la caméra intégré du PC, le programme exécute une opération de prétraitement de l'image afin d'extraire des occurrences utiles des objets présent dans cette dernière. Afin de prendre en compte que les objets utiles sont seulement des cercles coaxiaux, les autres objets sont inutiles pour le programme qui fait déterminer la position exacte du centre de gravitation de ces cercles et l'angle qui la fait avec des axes virtuels. En ce basant sur Cette valeur, le programme déclenche une autre opération pour faire tourner le moteur qui est placé au dessous d'un cercle trigonométrique et avoir une position identique a celle qu'on a trouvé auparavant.

Abstract:

The work presented in this thesis is a visual control of a stepper unioplar permanent magnet motor using MATLAB programming too. After the image capture with the camera built in computer, the program executes a pre-processing operation of the image in order to extract useful instantiate objects present therein. To take into account useful items are only coaxial circles , the order objects are useless for the program that determine the exact position of the center of gravity of the circles and the angle that makes with virtual axes. In that based on this value, the program starts a further operation to the motor, which is placed below a trigonometric circle and have a position identical to that previously found that turn

ملخص

العمل المقدم في هده الأطروحة هو التحكم البصري في محرك خطوة بخطوة أحادي القطب و دالك باستعمال وسيلة البرمجة ماتلاب بعد التقاط الصور باستعمال كاميرا الكمبيوتر يقوم البرنامج بعملية ما قبل المعالجة ودالك لاستخراج الأشكال الهندسية المفيدة في هاته الصور على أن تكون هاته الأشكال عبارة عن دوائر لهل نفس مركز الثقل ثم يتم تحديد الموضع الدقيق لمركز الجاذبية و الزاوية التي يصنعها مع المحاور الظاهرية للصورة و استنادا لهاته المعلومات يقوم البرنامج بالتحكم بالمحرك السالف ذكره حتى يشكل الزاوية المطلوبة.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE……1

CHAPITRE I : Traitement d'image

I.1 Introduction …….2

I.2 Historique……...……...……..3

I.3 Définition de l'image…….…...……4

I.3.1 Les images numériques…….……5

I.3 .2 Les formats d'image numérique…….…….……. 6

I.3.2.1 Les images(matricielles)oubitmap…….…… 6

I.3.2.2 Les images vectorielles……...……. 6

I.3.3 Les formats de fichier des appareils photos numérique (APN)……. 6

I.3.4 Pixellisation d'une image…….…….7

I.3.5 Résolution d'une image ……..7

I.4 Segmentation des images ……..……..……8

I.4.1 Les différents types de segmentation …….……..……9

I.4.1.1 La segmentation basée sur les pixels …….…….9

I.4.1.2 La segmentation basée sur les régions ……9

I.4.1.3 La segmentation basée sur les contours ……..……..…….9

I.5 Binarisation de l'image ……..…….10

I.5.1 Application dans la binarisation d'images …….……10

I.6 Les types de données manipulées en traitement d'image …….……10

I.7 Acquisition d'une image……10

I.7.1 Le scanner ……...……11

I.7.2 La caméra …….……11

I.8 Balayage de l'image ……...……11

I.8.1 Techniques de balayage d'images ……...……11

I.8.1.1 Le balayage entrelacé ……12

I.8.1.2 Le balayage progressif ……..……12

I.9 Opérateurs de traitement d'images ……..……12

I.9.1 Opérateurs image-image ……..……13

I.1.9.2 Opérateurs image-ensemble d'informations ……..……13

I.1.9.3 Opérateurs ensemble d'informations-image ……..……13

I.1.9.4 Opérateurs morphologiques ……..……..……13

I.9.5 Opérateurs point à point ……..……14

I.9.6 Opérateurs locaux ……14

I.10 Le lissage d'image ……15

I.11 Les filtres linéaires ……16

I.12 Les filtre les plus utilisé en traitement d'image ……...……16

I.12.1Filtre de CANNY ……16

I.12.2 Filtre de PREWITT ……16

I.12.3 Filtre de Soble ……16

I.13 Détection de contours ……..……17

I.13.1 Les détecteurs de gradient par filtrage ……...……17

I.13.2 Les détecteurs de passage par zéro du laplacien ……18

I.13.3 La poursuite et la fermeture des contours…… 18

I.13.4 Extraction de contours ……..……..……18

I.13.5 Chainage de contours ……..……19

I.13.5.1 Le temps de calcule ……19

I.13.5.2 La représentation des relations entre les chaines ……...……19

I.13.5.3 La structuration de l'information……..…… 21

I.14 Conclusion ……21

CHAPITRE II : L'état de l'art de l'asservissement visuel

II.1 Introduction ……..……..……22

II.2 Le principe de l'asservissement visuel ……..…..……23

II.3 Les deux blocs fondamentaux ……..……24

II.4 Schéma fonctionnel de l'asservissement visuel ……..……..……25

II.5 Application des asservissements visuels ……26

II.5.1 tâche de positionnement ……26

II.5.2 tâche de suivi ……..……27

II.5.3Les points d'intérêts……28

II.6 Caractérisation des primitives visuelles……28

II.6.1 Approche contours……29

II.6.2 Approches intensité ……..……29

II.6.3 Approches à base de modèles……..……29

II.7 La mise en correspondance……..……30

II.8 Les Types d'asservissements visuels……30

II.8.1Selon le type de commande……30

II.8.1.1Asservissement visuel séquentiel ……30

II.8.1.2 Asservissement visuel cinématique ……31

II.8.1.3 Asservissement visuel dynamique ……31

II.8.2 selon les grandeurs asservies ……31

II.8.2.1 asservissement visuel 2D ……..……31

II.8.2.2 asservissement visuel 3D ……32

II.8.2.3 Asservissement visuel « 2D1/2 » ……..……33

II.8.2.4 asservissement visuel « d2D/dt » ……34

II.9 Conclusion……...……...……34

CHAPITRE III : les moteurs pas-à-pas

III.1 Introduction ……..……35

III.2 Propriétés et applications ……36

III.2 .1 Utilisations des moteurs pas à pas ……...……36

III.3 Les principaux types de moteurs pas à pas ……..……37

III.3.1 Moteur pas-à-pas à réluctance variable MRV……...……37

III.3.1 .1 Composition d'un moteur pas à pas à réluctance variable…… 37

III.3.1.2 Technologie des moteurs pas-a-pas à réluctance variable…….…… 37

III.3.1.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à réluctance .variable……37

III.3.2 Moteur pas à pas à aimants permanents MP ……..……38

III.3.2 .1 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent …….…..……38

III.3.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à aimant permanent……...……39

III.3.4 Les avantages et les inconvénients des moteurs pas à pas aimant permanent ……..…40

III.4 Moteur pas-à-pas hybride MH ……...……43

III.4.1 Composition d'un moteur pas à pas hybride ……...……44

III.4.2 Fonctionnement d'un moteur pas à pas hybride……46

III.4.3 Technologie des moteurs pas à pas hybrides ……47

III.4.4 Commande d'un moteur pas à pas hybride ……..……49

III.5 Avantages du moteur pas à pas hybride ……..……51

III.6 Inconvénients du moteur pas à pas hybride …….……51

III.7 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas ……52

III.8 Conclusion ……...……53

CHAPITRE IV : Réalisation et interprétation des résultats

IV. Introduction……..……54

IV.1 bloc 01(programme PC) ……55

IV.3 Création de l'interface graphique……..……57

IV .1.1 Interface série sur PC ……..58

IV .1.2 Précaution d'usage de MATLAB dans l'ouverture et la fermeture des ports……..59

IV .2 Partie électronique ……...……..60

IV.2.1 bloc 02 : Réalisation de l'alimentation stabilisée …….……60

IV .2.1.1 Analyse du circuit……62

IV.2.2 bloc 03 : Commande du moteur pas-à-pas…….……66

IV.2.2. 1 schéma de commande ……...……66

IV.2.2. 2 Principe…….……67

IV.2.2. 3 Description du NE555…….…… ……67

IV.2.3 Les bascules J-K……...……69

LES ESSAIS EXPERIMENTAUX……...……...74

CONCLUSION GENERALE ……81

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Zoom de l'image pixellisée. . ……... 7

Figure I.2 pixel par centimètre de résolution. ……8

Figure I.3 pixel par centimètre de résolution……. 8

Figure I.7.1 : Chaîne d'acquisition d'image numérique……...12

Figure I.7.2 Schéma de principe d'un numériseur d'image optique……12

Figure I.13 Effet de lissage……...16

Figure II.1 Représentation du problème de l'asservissement visuel……...23

Figure II.2 Perception pour agir……...24

Figure II.3 Schéma bloc de l'asservissement visuel……25

Figure II.4 Diagramme explicatif de la partie Perception et Action……26

Figure II.5 Différents types de points d'intérêts. (A) les coins, (B) jonctions en T, (C) points de fortes variations de texture……..32

Figure II.6. Structure d'un asservissement visuel 2D…….33

Figure II.7 Structure d'un asservissement visuel 3D…….....33

Figure II.8 Schéma bloc de l'asservissement visuel 2D ½……..34

Figure II.9 Schéma d'un asservissement visuel « d2D/dt »…….35

Figure III.1 Moteur pas a pas……...36

Figure III.2 schéma d'un moteur bipolaire……...38

Figure III.3 schéma d'un moteur unipolaire…….39

Figure III.4 Fonctionnement en pas entier à réluctance variable…….41

Figure III.6 Fonctionnement en mode demi-pas à réluctance variable……42

Figure III.7 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent ……43

Figure III.9 Fonctionnement en mode « High Torque » à aimant permanent……..44

Figure III.10fonctionnement en mode demi-pas a aimant permanant……..45

Figure III.11 Composition d'un moteur pas à pas hybride……...45

Figure III.12 Moteur pas à pas hybride en fonctionnement……..47

Figure III.13 Moteur pas à pas hybride 4 fils……48

Figure III.14 Moteur pas à pas hybride 6 fils……49

Figure III.15 Moteur pas à pas hybride 8 fils……49

Figure IV. 1 schéma descriptif du projet réalisé……...54

Figure IV.2 Fig. cercle N°1 ……54

Figure IV.3 cercle N°2……. 55

Figure IV.4 détection de centre avec les cercles indésirable……... 55

Figure IV.5 finale de la capture du cercle ……56

Figure IV.6 Interface Graphique sous MATLAB ……56

Figure IV.7 Les pines de l'RS232……. 58

Figure IV.8 Schéma synoptique de l'alimentation stabilisée ……..59

Figure IV.9 schéma d'alimentation stabilisé de notre projet……59

Figure IV.10 circuit imprimé de notre l'alimentation stabilisée…… 60

Figure IV.11 Bloc d'abaissement de la tension……. 61

Figure IV.12 Bloc de redressement ……62

Figure IV.13 Partie de filtrage par condensation……... 63

Figure IV.14 Allure de tension……...63

Figure IV.15 Partie de régulation……64

Figure IV.16 Allure de tension entre l'entrée et la sortie……64

Figure IV.17 schéma complète du travail réalisé……..65

Figure IV.18 Circuit de commande……..67

Figure IV.19 NE555 (vue de dessus) ……68
Figure IV.20 Schéma d'application du NE555 ……68
Figure IV. 21 Schéma du chrono diagramme ……..70
Figure IV.22 description du 74LS76 ……70
Figure IV.23 Chronogramme pour bascules J-K ……70
Figure IV.24 schéma de commande sur une plaque Hitchman……71
Figure IV.25 Moteur pas-à-pas……72
Figure IV.26 Schéma de circuit d'adaptation……...72
Figure IV.27 Schéma de montage de l'adaptation……72
Figure IV.28-B premier essai……73
Figure IV.28-A premier essai……74
Figure IV.29-A première capture essai N°2……..75
Figure IV.29-B première capture essai N°2……..76
Figure IV.30-A deuxième capture essai N°2……... 75
Figure IV.30-B deuxième capture essai N°2……... 76
Figure IV.31-A troisième capture essai N°2 ……77
Figure IV.31-B troisième capture essai N°2 ……78
Figure IV.32-A dernière capture essai N°2 ……...……...78
Figure IV.32-B dernière capture essai N°2 ……..79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Les formats de l'image numérique …… ……..6
Tableau III.1 alimentation d'un enroulement à la fois……..39
Tableau III.2 alimentation de deux enroulements à la fois……...39
Tableau III.3 Séquence d'alimentation des enroulements……40
Tableau III-1 : Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas …..51
Tableau IV.1 Table de vérité…… 69

INTRODUCTION GENERALE

Les récents développements technologiques notamment en informatique, ont imposé les systèmes numérique dans notre quotidien.ces système qui vont des simples applications sont devenu quasi indispensables. Cette nouvelle ère du numérique a également sonné l'heure de la révolution dans le domaine de la photographie et plus généralement dans celui de l'imagerie

Les enjeux autour de l'imagerie numérique sont énormes, ils peuvent être d'ordre qualitatif et traiter la bonne formation des images comme l'imagerie médicale, mais aussi d'ordre quantitatif lorsqu'il s'agit d'échanger via internet des millions d'images. Ou encore d'ordre cryptographique dans le cas de données confidentielles.

C'est pour toute raison que nombreuses personnes sans le domaine de la recherche universitaires mais aussi les industriels s'intéressent à ce nouveau domaine issu de l'imagerie numérique qui est le traitement de l'image

Les objectifs de la vision par ordinateur sont nombreuse tant que le champ d'application est vaste, ils vont de l'analyse des caractères à des interventions complexe dans les milieux hostiles, l'inspection sous ces défirent aspecter et les diverse taches dans l'industrie.

Parmi les nombreuses aspects que soulève le processus de vision, trois principaux points concerne la segmentation et la représentation d'image et c'est à laide de l'outil de programmation MATLAB, le second correspond a l'interprétation et le dernier concerne le déclanchement de l'action qui fait tourner le moteur a la position calculée. Ce mémoire répond au plan suivant :

- Un premier chapitre, dans lequel on parlera essentiellement au traitement d'image
- Le second chapitre sera consacré à l'état de l'art de l'asservissement visuel, ces diverses types aussi qu'aux caractéristiques des primitives visuelles
- Le troisième chapitre étudie les moteur pas-à-pas avec ces défirent type ainsi que leurs diverse technologie et leur mode de commande

➢ Le dernier chapitre contient l'interprétation des résultats expérimentaux ainsi que l'application des paramètres des trois chapitres qui le président

En fin nous terminons par une conclusion générale sur le travaille accompli et sur les résultats obtenus

Ch1 : Traitement d'image.

I.1 Introduction :

Le traitement d'image désigne une discipline de l'informatique et des mathématique appliquées qui étudie les images numériques et leur transformation afin d'extraire une information. Les images constituent l'un des moyens les plus importants qu'utilise l'homme pour communiquer avec ses semblable, les efforts récent élargissent même cette communication aux machines, le traitement d'image est l'ensemble des méthodes qui cherchent à rendre cette équation possible, plus simple et plus agréable. Il est né de l'idée de la nécessité de remplacer l'observateur humain par la machine, les images ont alors été numérisées pour pouvoir être traitées par l'ordinateur. On peut dire qu'on traite une image dés lorsque l'on extrait une information, autrement dit, le type de traitement que subit une image dépond de but pour lequel est traitée cette image et qui peut être l'une des objectifs suivants :

- Améliorer la qualité de l'image : la rendre plus agréable à l'œil ainsi qu'améliorer sont contraste et ressortir certains formes de zone.

- Retrouver une image idéale : corriger les distorsions géométriques ou photométriques et corriger le flou dû à l'instabilité de l'appareil de prise de vue.

- Chercher à détecter la présence de certaines formes (contours, textures de modèles connus) en préservant les autres informations contenus dans l'image.

- Compréhension de l'image pour doter la machine de capacités visuelles.

L'utilisation du traitement d'image touche des domaines très variés :

- **La robotique** : dont les tâches usant de l'imagerie sont principalement le contrôle de qualité ainsi que la robotique mobile.

- **Les technologies biomédicales** : 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 satellitaires, l'analogie de ressources terrestres et les analyses méthodologiques.

A ces trois domaines s'ajoutent cependant d'autres, nous pouvons citer entre autres l'astronomie, la physique nucléaire et l'armement(le guidage des micelles). Le traitement numérique des images se résume en un ensemble de techniques permettant la transformation des images numériques.

I.2 Historique

Le traitement d'images commence à être étudié dans les années 1920 pour la transmission d'images par le câble sous-marin allant de New York à Londres. Harry G. Bartholomew et Maynard D. McFarlane[1] effectuent la première numérisation d'image avec compression de données pour envoyer des fax de Londres à New York. Le temps de transfert des donnés passe ainsi de plus d'une semaine à moins de trois heures. Il n'y a pas vraiment d'évolution par la suite jusqu'à la période d'après-guerre.

Le traitement du signal prend de l'importance vers la fin de la Seconde Guerre mondiale avec l'arrivée du radar. La prospection pétrolière participe aussi beaucoup au développement des techniques de traitement du signal.

I.3 Définition de l'image

L'image constitue l'un des moyens les plus importants qu'utilise l'homme pour communiquer avec autrui. C'est un moyen de communication universel dont la richesse du contenu permet aux êtres humains de tout âge et de toute culture de se comprendre. C'est aussi le moyen le plus efficace pour communiquer, chacun peut analyser l'image à sa manière, pour en dégager une impression et d'en extraire des informations précises.

L'image est une représentation d'une personne ou d'un objet par la peinture, la sculpture, le dessin, la photographie, le film, etc…, c'est aussi un ensemble structuré d'informations qui, après affichage sur l'écran, ont une signification pour l'œil humain. Elle peut être décrite sous

la forme d'une fonction ***I(x,y)*** de brillance analogique continue, définie dans un domaine borné, Les ***x*** et ***y*** sont les coordonnées spatiales d'un point de l'image et ***I*** est une fonction d'intensité lumineuse et de couleur. Sous cet aspect, l'image est inexploitable par la machine, ce qui nécessite sa numérisation.

I.3.1 Les images numériques :

Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo, ou dessinées sur du papier, les images manipulées par un ordinateur sont numériques (représentées par une série de bits). L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou de couleurs prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.

La numérisation d'une image est la conversion de celle-ci de son état analogique en une image numérique représentée par une matrice bidimensionnelle de valeurs numériques ***f(x,y)*** où :

x, y : coordonnées cartésiennes d'un point de l'image.

f(x, y) : niveau de gris en ce point

Pour des raisons de commodité de représentation pour l'affichage et l'adressage, les données images sont généralement rangées sous formes de tableau I de n lignes et p colonnes. Chaque élément ***I(x, y)*** représente un pixel de l'image et à sa valeur est associé un niveau de gris codé sur m bits (***2^m niveaux de gris ; 0 = noir ; 2^{m-1} = blanc***). La valeur en chaque point exprime la mesure d'intensité lumineuse perçue par le capteur.

Il existe deux sortes d'images numériques : les images matricielles et les images vectorielles.

❖ Dans une image vectorielle les données sont représentées par des formes géométriques simples qui sont décrites d'un point de vue mathématique, par exemple, un cercle est décrit par une information du type (cercle, position du centre, rayon). Ces images sont essentiellement utilisées pour réaliser des schémas ou des plans. Les logiciels de dessin industriel fonctionnent suivant ce principe. Les principaux logiciels de traitement de texte ou de **PAO** (publication assistée par ordinateur) proposent également de tels outils. Ces images

présentent deux avantages : elles occupent peu de place en mémoire et peuvent être redimensionnées sans perte d'information.

❖ Une image matricielle est formée d'un tableau de points ou pixels, plus la densité des points sont élevée, plus le nombre d'informations est grand et plus la résolution de l'image est élevée. Corrélativement la place occupée en mémoire et la durée de traitement seront d'autant plus grandes.

I.3 .2 Les formats d'image numérique :

Les images vues sur un écran de télévision ou une photographie sont des images matricielles. On obtient également des images matricielles à l'aide d'un appareil photo numérique, d'une caméra vidéo numérique ou d'un scanner. Mais il existe d'autres formes d'mages, se sont les images vectorielles [4].

I.3.2.1 Les images matricielles(ou bitmap) :

Une image matricielle (ou bitmap) est une image constituée d'un ensemble de points : les pixels. Chaque point porte des informations de position et de couleur.

Format d'images bitmap : ***BMP, PCX, GIF, JPEG, TIFF***. Les photos numériques et les images scannées sont de ce type.

I.3.2.2 Les images vectorielles :

Les images vectorielles sont composées de formes géométriques qui vont pouvoir être décrites d'un point de vue mathématique. Par exemple, une droite sera définie par deux points, un cercle par un centre et un rayon. Le processeur est chargé de "traduire" ces formes en informations interprétables par la carte graphique (images Word, format ***WMF, CGM***, etc.).Pour Les avantages d'une image vectorielle, les fichiers qui la composent sont petits, les redimensionnements sont faciles sans perte de qualité. On peut aussi cité comme inconvénients qu'une image vectorielle ne permet de représenter que des formes simples. Elle n'est pas donc utilisable pour la photographie notamment pour obtenir des photos réalistes.

I.3.3 Les formats de fichier des appareils photos numérique (APN) :

Les images sauvegardées sur la carte mémoire d'un APN sont toujours de type Bitmap. Le format le plus répandu est le format ***JPEG***. C'est un format de compression qui peut compresser les fichiers à plus de 90 %.

Les **APN** sont accompagnés de logiciels qui permettent de faire un choix du taux de compression. Plus le taux de compression est élevé plus l'image est altérée. Inversement un taux de compression moins grand donne une qualité d'image supérieure mais un fichier plus gros.

Nom de format	Points forts	Points faibles	Note
JPEG JPEG 2000 Joint Photographic Experts Group	Excellente compression	Compression destructrice	Spécialement conçu pour les photographies, il est cependant à utiliser avec délicatesse tant sa compression peut brouiller l'image.
GIF (GRAPHICAL INTERCHANGE FORMAT)	Possibilité d'animation et de transparence, Compression efficace	Mité à 256 couleurs	Très répandu sur le Web malgré ses faiblesses et un problème de droit sur son format de compression. À déconseiller pour les photos.
PNG (PORTABLE NETWORK GRAPHICS)	Excellente Compression sans perte de formats Possibilité de transparence standard donc pérenne.	Pas très efficace pour les larges photographies	Format destiné à remplacer le format GIF et ses limitations, mais ayant encore du mail à s'implanter dans les habitudes des

TIFF (Tagged Image	Compression sans perte efficace de couches de transparence	Lourdeurs des fichiers non compressé	Formats de stockages très utilisés, à évité pour le web
BMP (Bitmap)	Formats par défaut de Windows	Disponibles uniquement sur la plateforme de Windows	Généralement non compressé et e ce fait des fichiers très « lourds »

Tableau I.1 Les formats de l'image numérique

I.3.4 Pixellisation d'une image :

La pixellisation d'une image, appelée aussi définition, est le nombre de points qui la composent. Ainsi, toute image est constituée de la juxtaposition de points. Sur notre image 'fleur', nous avons ***800*** lignes comportant chacune ***600*** points soit un total de ***480 000*** points ayant chacun une couleur pour la représenter [5].

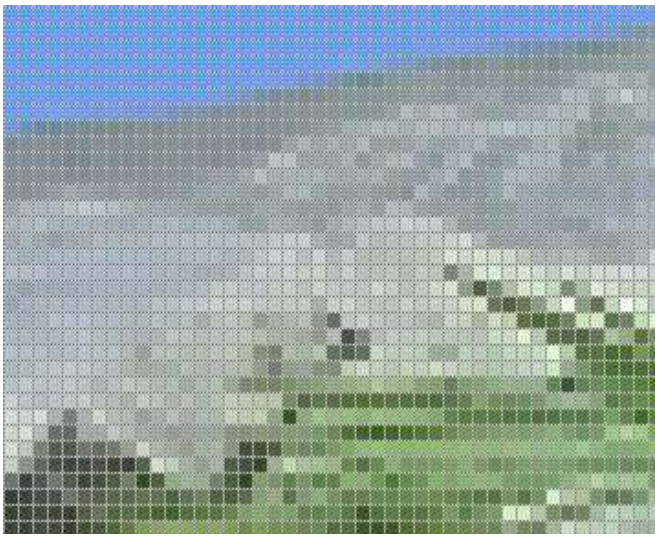


Figure I.1 Zoom de l'image pixellisée

En grossissant cette image avec un logiciel de dessin (***paintbrush***), on peut mettre facilement en évidence la pixellisation de l'image.

I.3.5 Résolution d'une image :

Une image est divisée en points ou pixels, considérons une image de ***10 cm*** sur ***10 cm*** avec une résolution très faible de ***10pixels*** par cm, elle est codée sur ***100 x 100 = 10000*** pixels. Avec une résolution convenable de 100 pixels par cm (un pixel mesure ***0,1 mm***), elle serait codée sur ***1000 x 1000 = 1000000 pixels = 1 M pixels***. Le symbole M signifiant million. En général on utilise l'unité de longueur anglo-saxonne le pouce ou ***inch***. La résolution d'une image s'exprime alors en pixels par pouce ***(ppp***) ou « ***dots per inch*** » (dpi en anglais), on observe l'effet de pixellisation dans le cas de 18 pixels par pouce soit environ ***7 pixels*** par centimètre (figure I.2)[5].



Figure I.2 7pixel par centimètre de résolution.

L'image proposée dans la figure I.3 est à***72 pixels*** par pouce soit environ ***30 pixels*** par centimètre. Cette résolution correspond à celle d'un écran d'ordinateur, elle est donc idéale pour visualiser une image sur l'écran.



Figure I.3 30 pixel par centimètre de résolution.

I.4 Segmentation des images :

La segmentation est une opération de traitement d'image qui consiste à découper une image en zones homogènes appelées régions. Chaque région est constituée de pixels c'est-à-dire des plus petits éléments d'une surface d'affichage auxquels on peut associer une couleur et une intensité. Ainsi l'union de ces régions doit redonner l'image initiale. C'est une étape importante pour l'extraction des informations qualitatives de l'image comme sa taille, sa couleur, sa forme, son orientation avec l'étude notamment du niveau de gris qui s'appuie sur l'intensité lumineuse du pixel. Pour se faire, la segmentation peut utiliser divers algorithmes autrement dit des processus de traitement qui mènent à partir de données initiales et variées, au résultat fini ce qui mène alors à l'obtention de segmentations différentes.

Ainsi l'objectif premier de la segmentation est de simplifier et/ou de modifier la représentation d'une image en une autre qui est plus significative et plus facile à analyser.

I.4.1 Les différents types de segmentation :

I.4.1.1 La segmentation basée sur les pixels :

Cette première catégorie travaille sur des histogrammes de l'image. L'algorithme construit des classes de couleurs qui sont ensuite projetées sur l'image. On regroupe ainsi des endroits de l'image par couleur, mais cette segmentation n'est pas toujours optimale car

certaines régions de l'image sont disjointes même si elles appartiennent à un même groupe de couleur.

I.4.1.2 La segmentation basée sur les régions :

Cette catégorie peut correspondre aux algorithmes d'accroissement de régions. Ce type de segmentation consiste à prendre un ensemble de petites régions uniformes dans l'image et à regrouper les régions adjacentes de même couleur jusqu'à ce qu'aucun regroupement ne soit plus possible. Les méthodes d'accroissement de régions sont les méthodes de segmentation les plus simples. Cette catégorie peut aussi correspondre à des algorithmes de découpage de régions : on part de l'image entière que l'on va subdiviser en plus petites régions tant que ces régions ne sont pas suffisamment homogènes. Les algorithmes dits « split and merge » sont un mélange de ces deux techniques.

I.4.1.3 La segmentation basée sur les contours :

Cette catégorie s'intéresse aux contours des objets dans l'image. Des filtres détecteurs de contours sont appliqués à l'image. Si l'image est très contrastée, le résultat est satisfaisant, mais dans le cas contraire, il faut utiliser des techniques de reconstruction de contours. Cette technique est locale et en général trop limitée pour traiter des images complexes.

I.5 Binarisation de l'image :

En traitement d'image, la binarisation est une opération qui produit deux classes de pixels, en général, ils sont représentés par des pixels noirs et des pixels blancs, la différence entre la binarisation et la segmentation est que la binarisation produit toujours deux classes alors que la segmentation peut en produire plusieurs. Cependant, ces deux termes sont souvent confondus par abus de langage.

I.5.1 Application dans la binarisation d'images :

Pour le seuillage des images, le but principal est d'obtenir deux classes « blanc » et «Noir » à partir de l'image originale à niveaux de gris. Cependant, il n'y aucune assurance pour une classification grâce à un seuil quelconque. La question se pose toujours si un point est vraiment « noir » ou « blanc » ? La théorie de sous-ensembles flous est devenue une

solution. En définissant un intervalle flou, la fonction d'appartenance nous permet d'obtenir deux sous ensembles flous représentant le « noir » et le « blanc » de l'image.

I.6 Les types de données manipulées en traitement d'image :

Le traiteur d'image dispose principalement d'images numériques, donc échantillonnées. Il dispose également de données intermédiaires de diverses natures : cartes de régions, listes de points connexes, tableaux de valeurs mesurées, etc.…

En ce qui concerne les images proprement dites, la représentation la plus utilisée est celle d'un tableau à deux dimensions composé d'un ensemble de lignes et de colonnes. Chaque cellule du tableau, appelée pixel, contient une valeur quantifiée. Cette valeur est une sémantique dépendant du type de signal qu'elle code (intensité lumineuse du point, distance à un point de référence, ou numéro de la région d'appartenance par exemple). Dans le cas des images ***3D***, la représentation n'est plus un tableau à ***2D*** mais un tableau à ***3D***.

I.7 Acquisition d'une image :

L'acquisition d'images est loin de se restreindre au spectre visible, mais parcourt l'ensemble du spectre électromagnétique, des rayons gamma jusqu'aux ondes radio. L'utilisation d'une bande de fréquence dépend essentiellement de l'application. Ainsi, les images acquises par rayons ***X*** ou par rayons gamma sont surtout utilisées en imagerie médicale et en astronomie. En médecine, on utilise des imageurs ***IRM, TEP,*** scanner ***X,*** échographie Doppler, échographie, scintigraphie, Tomographie, etc…

Il est également possible de produire des images à partir de radar. La différence avec un capteur classique, qui se contente de recevoir un signal électromagnétique, est qu'il produit sa propre illumination par génération d'ondes radio grâce à une antenne, l'image est alors produite à partir de la réflexion du signal sur la cible. Il est également possible de générer une image en dehors du spectre électromagnétique, par exemple à partir d'une source sonore (échographie, prospection pétrolière…, etc…).

Le rôle des systèmes d'acquisitions est de transformer une image de l'environnement externe (scène analogique) en une matrice de valeurs numériques $f(x,y)$ ou x ***et*** y sont les coordonnes spatiales et $=$ une fonction dont la valeur est proportionnelle à la luminance au nivaux de gris de l'image en ce point[2].

Les moyen d'acquisition les plut connus peuvent être classés en deux catégories principales, les caméras et les scanners.

I.7.1 Le scanner :

C'est l'un des périphériques les plut utilisés de l'ordinateur le scanner reçoit la lumière réfléchie par l'image éclairée d'une source lumineuse constante qui est fournie par des tubes lumineux, Ces rayonnements sont recueillis par un miroir ou une lentille qui émet une tension proportionnelle à ces derniers. Ensuite, à l'aide d'un convertisseur, l'information électrique est transformée en une information numérique qui constitue un fichier exploitable.

I.7.2 La caméra :

La caméra est surtout utilisée pour la prise d'image vidéo. Néanmoins, elle peut être utilisée pour l'acquisition de l'image dans d'autres domaines que la cinématographie. Il existe principalement deux types de caméras :

- Caméra a tube.
- Caméra CCD (Charched Coupled Device).

Dans le domaine optique, de l'ultraviolet à l'infrarouge, l'acquisition d'image numérique (Figure I.7.1, Figure I.7.2) revient à numériser une image analogique de la scène observée. Quelle que soit la technologie (CCD, scanner, appareil photo numérique, etc.), elle requiert 3 étapes :

- création de l'image optique de la scène dans le plan image du système optique qui agit comme un filtre passe bas de fréquence de coupure ***fc*** (pas de fréquence ***f> fc*** dans l'image optique), saisie de l'image optique (deux opérations). Un spot / ouverture de taille a balaye l'image optique. deux durant un temps ***T***, un élément photo sensible (***photo diode / CCD*** ponctuel, linéaire ou surfacique, souvent avec des registres de décalage ***CCD***) capte l'énergie lumineuse et la transforme en signal électrique. Le spot induit un filtrage passe bas de fréquence de coupure ***1/a***.

- L'échantillonnage peut entraîner une perte de résolution spatiale et un repliement de spectre.

- conversion "analogique - numérique" de l'image saisie. Un numériseur convertit la tension électrique (***U: Volt***) de chaque pixel en compte numérique (***CN***) codé sur un nombre prédéfini de bits. L'image est ensuite stockée sur un support physique (***CD*** Rom, disque dur,...) pour être ultérieurement visualisée et analysée, en vue d'une éventuelle prise de décision.

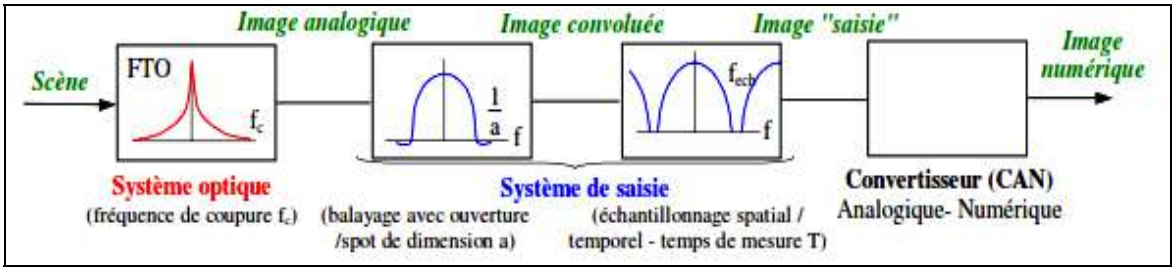


Figure I.7.1: Chaîne d'acquisition d'image numérique

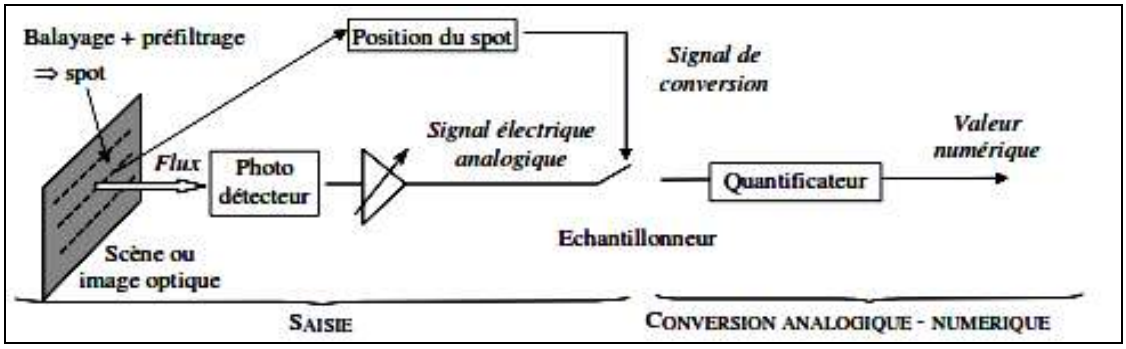


Figure I.7.2 Schéma de principe d'un numériseur d'image optique

I.8 Balayage de l'image :

I.8.1 Techniques de balayage d'images :

Le balayage entrelacé et le balayage progressif sont les deux techniques disponibles aujourd'hui pour la lecture et l'affichage d'informations produites par des capteurs d'images. Le balayage entrelacé est utilisé principalement dans les capteurs ***CCD***, alors que le balayage progressif est utilisé dans les capteurs ***CCD*** ou ***CMOS***. Les caméras réseau peuvent exploiter l'une ou l'autre technique de balayage. (Les caméras analogiques, quant à elles, ne peuvent utiliser que la technique du balayage entrelacé pour le transfert des images sur un câble coaxial et pour leur affichage sur des moniteurs analogiques.) Il existe principalement deux types de balayage :

I.8.1.1 Le balayage entrelacé :

L'entrelacement (en anglais interlace), ou balayage entrelacé, est une technique destinée à doubler le nombre d'images par seconde perçu sans augmenter le débit. L'entrelacement a d'abord été utilisé pour réduire l'impression de scintillement sur un écran à faible fréquence de balayage.

I.8.1.2 Le balayage progressif :

Le balayage progressif « progressive scan » est un mode d'affichage utilisé par les écrans électroniques. On l'oppose en général au balayage entrelacé. Ce type de balayage est utilisé notamment par les écrans d'ordinateurs et les téléviseurs haute définition(***HD***), les normes vidéos de diffusion d'images progressives sont dénotées par l'utilisation de la lettre p ***(480p, 720p***) ; à l'inverse, on note ***i*** (***1080i***) pour les systèmes entrelacés.

Le principe du balayage progressif est d'afficher la totalité de l'image en une seule fois, ce qui l'oppose au balayage entrelacé, dans lequel les lignes impaires de l'image sont affichées, suivies ensuite des lignes paires. Chaque trame correspond donc ici à une image entière, et la fréquence de rafraîchissement de l'écran correspond également à la cadence d'image (en entrelacé, la fréquence de rafraîchissement correspond au double de la fréquence d'image).

I.9 Opérateurs de traitement d'images :

Par analogie avec les opérateurs mathématiques, on appelle opérateurs de traitement d'images des traitements plus ou moins complexes prenant en entrée une image ou un ensemble d'informations relatif à une image, et produisant une image ou un ensemble d'informations relatif aux données initiales, on classe généralement les opérateurs en différentes familles[2], en fonction des informations qu'ils acceptent en entrée et qu'ils fournissent en sortie, et en fonction des transformations qu'ils font subir aux données. On peut les classifier comme :

I.9.1 Opérateurs image-image :

Le rôle des opérateurs de modifications pixel à pixel (aussi appelés opérateurs point à point) est changement de la dynamique de l'image, commettant des opérateurs binaires pixel à

pixel (***et, ou, xor***, etc.), des opérateurs locaux qui traitent les pixels en fonction de leur voisinage, les opérateurs de flou, les opérateurs morphologiques (érosion, dilatation, squelette)et les opérateurs de détection de contours, pour les opérateurs image-image, on a deux types de base :

- **Opérateurs dans l'espace fréquentiel** : ce sont opérateurs de réduction du bruit composés de filtres passe-bande (souvent utilisés en première approche pour améliorer l'image, on les appelle alors des opérateurs de prétraitement)
- **Opérateurs globaux** : concis pour le calcul des distances.

1.9.2 Opérateurs image-ensemble d'informations :

Pour ce type d'opérateurs, on a les caractéristiques suivantes :

- opérateurs de segmentation en frontières, en régions.
- opérateurs de classification de pixels.
- opérateurs de calcul de paramètres.

1.9.3 Opérateurs ensemble d'informations-image :

Leurs travail est principalement la Construction d'image à partir d'une carte de régions ou d'une liste de frontières.

1.9.4 Opérateurs morphologiques :

La morphologie mathématique offre des opérateurs non linéaires particulièrement utiles pour filtrer, segmenter et quantifier des images. Initialement destinée au traitement des images binaires, elle a très vite été généralisée aux images à niveaux de gris, puis aux images en couleurs et multi-spectrales. La nature des opérateurs morphologiques fait qu'ils se prêtent bien au développement de circuits électroniques spécialisés (ou bien à l'utilisation de ***FPGA***) dans les opérateurs morphologiques.

I.9.5 Opérateurs point à point :

Cette amélioration peut servir dans un premier temps à faciliter la visualisation de l'image sur un écran d'ordinateur. Les capacités de vision de l'être humain étant limitées, il est indispensable d'adapter la dynamique de l'image à notre vision.

On parle souvent de « Look up Table » (ou ***LUT***) que l'on retrouve également dans les FPGA. Il s'agit de l'opérateur le plus simple qu'on puisse trouver puisqu'en chaque pixel de l'image on modifie le niveau de gris à l'aide d'une fonction. Ainsi, pour éclaircir une image, on applique une fonction à chaque niveau de gris. Au contraire pour rendre plus sombre une image un peu trop saturée, on applique une fonction exponentielle. On peut remarquer que le seuillage (binaire) n'est rien d'autre qu'une table d'affichage particulière, celle qui associe le noir à tous les niveaux inférieurs à un certain seuil et le blanc à tous les autres. Il s'agit d'un opérateur très simple et particulièrement utilisé mais qui cache une grande difficulté.

Les opérations point à point ne travaillent que sur un pixel (et non sur un voisinage), ils ont un effet bien limité. En présence de bruit elles ne sont d'aucune utilité.

I.9.6 Opérateurs locaux :

Les operateurs locaux sont des opérateurs de traitement plus complexes scindés bien souvent en deux sous-catégories :

- ✓ les opérateurs linéaires.
- ✓ les filtres non linéaires.

La première sous-catégorie comprend tous les opérateurs pouvant exprimer leur résultat comme une combinaison linéaire des niveaux de gris d'un voisinage de l'image. Ces filtres possèdent des caractéristiques spectrales, on parle ainsi de filtre passe-bas (l'image devient floue) ou de filtre passe-haut (les contours ressortent).

La deuxième sous-catégorie comprend le domaine de la morphologie mathématique, ainsi que d'autres traitements comme les détecteurs de points caractéristiques, l'opérateur de Di-Zenzo[2] (détecteur de contour généralisé au cas couleur), le filtre Retinex[2], ainsi que les opérateurs homomorphiques (ceux qui travaillent sur le logarithme de l'image), mais aussi

tous les opérateurs permettant d'extraire par exemple des informations sur la texture de l'image (matrice de cooccurrence, indice fractal, longueur de plage...).

On a souvent l'habitude de voir un détecteur de contours s'appliqué après un filtre linéaire passe-bas ce qui rend l'image floue, la plupart du temps, il faut combiner astucieusement un filtre non linéaire et un filtre linéaire afin de détecter ce que l'on souhaite tout en faisant abstraction du bruit. Une fois le bruit est éliminé, l'image est restaurée et afin de compenser les déformations introduites par le milieu de transmission et l'optique d'acquisition, on peut passer à l'étape de segmentation qui doit permettre de réaliser une partition de l'image en ensembles connexes homogènes.

I.10 Le lissage d'image :

Le lissage d'images est une opération importante en traitement d'images, utilisée pour atténuer un bruit qui corrompt l'information, généralement avant un autre traitement. Cette opération consiste le plus souvent à appliquer à l'image un filtre linéaire passe-bas numérique. Le traitement de l'image présente deux particularités. D'une part, il s'agit de signaux qui nécessitent des traitements dans un espace à deux dimensions. D'autre part, à la différence de ce qui se passe par exemple avec le son, la définition naturelle des filtres se situe dans l'espace plutôt que dans le domaine des fréquences.

En numérique le filtre est représenté mathématiquement par une matrice, un tableau de nombres. S'il est symétrique avec un nombre impair de termes, comme dans les exemples qui suivent, la convolution qui permet de traiter l'image s'effectue de manière très simple. Le centre du filtre étant placé sur le pixel à traiter, on multiplie les coefficients du filtre par les valeurs des pixels correspondants et on ajoute les résultats. Pour conserver le niveau initial du signal, la matrice est constituée par des entiers puis divisée par leur somme ; il s'agit donc d'une moyenne éventuellement pondérée.

Une transformation de Fourier adaptée au cas discret est utilisée pour décrire le filtre dans le domaine des fréquences. Pour les filtres symétriques la transformée est réelle mais elle peut comporter des changements de signe correspondant à des oppositions de phase susceptibles de dégrader le signal, pour accélérer le calcul il est souhaitable que le filtre bidimensionnel soit séparable en deux filtres unidimensionnels. La considération du cas

unidimensionnel où la matrice carrée est remplacée par un vecteur permet de comprendre plus facilement l'essentiel des phénomènes [3].

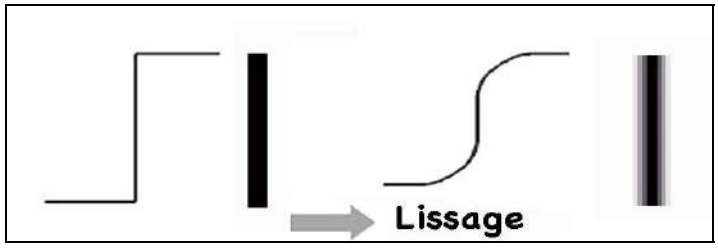


Figure I.13 Effet de lissage

I.11 Les filtres linéaires :

Un filtre linéaire est, en traitement du signal, un système qui applique un opérateur linéaire à un signal d'entrée. Les filtres linéaires sont rencontrés le plus souvent en électronique, mais il est possible d'en trouver en mécanique ou dans d'autres technologies.

I.12 Les filtre les plus utilisé en traitement d'image :

I.12.1Filtre de CANNY :

Le filtre de Canny (ou détecteur de Canny) (1986) [3] est utilisé en traitement d'images pour la détection des contours. L'auteur l'a conçu pour être optimal suivant trois critères clairement explicités :

- *bonne détection* : faible taux d'erreur dans la signalisation des contours,
- *bonne localisation* : minimisation des distances entre les contours détectés et les contours réels,
- *clarté de la réponse* : une seule réponse par contour et pas de faux positifs.

I.12.2 Filtre de PREWITT :

La matrice qui correspond au filtrage horizontal, faisant ressortir essentiellement les contours verticaux, selon l'opérateur de Prewitt, s'écrit $\boldsymbol{h_x = [-1\ 0\ 1]}$ tandis que la matrice verticale $\boldsymbol{h_y}$ est sa transposée. Les deux convolutions avec le tableau de valeurs initiales créent deux tableaux $\boldsymbol{G_x}$ et $\boldsymbol{G_y}$ à l'origine du tableau $\boldsymbol{G}$ sur lequel on peut localiser les maximums.

I.12.3 Filtre de Soble :

On obtient un meilleur résultat en remplaçant le filtre rectangulaire par un filtre triangulaire.

I.13 Détection de contours :

Le but de la détection de contours est de repérer les points d'une image numérique qui correspondent à un changement brutal de l'intensité lumineuse. Ces changements de propriétés de l'image traduisent en général des événements importants ou des changements dans les propriétés du monde. Ils incluent des discontinuités dans la profondeur, dans l'orientation d'une surface, dans les propriétés d'un matériau et dans l'éclairage d'une scène. La détection de contour est un champ de la recherche qui appartient au traitement d'image et à la vision par ordinateur, particulièrement dans le domaine de l'extraction de caractéristiques.

La détection des contours d'une image réduit de manière significative la quantité de données et élimine les informations qu'on peut juger moins pertinentes, tout en préservant les propriétés structurelles importantes de l'image. Il existe un grand nombre de méthodes de détection de l'image mais la plupart d'entre elles peuvent être regroupées en deux catégories. La première recherche les extremums de la dérivée première, en général les maximums locaux de l'intensité du gradient. La seconde recherche les annulations de la dérivée seconde, en général les annulations du laplacien ou d'une expression différentielle non-linéaire.

I.13.1 Les détecteurs de gradient par filtrage :

Ces détecteurs reposent tous sur une recherche d'un extremum de la dérivée première (ou d'un passage par zéro d'une dérivée seconde), celle-ci e´tant calcule´e de diverses manière, mais généralement par un filtrage passe- haut précédé d'un léger filtrage passe-bas pour s'affranchir des bruits. Ces approches par filtrage line´aire sur des critères très simples de sélection en fréquence ont reçu une base théorique dans [Modestino et Fries, 1977, Shanmugam et Green, 1979] [3]. La somme des connaissances sur ce sujet se trouve dans [Torre et Poggio, 1986] [3].

Ainsi, Modestino et Fries[3] ont proposé de détecter les contours par un filtrage de Wiener, le but de ce filtrage e´tant d'effectuer sur l'image non bruite´e une ope´ration de laplacien qui sera suivie par la suite d'une détection de zéro alliée à un seuillage.

I.13.2 Les détecteurs de passage par zéro du laplacien :

Ces méthodes ont e´te´ propose´es en 1976 [Marr et Hildreth, 1980] [3]. Elles ont eu une grande importance historique, étant considéré comme le prototype des détecteurs de contour inspiré des systèmes biologiques (primal sketch de Marr) [3]. Elles utilisent le fait que le passage par zéro du laplacien permet de bien mettre en évidence les extremums de la de´rive´e. Le passage par zéro du laplacien correspond en effet bien au maximum du gradient dans la direction du gradient. Ces méthodes tirent en outre profit du fait que les zéros de la de´rive´e seconde constituent un réseau de lignes fermées (évitant donc, en principe, les e´tapes de poursuite et de fermeture). Il en est de même du réseau des lignes de crête du gradient, mais le premier est plus aise´ment détecté à partir d'un simple étiquage des zones positives et négative. Mais l'estimation de la dérivé seconde étant très sensible aux bruits, il convient de filtrer très fortement l'image avant d'en mesurer le laplacien.

I.13.3 La poursuite et la fermeture des contours :

Si l'on excepte les contours actifs et les passages par zéro de laplacien, la plupart des détecteurs de contours fournissent des contours ouverts, c'est-a`-dire qu'ils ne se´parent pas les composantes de l'image dans des objets topologiquement distincts. Cela rend souvent plus difficile l'e´tape de reconnaissance des formes qui doit suivre. Pour cela, on a propose´ plusieurs méthodes permettant d'obtenir des contours clos. C'est ce que l'on appelle la fermeture de contours.

De nombreuses solutions ont été proposées pour cette étape fondamentale, reposant sur des principes très différents (les contours actifs a extrémistes fixes que nous venons de voir en sont un exemple). La qualité des résultats obtenus est généralement directement Liée au coût.

I.13.4 Extraction de contours :

Une image numérique a été longtemps vue comme une suite ordonnée de point dans chacun possède un attribut comme le niveau de gris ou la couleur qui le caractérisé .une manière plus moderne et plus naturelle de représenter une image est de la modéliser en terme de conteurs et de textures. Les contours représente la frontière entre l'objet et le fond de l'image alors que les textures décrivent la structure de ceux-ci .l'extraction de contours consiste donc à identifier dans l'image les points qui séparent deux textures différents. .Il existe principalement deux approches duales de l'extraction de contour qui sont

respectivement l'approche directe. Et dans cette dernière, les régions correspondantes aux objets sont identifiées par des propriétés texturales (état du surface). Un contour est alors défini comme la ligne qui sépare deux régions appelé segmentation .Dans l'approche directe, un contour est défini comme le lieu des points connexes qui possèdent une forte transition d'intensité lumineuse ou de texture .L'opération ou le traitement qui vise à l'obtenir est appelé extraction de contours.

I.13.5 Chainage de contours :

Dans la plupart des applications la description matricielle fournis la détection de contours n'est pas suffisante. Il est alors nécessaire de passer à une description sous forme de listes chainées de contours. L'objectif du chainage de contours est de passer d'une description matricielle des contours à une description sous forme de listes de contours chainées .Cette étape qui ensemble aisée pose en fait des problèmes difficiles :

I.13.5.1 Le temps de calcule :

Cette étape n'est que transitoire, il faut éviter des temps de calcul trop positives ;

I.13.5.2 La représentation des relations entre les chaines :

Les relations entre les chaines doivent être gérées sans prendre d'informations par rapport à l'information matricielle.

I.13.5.3 La structuration de l'information :

Il faut bien structurer l'information pour que les manipulations de données effectuées par la suite soient aisées. P.Garnesson et Giraudon [6] ont mis au point un algorithme de chainage qui résout en partie ces problèmes en permettant :

- Un chainage rapide en une seule lecture de l'image.
- La possibilité d'un stockage pour divers types d'informations (niveau de gris, pixel, amplitude du gradient,……)
- La possibilité d'éliminer des chaines.
- La minimisation du nombre de chaines.

- ❖ La possibilité de travailler avec des stockages d'images réduits.
- ❖ Une faisabilité temps réel envisageable pour un cout réduit.

Pour cela, ils ont repris l'idée de décomposition d'un pavé ***3×3*** centré autour d'un pixel, en passé, présent, future, idée déjà utilisée le coloriage de taches ou sur des problèmes de restaurations d'images .La méthode se divise en trois étapes principales :

- Création des chaines en parallèles en une passe par un balayage de l'image, avec un pavé ***3×3***, les chaines sont créées par mis à jour itérative par de simples jeux de pointeurs ;
- Fusion des chaines obtenues afin de minimiser leurs nombre ;
- Elimination de chaines suivant un critère (la longueur par exemple).

L'originalité de cette approche par rapport aux nombreux algorithmes de chainage existant est de proposer une structure donnée « propre » permettant d'effectuer le chainage et de représenter son résultat. En effet ; il faut noter que dans les travaux antérieurs, l'aspect structure de données n'avait pas été abordé aussi clairement. Une méthode de segmentation peut permettre ensuite d'obtenir à partir des chaînes de contours une approximation polygonale ou circulaire des contours.

I.14 Conclusion :

Dans ce premier chapitre nous avons fait une description générale des différents types de traitement d'image ainsi que la pixellisation, la binarisation et la segmentation de l'image et nous avons vue les diverses manières de la détection de contours ainsi que l'extraction de l'information en ce basant sur l'image elle-même.

Ch2 : l'état de l'art de l'asservissement visuel

II.1 Introduction

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

L'asservissement visuel est un domaine de recherche dont le but est d'intégrer en temps réel des informations visuelles dans la boucle de commande des robots manipulateurs (fixes) ou mobiles.il en résulte une commande plus précise et plut robuste en présence d'incertitudes et d'erreurs de modélisation. La tâche de base en asservissement visuel est de contrôler de façon stable et robuste un système automatique potentiellement variable dans le temps, à l'aide d'informations visuelles, de nombreuses tâches peuvent également être réalisées, comme par exemple, le seul contrôle de l'orientation de la caméra ; dans tout les cas elles reposent sur la mesure et l'utilisation des informations visuelles extraites en tems réel des images acquises.

L'extraction de l'information après la capture de l'image est une étape primordiale en traitement d'images parce qu'elle nous renseigne sur les zones les plus significatives de celle-ci.

II.2 Le principe de l'asservissement visuel

Le principe de l'asservissement visuel consiste à prendre en compte des informations visuelles issues d'une ou plusieurs caméras dans la boucle de commande d'un système afin d'en contrôler le mouvement du système. Les techniques d'asservissement visuel utilisent la perception afin d'améliorer l'action et augmentent donc la flexibilité et la précision des systèmes robotiques. La boucle perception-vision peut être complétée par la vision active où le mouvement du robot est contrôlé afin d'améliorer la perception.

Les techniques de l'asservissement visuel consistent à utiliser les informations fournies par une caméra afin de contrôler le mouvement d'un système robotique. Pour ce faire, il s'agit de sélectionner au mieux un ensemble de mesures, permettant de contrôler les degrés de liberté souhaités, et d'élaborer une loi de commande afin que ces mesures atteignent une valeur désirée. Le principe de la commande se ramène ensuite à annuler le vecteur d'erreur entre mesure et consigne. C'est-à-dire l'erreur entre les valeurs courante et désirée d'informations visuelles choisies. Nous pouvons illustrer ce principe par la simple figure (II.1).

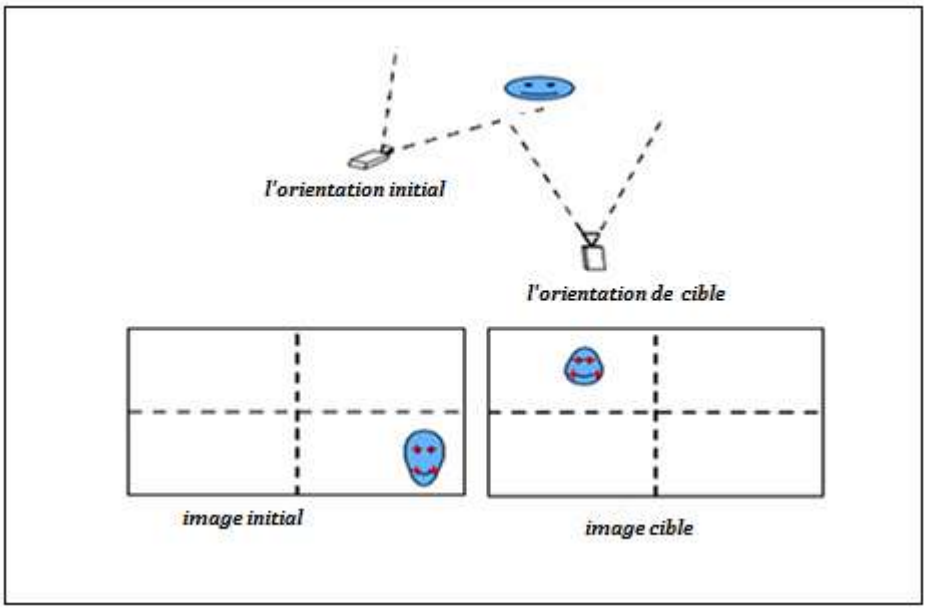


Figure II.1 Représentation du problème de l'asservissement visuel

II.3 Les deux blocs fondamentaux

Pour un système qui suit une cible, la tâche de vision est fondamentale. En effet, la faculté de perception visuelle permet au système de s'informer sur l'état de son environnement et de s'adapter aux possibles variations de ce dernier. Le mouvement du moteur peut être commandé à partir de sa perception visuelle en utilisant la technique l'asservissement visuel.

L'asservissement visuel consiste à utiliser la perception pour l'action dans une boucle fermée, comme le montre la figure (II.2).

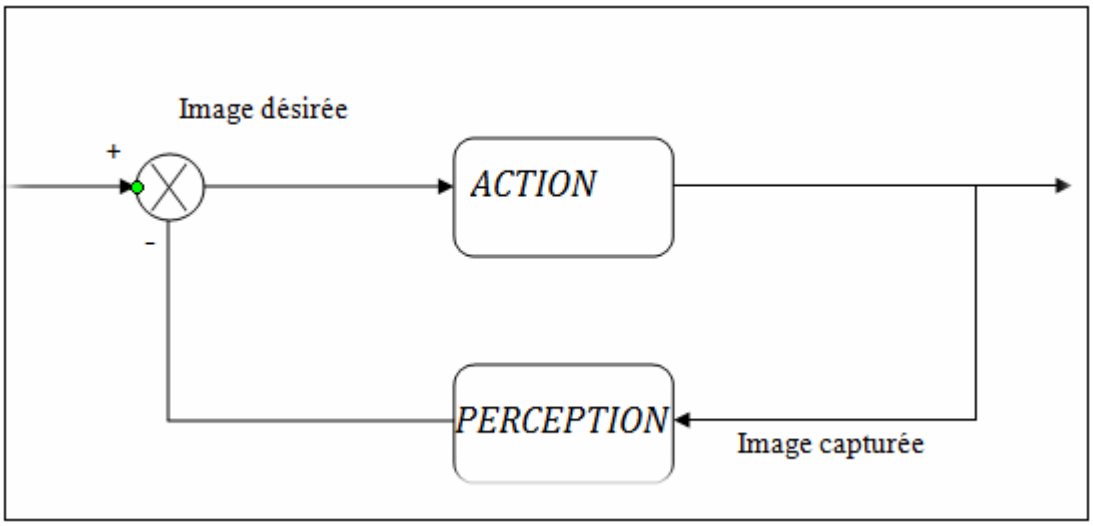


Figure II.2 Perception pour agir

La perception visuelle d'un objet peut être définie comme l'abstraction d'un ensemble de mesures visuelles sur l'objet cible. Par exemple si nous voulons essayer de déterminer les coordonnées d'un point de l'image, la perception se traduit par la position

de l'objet par rapport au système. L'action quant à elle peut être vue comme un mouvement de robot pour effectuer une tâche.

La perception pertinente de l'environnement du système est un facteur déterministe. Pour atteindre cette perception pertinente, reviens à une modélisation d'informations visuelles adéquates. C'est-à-dire permettant au système de s'approcher d'un comportement idéal pendant une tâche.

II.4 Schéma fonctionnel de l'asservissement visuel

La boucle d'asservissement visuel peut être représentée par le schéma bloc de la figure (II.3)

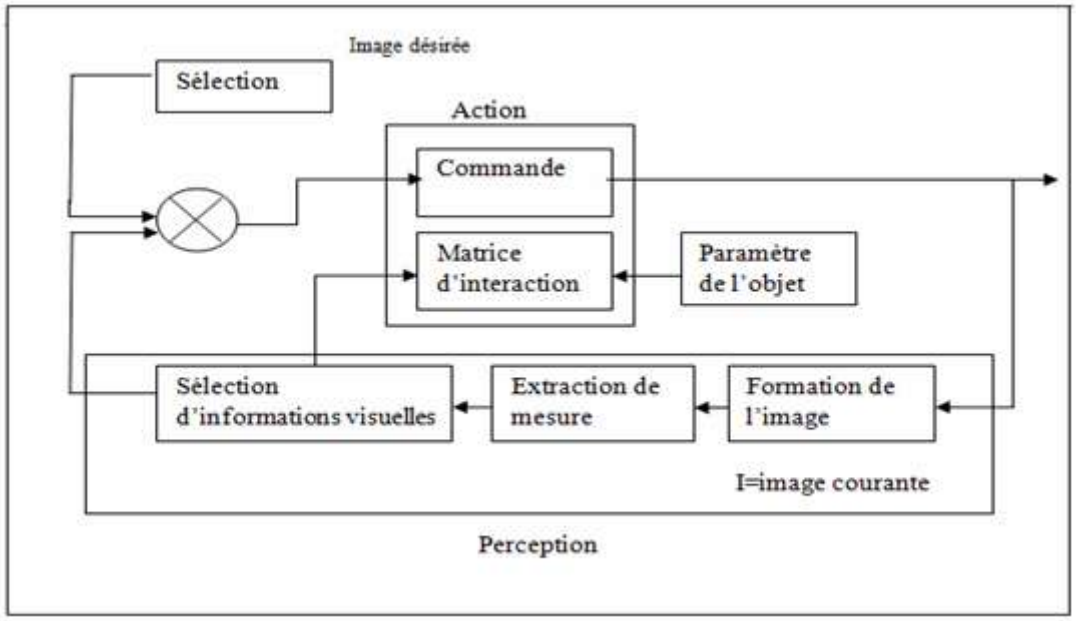


Figure II.3 Schéma bloc de l'asservissement visuel

Comme il est indiqué sur la figure (II.3) la boucle d'asservissement visuel est composée essentiellement de deux parties :

- Partie Perception.
- Partie Action.

Nous pouvons traduire ces deux parties dans le diagramme de la figure (II.4)

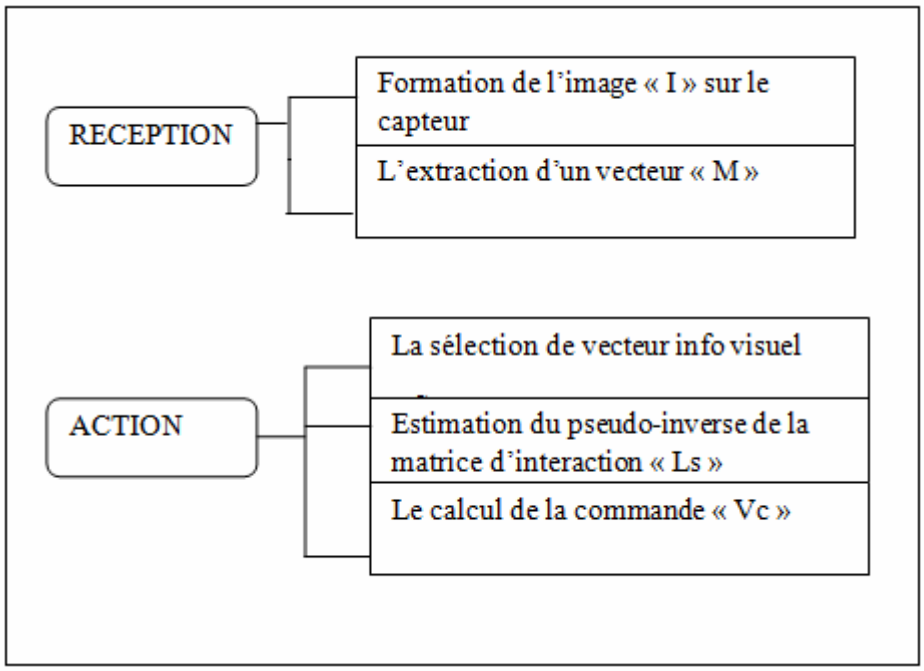


Figure II.4 Diagramme explicatif de la partie Perception et Action

II.5 Application des asservissements visuels

L'asservissement visuel touche à un certain nombre de domaines de recherches, incluant la cinématique (étude des trajectoires), la dynamique (étude des forces), la commande des robots, le traitement d'image en temps réel et la vision active. En tant que tel, c'est une discipline jeune et plaine de défis avec un grand nombre de résultats préliminaires fort intéressants, aussi bien qu'une multitude de problèmes encore ouverts. L'intérêt des chercheurs c'est d'abord porté sur des tâches de positionnement avant de considérer le cas le plus difficile qui est le suivi d'objets.

II.5.1 tâche de positionnement

La première contribution importante au domaine de la commande référencée vision est due à Weiss et Sanderson [7]..ils ont proposé plusieurs schémas de commande permettant de réaliser des tâches de positionnement. D'une part, la stratégie dite « Look and Move » (statique et dynamique) où les aspects de vision et de commande sont considérés comme deux problèmes disjoint, et d'autre part, les techniques d'asservissement visuel basée sur la régulation d'informations visuelles dans l'image.

La première s'avère plus intéressante car elle permet de s'affranchir entièrement de la phase d'interprétation des informations d'image nécessaire dans l'asservissement en attitude pour estimer la position et l'orientation de la caméra par rapport à la scène [7]

Les techniques d'asservissement visuel, véritable boucle fermée sur les informations 2D, consiste à spécifier le problème de l'asservissement en terme de régulation dans l'image et ne nécessite pas la reconstruction tridimensionnel de la scène à chaque itération de la boucle de commande. Les consignes ne sont plus exprimées sous forme d'un motif à atteindre dans l'image, les informations visuelles utilisable en commande référencée vision peuvent être modélisée comme un ensemble de signaux visuelles élémentaires qui dépond uniquement de l'attitude entre la caméra et la scène.

Pour utiliser les techniques d'asservissement visuel, il s'avère indispensable de modéliser le lien entre les variations dans l'image des informations visuelles et le mouvement relatif entre la caméra et la scène. Ce lien est décrit par une matrice jacobienne, également dite matrice d'interaction. Connaissant ce lien, il est possible, d'une part, de choisir les informations visuelles capables de représenter une tâche, et d'autres parts, d'élaborer des lois de commande à partir de ces informations.

Pour les tâches de positionnement par rapport à des objets fixes, les chercheurs feddema et allen [7] ont développé une méthode de sélection des informations visuelles, à prendre en compte dans la commande dans le cas d'un objet à caractéristiques connues. Cette sélection est effectuée en fonction de l'éventuelle facilité d'extraction de l'image des points 2D caractéristiques de l'objet et d'un critère sur la commande. Ils ont également proposé une méthode permettant la réduction du temps de calcul du traitement d'image (et donc la boucle d'asservissement) basée sur l'utilisation de la prédiction de la position de l'objet dans l'image. Ils emploient un générateur de trajectoires des informations visuelles afin de garder ces dernières dans le champ de vision de la caméra et d'assurer une convergence lisse vers leurs position désirée dans l'image.

II.5.2 tâche de suivi

Prenant en compte les singularités et les butés mécaniques afin de les éviter et d'agrandir l'espace des configurations de la caméra où le suivi reste possible, ici encore le mouvement de l'objet n'est pas estimée ou utilisé dans la commande [7].

Nelson et Allen [7] ont décrit un système pour la préhension dynamique de l'objet en mouvement. Ce système est constitué d'une paire de caméras fixes pour suivre en temps réel le mouvement plan d'un objet (en l'occurrence un train électrique) et utilise cette information pour commander le système.

Le principe de la vision des objets en mouvement est basé sur une analogie avec le système visuel humain. Les tâches stéréoscopiques actives permettent en effet de réaliser des tâches de fixation ou de localisation d'attention. Généralement les travaux dans ce domaine porte surtout sur l'estimation de la position 2D puis 3D du point choisi, pour la fixation, et s'intéressent en fait assez peu aux lois de commande en tant que telles. Une comparaison entre une commande en position dans l'espace 3D et une commande par asservissement visuel 2D a été effectuée, aboutissant à un avantage indéniable de l'asservissement visuel en cas de perturbation dans le système (erreur de calibration etc.).

II.5.3Les points d'intérêts

Chaque algorithme de traitement d'image doit passer par certaines étapes. Une de ces étapes est de mettre en évidence les parties de l'image qui nous intéressent pour une application donnée. C'est-à-dire d'extraire de l'image les informations nécessaires dont nous avons besoins. Le but est de réduire la grande quantité de données que représente une image en un petit ensemble plus facilement exploitables.

Généralement, pour faire l'extraction nous pouvons se concentrer sur des primitives de l'image par exemple les coins ou les bords, ou sur des zones plus importantes comme le calcul de moyenne sur une partie de l'image.

Les informations extraites sont généralement sous la forme d'un ensemble de valeur scalaire.

Ensuite, nous devons prendre une décision en fonction de ces informations. Cette décision dépend de l'application envisagée. Dans notre cas, la décision est assimilée à une commande d'un moteur.

II.6 Caractérisation des primitives visuelles

La sélection des primitives visuelles les plus adéquates dépend de la nature de la scène observée. Visuellement, les images sont caractérisées par la présence de nombreux contours ou de lignes contrastées. De point de vue signal, ces primitives sont caractérisées par une variation de l'intensité lumineuse. Notre étude se focalise sur les points d'intérêt comme

primitive visuelle. La détection de ces points est un préliminaire à des nombreux processus de vision par ordinateur. Les points d'intérêt, dans une image, correspondent à des doubles discontinuités de la fonction de l'intensité, une variation bidimensionnelle de la luminance. Ce sont par exemple : les coins, les jonctions en T ou les points de forte variation de texture. La figure *(II.5)* montre un exemple de chaque type.

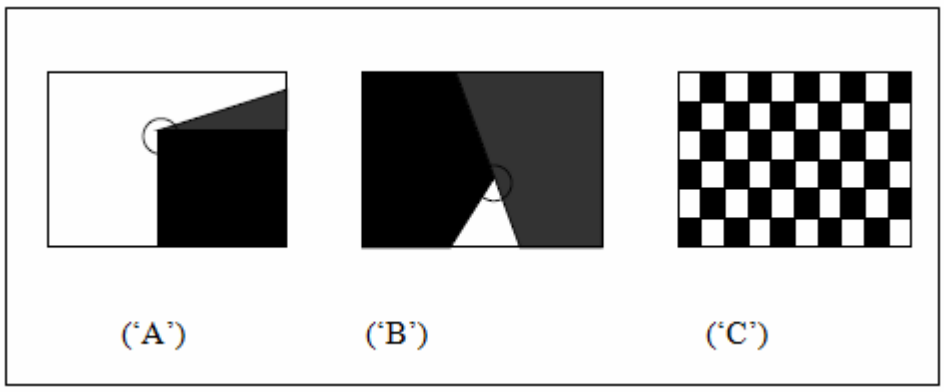


Figure II.5 Différents types de points d'intérêts. (A) les coins, (B) jonctions en T, (C) points de fortes variations de texture

Nous cherchons toujours à détecter ces points parce qu'ils ont des avantages par rapport aux autres zones de l'image. D'une part, ils ont une source d'informations plus fiable que les contours car ils possèdent plus de contraintes sur la fonction d'intensité. D'autre part, ils sont robustes aux occultations. Et finalement, par leurs présences majoritaires dans les images.

Les méthodes de détection de points peuvent être regroupées en trois classes.

II.6.1 Approche contours

Cette approche s'appuie sur une extraction préalable des contours dans un premier temps. Les points d'intérêts sont ensuite extraits le long des contours, soit en cherche les points de courbures maximales, soit nous effectuons une approximation polygonale de ces contours pour localiser des points particuliers.

II.6.2 Approches intensité

Ces méthodes travaillent directement sur le signal en niveau de gris. Un point de l'image est caractérisé par les valeurs de niveau de gris sur un voisinage. Un point d'intérêt peut être vu comme étant une forte variation bidirectionnelle du signal

dans ce voisinage. L'idée est cette fois-ci de regarder directement la fonction d'intensité dans les images pour extraire directement les points de discontinuités.

II.6.3 Approches à base de modèles

Au cours de ces approches, les points d'intensité sont identifiés dans l'image par mise en correspondance de la fonction d'intensité avec un modèle théorique de cette fonction des points d'intérêts considérés.

Nous pouvons dire que les approches de la deuxième catégorie sont celles utilisées généralement à cause des raisons suivantes : indépendance vis-à-vis de la détection de contours et aussi indépendance vis-à-vis du type de points d'intérêts.

II.7 La mise en correspondance

La mise en correspondance d'images ou l'appariement d'images a pour objectif de déterminer les correspondances entre deux images d'une même scène[8]. Ainsi, si nous considérons un premier point d'une image, projection d'un point ***3D*** de la scène observé, il est alors à rechercher dans la deuxième vue le point correspondant. Une des difficultés de cette mise en correspondance est que généralement, ce deuxième point est recherché sans avoir la connaissance du point ***3D***. De plus les conditions d'acquisition peuvent fortement varier entre les deux prises de vue : par exemple les paramètres intrinsèques et extrinsèques de la caméra peuvent être modifiés. Les conditions d'illumination peuvent évoluées, certaines objets apparaissent dans la deuxième image et d'autres disparaissent. Les méthodes d'appariement d'mages peuvent être classées suivant le type d'images qu'elles traitent. Si les images sont de type texturé, il est judicieux d'utiliser des points d'intérêt.

Les mesures de corrélation ont été largement utilisées pour réaliser la mise en correspondance. Les supports des points dans la deuxième image sont comparés par des mesures telles que la mesure des différences au carré « ***SSD*** », la corrélation normalisée centrée « ***ZNCC*** ». Ce type de mesure est performant si les conditions d'acquisition de deux images sont proches. La mise en correspondance par corrélation est très bruitée, causant de nombreux mauvais appariements.

Les valeurs en niveau de gris autour d'un point d'intérêt n'est pas assez discriminante pour assurer un bon appariement, certains travaux se sont focalisés sur la caractérisation du signal dans le voisinage d'un point. Chaque point est décrit par sa localisation, son échelle et les orientations des gradients sur son voisinage.

II.8 Les Types d'asservissements visuels

II.8.1Selon le type de commande

II.8.1.1Asservissement visuel séquentiel

La commande séquentielle qui effectue une approche de type « Static Look & Move » ou encore « Look then Move » est un asservissement en boucle ouverte (donc pas vraiment un asservissement) qui consiste à acquérir et analyser un ensemble d'images issues du capteur puis en générer une trajectoire à atteindre par le robot en boucle ouverte selon le but recherché.

Ce type de commande est utilisé pour des capteurs permettant de faibles fréquences d'acquisition [11,12] et peut être utilisé pour des missions de replanification de tâches nécessitant des déplacements lents en utilisant la vision. Cependant, l'absence de retour visuel rend la convergence de l'asservissement très sensible aux incertitudes de modélisation du robot et du capteur ainsi qu'au aux méthodes de reconstruction de pose.

II.8.1.2 Asservissement visuel cinématique

La commande cinématique qui effectue une approche de type « Dynamic Look & Move » ou encore « Look and Move » est un asservissement en boucle fermée, où le contrôleur visuel intervient dans une boucle de haut niveau et fourni un état de consigne en vitesse assurant une convergence asymptotique qui est transformé par le Générateur de Trajectoires en consignes angulaires transmises au moteur qui les réalise.

Le moteur (pour notre cas le moteur pas à pas) est considéré comme un simple système de positionnement dont la dynamique est approximée par un gain et les performances du système dépendent essentiellement de la synthèse du contrôleur visuel et du retard introduit par celui-ci dans la boucle de commande. Ce type de commande dit « indirecte » est utilisé pour des asservissements visuels lents dont le but recherché est la robustesse [9, 10,13].

II.8.1.3 Asservissement visuel dynamique

La commande dynamique est aussi une alternative de l'approche « Dynamic Look & Move » ou encore « Look and Move » d'asservissement en boucle fermée, ce type de commande dit « directe » est utilisé pour des asservissements visuels rapides[14, 15, 16, 17, 18] .

II.8.2 selon les grandeurs asservies

II.8.2.1 asservissement visuel 2D

Dans un asservissement ***2D***, le signal de référence est exprimé sous la forme de primitives visuelles dans l'image. Une primitive est une forme géométrique élémentaire (point, segment de droite, portion d'ellipse,….). Elle sert à modéliser la projection d'un objet dans le plan image[19].

La plupart des travaux qui traitent de l'asservissement ***2D*** utilisent des primitives constituées de points. Ces points peuvent par exemple être situé à l'intersection de segments dans l'image ou encore être extrait du centre de gravité de la projection de disque. En effet, les cibles les plus couramment rencontrées sont simplement constituées de plusieurs disques coplanaires. De telles cibles ont l'avantage de nécessiter un temps de traitement d'image faible.

Un des principaux avantage de l'asservissement visuel ***2D*** est qu'il n'est pas nécessaire de connaître un model de la cible. Dans le cas où les primitives sont des points, si on dispose d'une estimation de la profondeur de la cible (c'est-à-dire son éloignement par rapport à la caméra suivant l'axe optique), les informations contenues dans l'image suffisent déterminer le déplacement de la cible par rapport à la caméra.

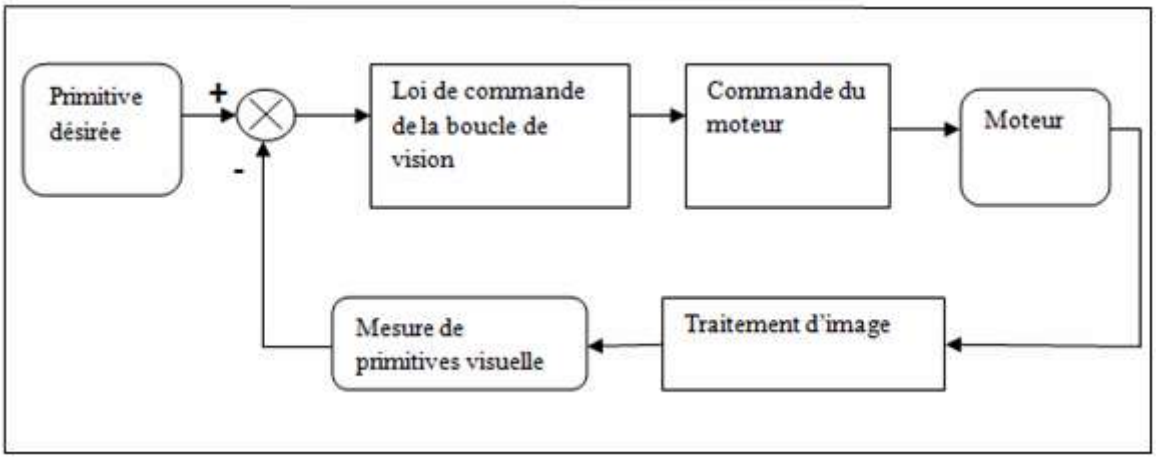


Figure II.6. Structure d'un asservissement visuel 2D

II.8.2.2 asservissement visuel 3D

Dans un asservissement visuel ***3D***, la consigne est définie dans l'espace en terme d'attitude ***P**** ou pose entre la caméra et un ou plusieurs objets dans la scène ou bien entre la caméra et sa position désirée[20]. La mesure utilisée dans l'asservissement est une

estimation ***S*** de l'attitude courante ***P*** entre l'organe terminal et l'objet (si on prend par exemple un robot manipulateur série avec une caméra embarquée sur son organe terminal).

Si seulement trois projections sont disponibles, l'altitude ne peut être déterminée de manière unique. Néanmoins, la connaissance de l'altitude à un instant d'échantillonnage permet, dans certains cas, d'estimer la nouvelle attitude en choisissant celle qui se rapproche le plus de la précédente, le problème de la reconstruction de l'attitude à partir de la projection de trois ou quatre points est abordé par de nombreux auteurs.

L'avantage d'une mesure ***3D*** est de spécifier la trajectoire de la caméra dans l'espace où elle est le plus facilement décrite, ce qui permet aussi d'assurer une trajectoire réalisable de la caméra dans l'espace.

Cependant, une telle architecture nécessite une étape de reconstruction ***3D*** qui requiert des connaissances à priori de la géométrie de la scène dont il est possible de s'affranchir par triangulation. De plus, l'absence de consignes au niveau de l'image ne permet pas d'assurer une trajectoire réalisable des objets au niveau de l'image, ce qui risque donc d'enfreindre la contrainte de visibilité.

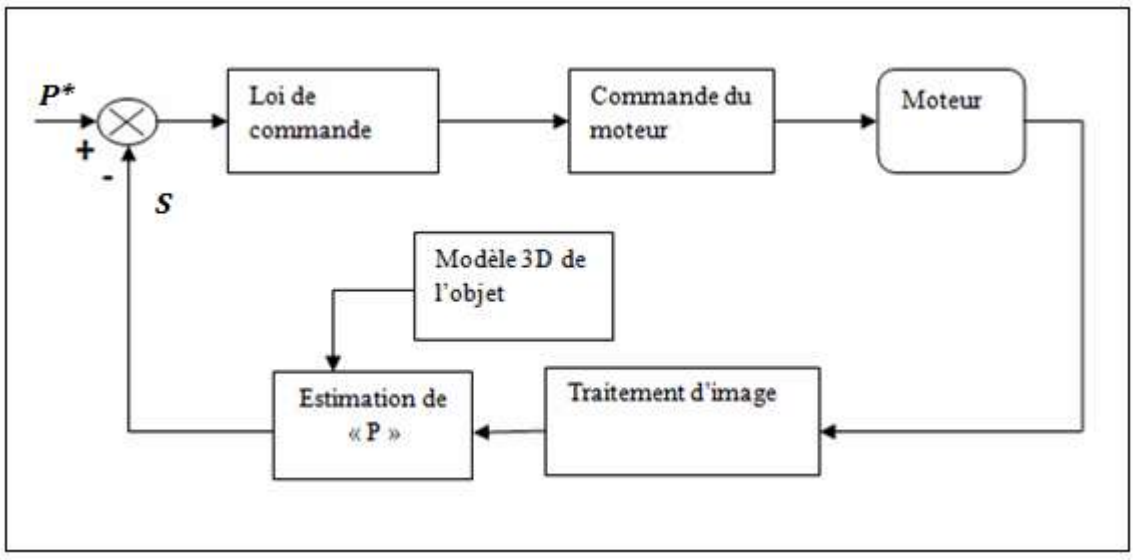


Figure II.7 Structure d'un asservissement visuel 3D

II.8.2.3 Asservissement visuel « 2D1/2 »

L'étude des deux types d'asservissements précédent à mené les chercheurs d'élaborer une nouvelle technique d'asservissement visuel conservant les avantages respectifs des approches classiques ***2D& 3D***, et palliant leurs inconvénients [10].

Plus précisément, cette approche est basée dur l'estimation de l'homographie qui relie l'image de trois points. Dans le cas d'un objet plan, un minimum de quarts points appariés sur les images courantes et désirée permet une telle estimation par résolution d'un simple système linéaire.

A partir de l'homographie obtenue, il est possible de calculer le déplacement en rotation que la caméra doit effectuer pour atteindre sa position spécifiée, ainsi que la direction de son déplacement en translation. L'homographie fournit également le rapport ***d/d**** entre les distances courantes et désirées de la caméra à l'objet

On peut ainsi séparer les boucles d'asservissement en rotation et en translation de la caméra ce qui permet :

- Un fort découplage de la loi de commande
- Un contrôle partiel dans l'image permettant de conserver l'objet en permanence dans le champ de vision de la caméra.
- Une étude de la stabilité et du domaine de convergence de la loi de commande.

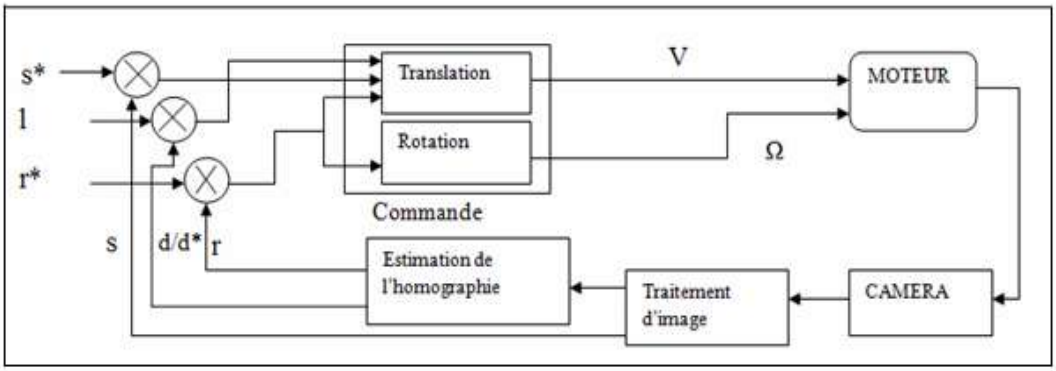


Figure II.8 Schéma bloc de l'asservissement visuel 2D ½

II.8.2.4 asservissement visuel « d2D/dt »

Les décrites jusqu'à présent reposaient sur l'utilisation d'information visuelles géométriques (coordonnées de points, paramètres représentant l'image d'une droite,…). Les contraintes imposées sont donc que ces primitives géométriques existant dans la scène, mais surtout qu'il est possible de les extraire et de les suivre par le traitement d'image à une cadence plus élevée afin de conserver la robustesse et la stabilité des lois de commande [10].

Actuellement peu de systèmes fiables existent et ils sont limités soit au suivi de segments, ou au suivi de points caractéristiques ou de formes simples. En pratique, on utilise le plut souvent des marqueurs déposés sur la scène observée afin d'extraire les positions de leur projection perspective dans l'image.

Ce type d'asservissement visuel utilise une vitesse relative entre la caméra et la cible comme grandeur asservie. La référence est définie dans le plan image par un champ de vitesses des points.

Le principe de la commande consiste alors à contrôler les mouvements de la caméra de telle sorte que le mouvement ***2D*** mesuré atteigne un champ de vitesse désiré, d'où l'appellation d'asservissement visuel ***d2D/dt***.

Contrairement au cas de mesures géométriques, la mesure ***S***, ainsi que sa valeur désiré S* correspond désormais à des valeurs ***P*** du model de mouvement ***2D*** dans l'image.

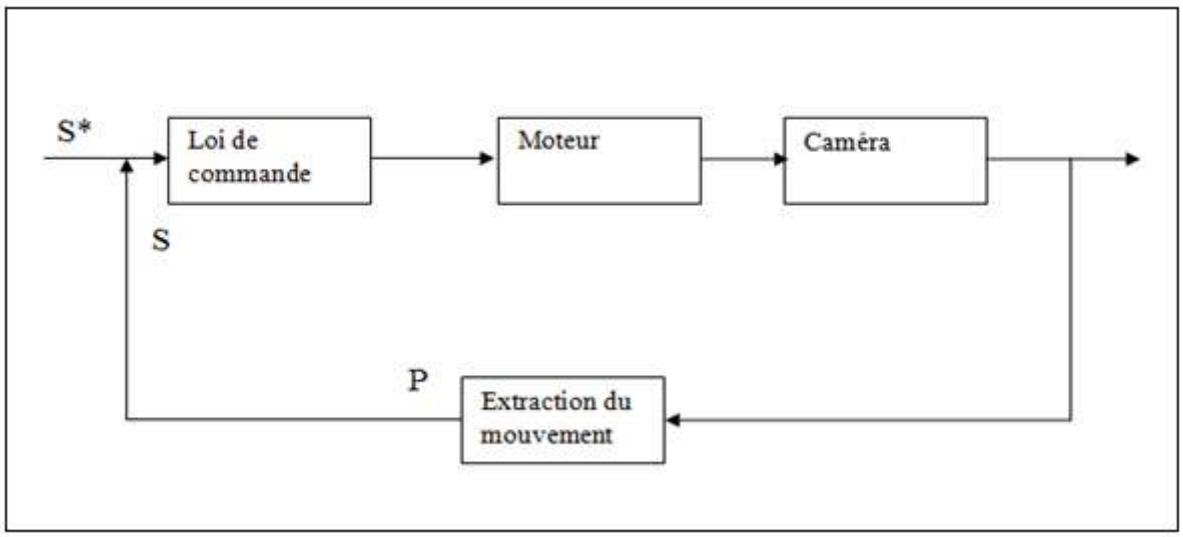


Figure II.9 Schéma d'un asservissement visuel « d2D/dt »

II.9Conclusion

On a consacré ce deuxième chapitre entièrement à l'état de l'art de l'asservissement visuel aux applications et aux types de l'asservissement visuel ainsi qu'a la caractérisation de primitives visuelles. C'est une étape très importante dans l'orientation de nos travaux.

Sommaire

II.1 Introduction 22

II.2 Le principe de l'asservissement visuel 23

II.3 Les deux blocs fondamentaux 24

II.4 Schéma fonctionnel de l'asservissement visuel 25

II.5 Application des asservissements visuels 26

II.5.1 tâche de positionnement 26

II.5.2 tâche de suivi 27

II.5.3 Les points d'intérêts 28

II.6 Caractérisation des primitives visuelles 28

II.6.1 Approche contours 29

II.6.2 Approches intensité 29

II.6.3 Approches à base de modèles 30

II.7 La mise en correspondance 30

II.8 Les Types d'asservissements visuels 31

II.8.1 Selon le type de commande 31

II.8.1.1 Asservissement visuel séquentiel 31

II.8.1.2 Asservissement visuel cinématique 31

II.8.1.3 Asservissement visuel dynamique 31

II.8.2 selon les grandeurs asservies 32

II.8.2.1 asservissement visuel 2D 32

II.8.2.2 asservissement visuel 3D 32

II.8.2.3 Asservissement visuel « 2D1/2 » 34

II.8.2.4 asservissement visuel « d2D/dt » 35

Conclusion 36

Ch3 : les moteurs pas-à-pas.

III.1 Introduction

Les moteurs pas à pas sont utilisés depuis une trentaine d'années dans des applications de positionnement et d'entraînement à vitesse variable. Les raisons principales de leurs succès tiennent à leur faible coût et à leur facilité de mise en œuvre pour des positionnements de précision moyenne.

Le moteur pas à pas est à la base un moteur synchrone polyphasé à plusieurs groupes de pôles. Il est devenu "pas à pas" lorsqu'on s'est avisé qu'il était facile de le faire tourner en commutant en tout ou rien l'alimentation des enroulements. Il s'est alors diversifié en trois types majeurs dont deux restent couramment employés de nos jours.

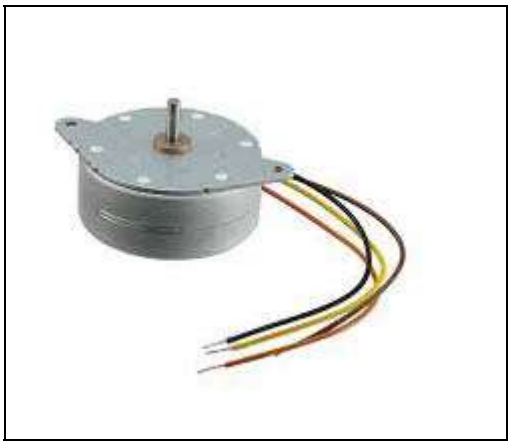


Figure III.1 Moteur pas a pas

III.2 Propriétés et applications

Le moteur pas à pas a été conçu à partir de deux démarches logiques très différentes.

D'une part, on a cherché un moteur capable de développer un couple important à faible vitesse, voire même à l'arrêt. D'autre part, on a étudié un dispositif capable de convertir des informations de caractère discret.

Le convertisseur d'énergie à basse vitesse et le transmetteur de l'information sont devenu un moteur pas à pas moderne vers les années 1970[21], grâce au développement conjugué de l'électronique de puissance et, surtout, grâce à l'apparition de l'électronique numérique à forte intégration.

Le moteur pas à pas est actuellement le principal élément intermédiaire entre les dispositifs de traitement d'information et le monde électromécanique extérieur. Par ailleurs, ses capacités à contrôler la position et la vitesse, par un train d'impulsions de commande, assurent à ce convertisseur des applications comme :

- la traction des robots mobiles.
- le fonctionnement en moteur couple de grande puissance.
- l'indexage rotatif ou linéaire.

Dans sa version classique, le moteur pas à pas est alimenté à partir d'une source (de courant ou de tension) continue et le contrôle de la vitesse ou/et de la position s'effectue en boucle ouverte.

Le pilotage en boucle ouverte, qui constitue un des principaux avantages du moteur pas à pas, aussi bien du point de vue économique (coût et fiabilité d'installation) que fonctionnel (commande naturelle par "tout ou rien" à partir d'une horloge séparée ou intégrée dans un

microprocesseur), présente un certain nombre d'inconvénients comme la limitation du couple de démarrage, des instabilités de fonctionnement à certaines fréquences, des accélérations relativement modestes.

III.2 .1 Utilisations des moteurs pas à pas

A l'époque de leur création, les moteurs pas à pas devaient leur succès à la simplicité du circuit de commande pour une application de positionnement.

En effet, ce sont les seuls moteurs capables de fonctionner en boucle ouverte dans les utilisations de positionnement, de ce point de vue, ils constituent la transposition dans le mouvement circulaire continu de ce que l'électro-aimant est pour le mouvement alternatif. Pour les applications d'entraînement, bien que les autres types de moteurs (continu, asynchrone) soient satisfaisants [22, 23], le moteur pas à pas est beaucoup plus précis. Seul le moteur synchrone lui est comparable, mais il ne peut fonctionner qu'à vitesse fixe.

Actuellement, ces qualités sont toujours un atout majeur, mais on sait faire des circuits de commande plus raffinés qui augmentent encore les performances des moteurs ; on peut aussi les coupler à des codeurs optiques de position pour augmenter la précision du positionnement.

Les performances d'un moteur pas à pas dépendent grandement du circuit de commande. Aussi, l'étude des moteurs pas à pas est indissociable de celle des circuits de commande. C'est ce qui justifie le plan du présent exposé.

On peut classer les moteurs pas à pas en deux types selon l’alimentation de bobinage :

- ***Les moteurs bipolaires***

Ils ont en général ***4*** fils et se commandent en inversant le sens du courant dans une des

deux bobines, qui sont alimentés une fois dans un sens, une fois dans l'autre sens. Ils créent une fois un pôle nord, une fois un pôle sud d'où le nom de bipolaire.

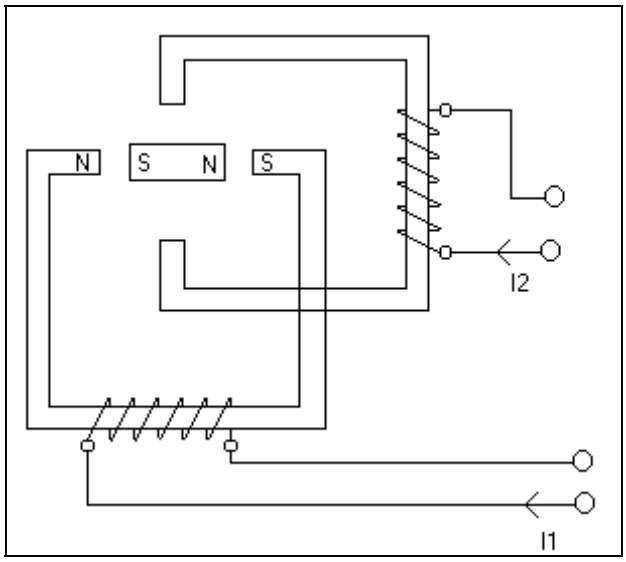


Figure III.2 schéma d'un moteur bipolaire

La commande du moteur s'effectue par envoie successif, une à une, des combinaisons Suivantes :

Mode 1 : On alimente un enroulement à la fois :

Séquence	I1>0	I1<0	I2>0	I2<0	Angle
1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	90°
3	0	1	0	0	180°
4	0	0	0	1	270°

Tableau III.1 alimentation d'un enroulement à la fois

Mode 2 : On alimente deux enroulements à la fois :

Séquence	I1>0	I1<0	I2>0	I2<0	Angle
1	1	0	1	0	45°
2	0	1	1	0	135°
3	0	1	0	1	225°
4	1	0	0	1	315°

Tableau III.2 alimentation de deux enroulements à la fois

- ***Les moteurs unipolaires***

Ils ont en général 6 fils, dont deux sont reliés au milieu des bobines. Ils se commandent en les alimentant tour à tour, mais les bobinages sont alimentés toujours dans le même sens par une tension unique d'où le nom d'unipolaire.

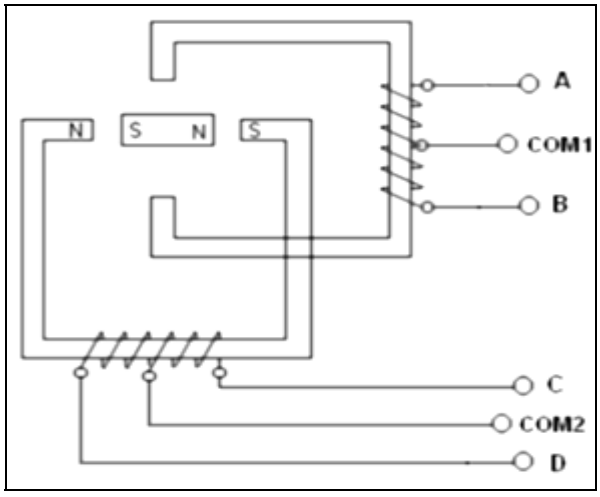


Figure III.3 schéma d'un moteur unipolaire

Séquence d'alimentation des enroulements :

Séquence	A	B	C	D	Angle
1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	90°
3	0	1	0	0	180°
4	0	0	0	1	270°

Tableau III.3 Séquence d'alimentation des enroulements

III.3 Les principaux types de moteurs pas à pas

Trois types principaux de moteurs seront abordés, les moteurs pas-à-pas réluctances, les moteurs pas-à-pas à aimants permanents, les moteurs pas à pas réluctances polarisés [22].

III.3.1 Moteur pas-à-pas à réluctance variable MRV

Il est constitué d'un rotor plein en fer doux muni de pôles saillants, non aimanté. Le stator est semblable à celui d'un moteur à courant continu à excitation avec des épanouissements polaires et une bobine sur chaque pôle. Le stator est souvent triphasé. Le nombre de systèmes de pôles est de ***6*** ou ***12*** le plus souvent.

Ce moteur est susceptible d'une grande vitesse comparativement à celui à aimant permanent. Il n'est plus utilisé car remplacé par le moteur hybride.

III.3.1 .1 Composition d'un moteur pas à pas à réluctance variable

Un moteur pas à pas à réluctance variable est composé d'un rotor feuilleté en fer doux comportant un certain nombre de dents, et d'un stator également en fer doux feuilleté comportant un certain nombre de bobines. Le nombre de bobines doit être différent du nombre de paires de dents du rotor. L'alimentation de chacune des bobines va permettre la création d'un champ magnétique dans le stator, et le rotor s'oriente suivant les lignes de champ. On peut noter que lorsque le moteur n'est pas alimenté, comme il n'y a pas d'aimant

permanent, le rotor peut prendre n'importe quelle position : un moteur pas à pas à réluctance variable n'a pas de couple résiduel ou couple de détente.

III.3.1.2 Technologie des moteurs pas-a-pas à réluctance variable

Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont assemblés à partir de tôles magnétiques de haute perméabilité (fer-silicium ou même fer-cobalt). Certaines machines, destinées au positionnement ou a une rotation très lente, peuvent avoir un rotor ou/et un stator en fer massif. Il existe un grand nombre d'astuces de construction pour augmenter le nombre de pas par tour, comme par exemple les structures bifilaires qui ne seront pas étudiées dans ce cours. Pour minimiser la force magnétomotrice et augmenter la puissance massique, l'entrefer des moteurs pas à pas à reluctance variable doit être aussi petit que possible. Plusieurs géométries du rotor et du stator ont été ainsi imaginées par les constructeurs pour remplir des cahiers des charges particuliers. On distingue trois géométries de base, à savoir :

- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non dentés
- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques dentés
- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non denté décalés

III.3.1.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à réluctance variable

Fonctionnement en pas entier

Comme pour le moteur pas à pas à aimant permanent, on alimente successivement les différentes bobines. Par contre, ici le sens d'alimentation n'a pas d'importance car le rotor n'est pas polarisé. Le rotor va prendre une position telle qu'une des paires de dents soit alignée avec la bobine alimentée. Figure (III.4).

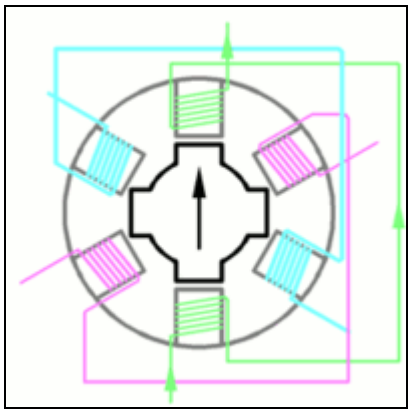


Figure III.4 Fonctionnement en pas entier à réluctance variable

❖ **Fonctionnement en mode « High Torque » (fort couple)**

De même, on peut utiliser un moteur pas à pas à réluctance variable en mode « High torque » en alimentant ***2*** bobines. Le rotor prendra donc les positions intermédiaires, et comme pour le moteur à aimant permanent, le couple sera plus élevé dans ce mode que dans le mode précédent. Figure (III.5).

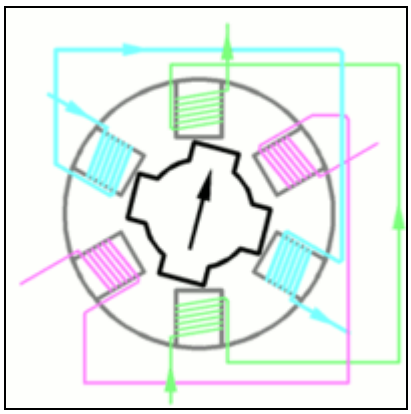


Figure III.5 Fonctionnement en mode « High Torque » à réluctance variable

❖ **Fonctionnement en mode demi-pas**

En combinant les deux modes précédents, on obtient un fonctionnement en ***24 pas***, et donc une résolution de ***15°.*** Le fonctionnement est illustré par l'animation ci-contre. (Figure

(III.6)) Globalement le nombre de pas (en fonctionnement pas entier) d'un moteur pas à pas ***MRV*** est donné par la formule suivante :

$$Np = \frac{Ns * Nr}{Ns - Nr}$$

Avec

Np : nombre de pas.

Ns : nombre de dents du stator.

Nr : nombre de dents du rotor.

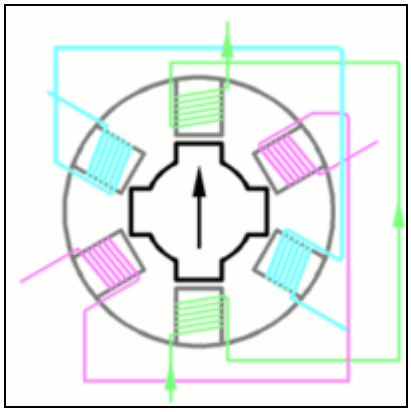


Figure III.6 Fonctionnement en mode demi-pas à réluctance variable

III.3.2 Moteur pas à pas à aimants permanents MP

C'est le modèle le plus simple dans son fonctionnement. Sa constitution est très simple, et la rotation est obtenue en contrôlant l'alimentation des bobines ainsi que le sens du courant dans celles ci.

Il est constitué d'un rotor aimanté en ferrite à plusieurs paires de pôles (couramment ***6*** ou ***12***) et de deux stators indépendants comportant chacun une bobine cylindrique et des pièces polaires en tôle découpée donnant autant de paires de pôles qu'il y en a sur le rotor. C'est un moteur de construction économique et de performances modestes. Il n'est fabriqué que pour de petites puissances ***(<10 W).***

III.3.2 .1 Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent

C'est le modèle le plus simple dans son fonctionnement. Le rotor est constitué d'un aimant permanent, et le stator comporte deux bobinages (ou deux groupes de bobinages). En contrôlant l'alimentation des bobines, et le sens du courant dans celles-ci, on peut faire varier le champ dans le moteur figure (III.7).

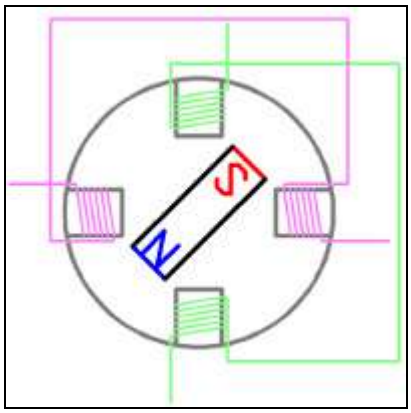


Figure III.7 ***Composition d'un moteur pas à pas à aimant permanent***

III.3.3 Les modes de commande d'un moteur pas à pas à aimant permanent

III.3.3.1 Fonctionnement en pas entier

Dans ce mode de fonctionnement, les bobines sont alimentées l'une après l'autre dans un sens puis dans l'autre. L'aimant permanent suit le déplacement du champ magnétique créé par ces bobines et s'oriente selon une de ses 4 positions stables. Comme le rotor est aimanté, lorsque le moteur n'est pas alimenté le flux magnétique du à l'aimant permanent va à lui seul créer un couple résiduel ou couple de détente, en se mettant dans l'axe de l'une des bobines. Figure (III.8).

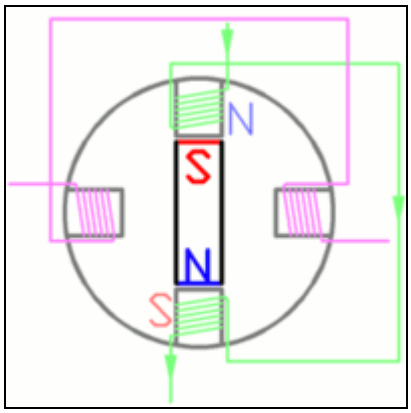


Figure III.8 Fonctionnement en pas entier à aimant permanent

III.3.3.2 Fonctionnement en mode « High Torque » (fort couple)

Pour augmenter l'intensité du flux magnétique créé par le stator, et donc le couple moteur, on peut alimenter les deux bobines en même temps, en faisant varier uniquement le sens du courant dans chacune d'entre elles. Le rotor prendra donc également l'une des 4 positions de la vidéo suivante, suivant le sens d'alimentation de chacune des bobines. Figure (III.9)

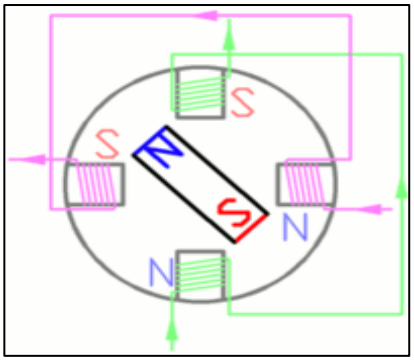


Figure III.9 Fonctionnement en mode « High Torque » à aimant permanent

Pour augmenter le nombre de positions stables et donc de pas du moteur à aimant permanent, on peut combiner les deux modes précédents dans un mode de commande appelé « demi-pas ». L'animation suivante montre le fonctionnement de ce mode.

Les moteurs pas à pas à aimant permanent ont un couple moteur important, mais une résolution (nombre de pas par tour) faible, et une fréquence de rotation faible. La commande de ces moteurs pas à pas nécessite de contrôler le sens du courant dans chaque bobine. Figure (III.10)

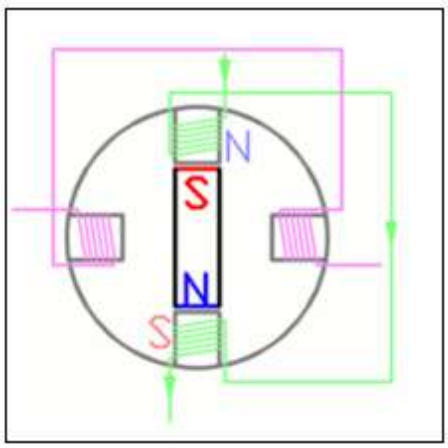


Figure III.10 Fonctionnement en mode demi-pas m. à aimant permanent

III.3.4 Les avantage et les inconvénients des moteurs pas à pas

Avantages du moteur à aimant permanent

- Bon emmarchement.
- Dimensions réduites.
- Bon rendement.
- Bon amortissement des oscillations.

- Grand angle de pas (nombre de pas faible : 48).

Inconvénients du moteur à aimant permanent

- Puissance faible
- Paliers en bronze ou plastique (pas de roulement).
- Couple résiduel sans courant.
- Vitesse faible.

III.4 Moteur pas-à-pas hybride MH

C'est une combinaison des deux modes de construction. On utilise un rotor aimanté à pôles saillants et un stator aussi à pôles saillants. Chaque pôle (ils sont le plus souvent 8) reçoit un enroulement et ceux-ci sont associés un pôle sur deux de façon à constituer deux enroulements diphasés. Le rotor et le stator sont pourvus d'encoches constituant autant de petits pôles mais le pas angulaire est différent au stator et au rotor, de sorte que seuls certains micropôles se correspondent. Par exemple, le rotor comporte ***50 dents***, et le stator a un pas de ***1/48*** de tour entre deux dents. Ceci provoque un effet de vernier qui multiplie le nombre apparent de pôles, de sorte à avoir le plus souvent ***50*** systèmes de pôles. C'est pourquoi on les appelle parfois "moteurs vernier".

Ces moteurs ont une plus grande puissance massique que les précédents et tournent plus lentement à cause du nombre de pôles, ce qui est très souvent avantageux car l'entraînement direct de la charge (sans réducteur) est souvent possible. De plus, ils fonctionnent sur une large gamme de vitesses et existent pour des puissances variées, de ***1 W à 1 kW***.

Un nouveau mode de construction comporte un rotor en forme de disque passant dans l'entrefer du stator. Le rotor lisse comporte ***25*** paires de pôles ce qui rend ce type de moteur comparable avec les types traditionnels mais avec des performances plus élevées, en particulier une très faible inertie qui permet de très grandes accélérations.

Les moteurs hybrides sont les plus répandus actuellement pour les applications demandant une précision et une puissance moyennes.

III.4.1 Composition d'un moteur pas à pas hybride :

Le rotor présente plusieurs dents comme pour un moteur pas à pas à réluctance variable, mais chaque dent est polarisée comme pour un moteur pas à pas à aimants permanents. Physiquement le rotor est composé de deux éléments identiques à un rotor de moteur à réluctance variable (rouge et bleu ici), reliés ensemble par un aimant permanent (noir), avec un déphasage d'une ***1/2*** dent. De ce fait ces deux éléments ont une polarisation différente (nord et sud) et vont réagir à la polarisation de chacune des dents du stator. C'est cette polarisation qui permet de n'utiliser que deux bobines, qui forment en réalité ***4*** états différents puisque le sens du courant entre ici en jeu. Figure (III.11).

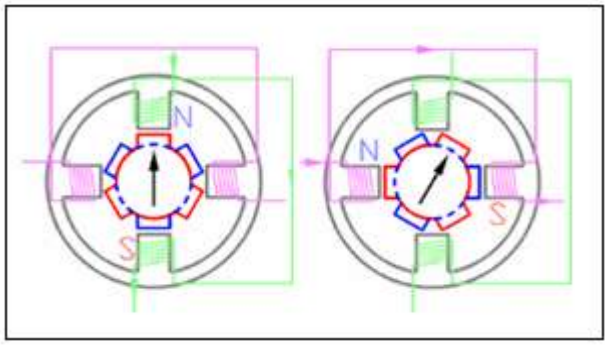


Figure III.11 Composition d'un moteur pas à pas hybride

III.4.2 Fonctionnement d'un moteur pas à pas hybride :

En mode pas entier, les bobines sont alimentées une par une alternativement, dans un sens puis dans l'autre. On voit bien ici l'intérêt d'avoir un rotor polarisé : quand on coupe l'alimentation de la bobine verte et qu'on alimente la bobine rose, en l'absence de polarisation du rotor on n'aurait aucun contrôle sur le sens de rotation, les deux dents bleues et rouges étant attirés de la même façon par la bobine. Avec un rotor polarisé, on peut choisir une de ces deux dents en agissant sur le sens du courant dans la bobine. Il en résulte le mouvement décrit sur l'animation suivante. Figure (III.12).

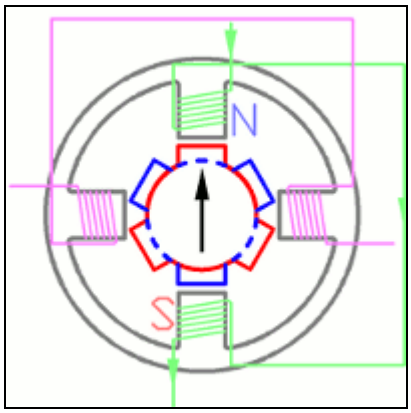


Figure III.12 Moteur pas à pas hybride en fonctionnement

III.4.3 Technologie des moteurs pas à pas hybrides

Les moteurs pas à pas hybrides réunissent, au moins en partie, les avantages des moteurs pas à pas à réluctance variable et à aimants permanents, à savoir :

- un grand nombre de pas par tour,
- une fréquence propre mécanique importante,
- un couple massique élevé,
- un amortissement interne important, une mémoire de position.

III.4.4 Commande d'un moteur pas à pas hybride

Nous venons de voir que pour commander un moteur pas à pas hybride, comme pour un moteur à aimant permanent, on doit contrôler le sens courant dans chacune des bobines. En pratique, le bobinage est généralement réalisé sur une pièce en fer doux dentée, et polarise cette pièce suivant le sens du courant. Pour cela, il existe trois types de câblages pour les moteurs pas à pas

- **Câblage 4 fils**

Il n'y a qu'une seule bobine pour chaque pôle. Ce type de configuration impose de pouvoir changer le sens du courant au niveau du système d'alimentation. Ces moteurs sont appelés moteurs pas à pas bipolaires, car lors de leur rotation chacune des bobines va être polarisée de deux façons différentes. figure (III.13) :

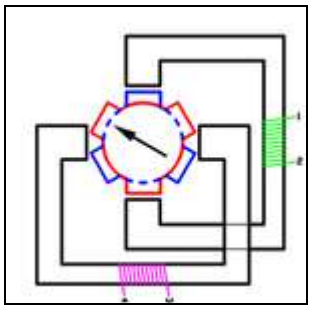


Figure III.13 Moteur pas à pas hybride 4 fils

- **Câblage 6 fils**

Un point milieu est créé sur chacun des bobinages. Généralement ces deux points milieux (***2 et 5***) sont reliés à une borne du dispositif d'alimentation. En alimentant un des ***4*** autres points on peut choisir le sens du courant sans avoir d'inversion de polarité. L'inconvénient est qu'on n'utilise que la moitié du cuivre, ces moteurs pas à pas unipolaires ont donc un rendement massique plus faible. Figure (III.14) :

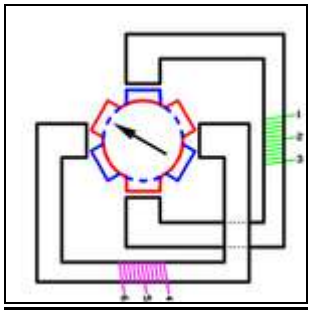


Figure III.14 Moteur pas à pas hybride 6 fils

- **Câblage 8 fils :**

Cette configuration de moteur pas à pas permet de choisir entre les deux configurations précédentes au moment du câblage. On peut relier les bobines de chaque groupe en série ou en parallèle pour utiliser le moteur en bipolaire, ou les relier en série en gardant le point milieu pour l'utiliser en unipolaire.

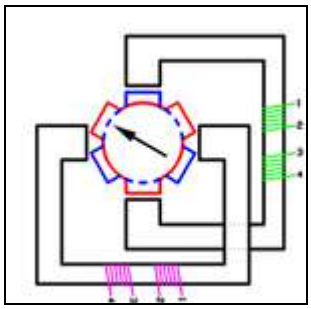


Figure III.15 Moteur pas à pas hybride 8 fils

III.5 Avantages du moteur pas à pas hybride

- Couple important
- Plus de puissance
- Rendement assez bon
- Courbe START/STOP assez élevée
- Bon amortissement
- Adapté au fonctionnement micro-pas
- Roulement à billes pour une meilleure charge radiale et plus longue durée de vie
- Petit angle de pas

III.6 Inconvénients du moteur pas à pas hybride

- Inertie élevée
- Couple résiduel sans courant
- Plus couteux
- Plus volumineux

III.7 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas

Le Tableau III-1 donne une comparaison entre les divers types de moteurs pas à pas [21, 23].

Type de moteur pas à pas	**Moteur à réluctance variable**	**Moteur à aimants permanents**	**Moteur hybride**
Résolution (nb de pas par tour)	Bonne	Moyenne	Elevée
Couple moteur	Faible	Elevée	Elevée

Sens de rotation	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases. - du sens du courant	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases - du sens du courant dans les bobines
Fréquence de travail	Grande	Faible	Grande
Puissance	Quelques Watts	Quelques dizaines de Watts	Quelques KWatts
Inconvénients	Pas de mémoire de position		

Tableau III-4 : Comparaison des performances pour les trois types de moteurs pas à pas

III.8 Conclusion

Nous avons vus dans cet avant dernier chapitre le moteur pas-à-pas avec ces divers et principaux types qui sont les moteurs pas-à-pas à réluctance variable '***MRV***', les moteurs pas-à-pas à aimant permanant '***MP***' et les moteurs pas-à-pas hybrides '***MH***'. En deuxième étape, on a vu le mode de fonctionnement de chaque type en un pas entiers et en mode demi-pas. Enfin, nous avons fait une petite comparaison entre ces trois types.

Ch4 : Interprétation des résultats.

IV. Introduction :

Ce chapitre sera consacré à la présentation expérimentale du travail accompli selon différents phases de réalisation, généralement on peut dire que notre projet est constitué de deux principales parties :

- Partie programmations (coté soft).
- Parie électroniques (coté hard).

Ce dernier pour le but de commander un moteur pas à pas à l'aide d'une commande extraite a partir d'une acquisition d'image en utilisant l'outil de programmation MATLAB.

Le langage MATLAB, ou « *matrix laboratory* », est un langage de programmation et de développement de quatrième génération. Développé par la société « The MathWorks », MATLAB permet la manipulation de matrice, afficher des courbes et des données, mettre en œuvre des algorithmes, créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran. Les utilisateurs de MATLAB sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche.

Au cour de notre projet nous avons utilisé MATLAB R2012b qui est plus développé que les anciennes versions surtout dans le domaine de l'ingénierie, ce qui nous a aidé bien à travailler dans le domaine du traitement d'image.

Notre projet est constitué de quatre blocs :

- Bloc 01 : programmation PC
- Bloc 02 : alimentation stabilisée
- Bloc 03 : commande moteur
- Bloc 04 : moteur pas-à-pas

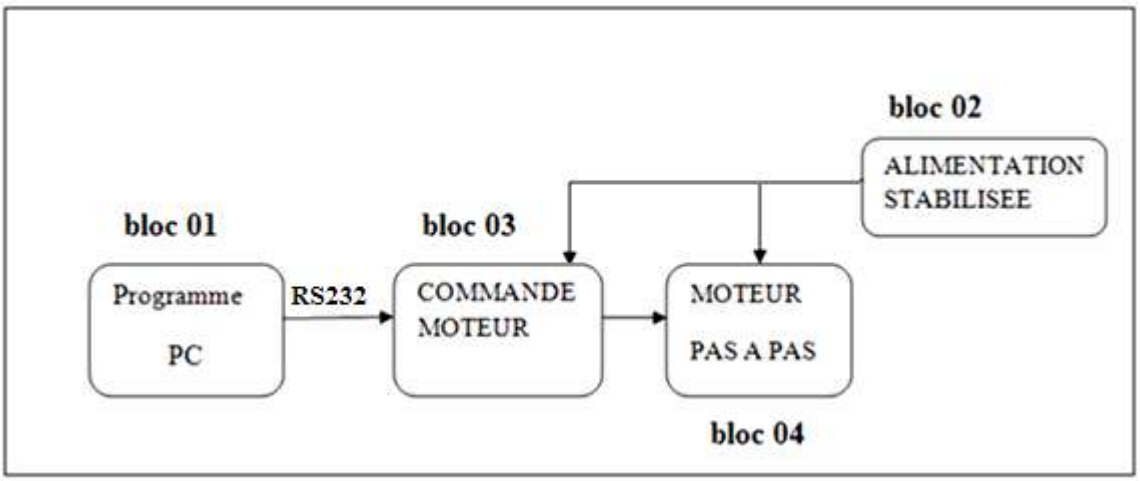


Figure IV. 1 schéma descriptif du projet réalisé

IV.1 bloc 01(programme PC) :

Cette étape consiste à traiter les images à l'aide du programme MATLAB, c'est à dire réaliser un programme MATLAB qui peut détecter et repérer des formes spéciales (cible de commande) dans une image acquise au temps réel.

Au premier temps de notre projet, la commande est la position d'un disque noir (cible a détecte) dans une image suivant le centre de cette image ***(O, X, Y)***. Après la détection de la cible pour générer la commande, on fait l'extraction du centre de gravité de la cible a fin de repérer la cible sur le plan ***(O, X, Y)***.

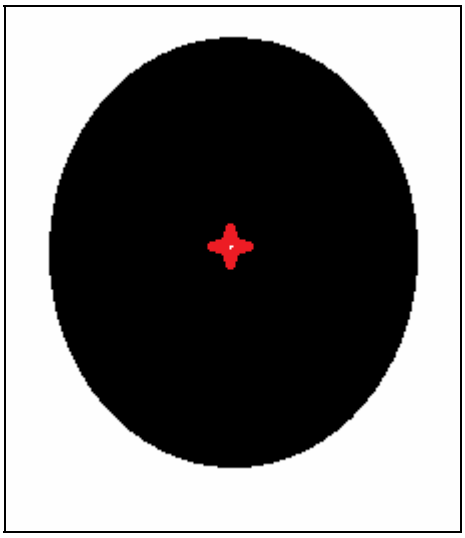


Figure IV.2 Fig. cercle N°1

Après l'exécution du programme, on a trouvé quelques difficultés dans la détection des centres de gravités du disque désiré, car le programme à détecter plusieurs cercles noirs suivant l'environnement d'acquisition, alors on a eu l'idée de travailler avec une cible spéciale pour assurer la détection, la cible est plusieurs cercles coaxiaux (des cercles qui ont le même centre de gravitation) afin d'éliminer un grand nombre de cercles indésirables. On a utilisée aussi une détection basée sur deux couleurs, le noir et le blanc, pour réussir cette étape.



Figure IV.3 cercle N°2

Et pour assurer la détection de la cibles, on a ajoute un autre paramètre d'étude de la cible, ce dernier est le dimensionnement du disque, c'est-à-dire, le rayon minimal et le maximal des cercles noir et blanc ainsi la distance entre eux.

Avec ces paramètres on peut caractériser notre cible ainsi que son centre de gravitation, sa projection sur les axes ***(X, Y)*** et l'angle qui le fait entre ces deux axes quelque soit l'environnement de l'acquisition.

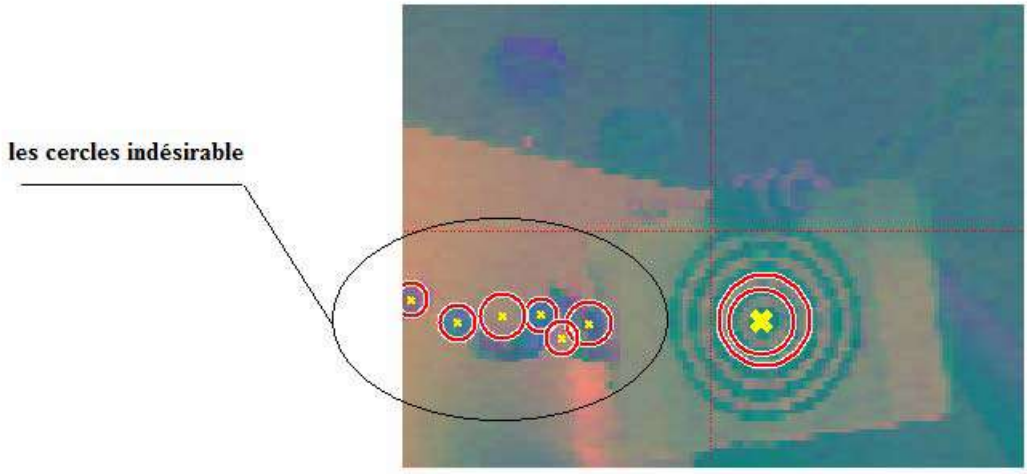


Figure IV.4 détection de centre avec les cercles indésirable

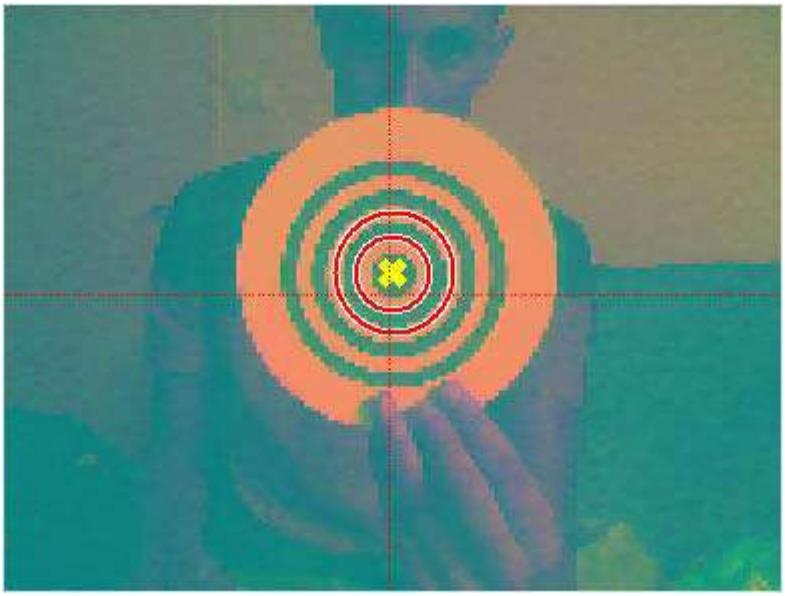


Figure IV.5 finale de la capture du cercle

IV.3 Création de l'interface graphique :

Pour utiliser les programmes de façon simple et facile, on a crée une interface graphique sous MATLAB. Cette dernière contient des boutons poussoirs pour démarrer et stopper l'acquisition ainsi que le temps désirer entre chaque capture et une autre, cette interface enchaine les étapes de façon automatique depuis la capture de l'image, le traitement jusqu'a la commande.



Figure IV.6 Interface Graphique sous MATLAB

Dans cette interface, on peut décrire les commandes suivantes :

1/paramètre de commande :

A/ **la position actuel :** désigne la fenêtre de correction manuel.

B/ **le nombre des commandes :** destinée au nombre de captures pour l'enchainement de la commande.

C/ **temps de pause :** le temps qui sépare deux commande successive.

2/la liste des commandes :

D/ **START :** le bouton qui fait démarrer la commande.

E/ **démarrer la commande :** le bouton de démarrage d'acquisition.

F/ **STOP :** le bouton qui stoppe l'acquisition

3 : l'angle de rotation

4 et **5 :** les coordonnées de position (***X, Y***)

6 : l'espace d'affichage de l'image

La deuxième phase importante dans notre interface est la liaison PC- CARTE ELECTRONIQUE.

IV .1.1 Interface série sur PC :

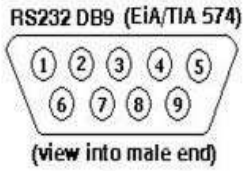
La liaison utilisée pour notre projet est la liaison ***RS232***. Elle définit la transmission sous forme de trame comprenant un paquet de ***5*** à ***8*** bit, cette liaison est de forme USB d'un côté et d'un ***DB9*** de l'autre côté.

RS-232 (parfois appelée ***EIA RS-232, EIA 232*** ou ***TIA 232***) est une norme standardisant un bus de communication de type série sur trois fils minimum (électrique, mécanique et protocole), il est communément appelé le « port série ». Sur les systèmes d'exploitation ***MS-DOS*** et Windows, les ports ***RS-232*** sont désignés par les noms ***COM1***, ***COM2***, etc. Cela leur a valu le surnom de « ports ***COM*** », encore utilisé de nos jours. Cependant, il est de plus en plus remplacé par le port ***USB***.

Les liaisons ***RS-232*** sont fréquemment utilisées dans l'industrie pour connecter différents appareils électroniques (automate, appareil de mesure, etc.).



Pin No.	Name	Notes/Description
1	DCD	Data Carrier Detect
2	RD	Receive Data (a.k.a RxD, Rx)
3	TD	Transmit Data (a.k.a TxD, Tx)
4	DTR	Data Terminal Ready
5	SGND	Ground
6	DSR	Data Set Ready
7	RTS	Request To Send
8	CTS	Clear To Send
9	RI	Ring Indicator



View - looking into male connector

IV .1.2 Précaution d'usage de MATLAB dans l'ouverture et la fermeture des ports :

La gestion des ports série est rigoureuse dans MATLAB. Il est toujours important de respecter la séquence suivante :

- L'ouverture du port.
- Le lancement de l'acquisition.
- L'arrêt de l'acquisition.
- Mise en forme après traitement si nécessaire.
- Fermeture du port.

En particulier, il faut impérativement éviter :

- D'ouvrir deux fois le même port.

- D'ouvrir le port qui n'est pas connecté
- De quitter le GUI sans avoir fermer le port.

IV .2 Partie électronique :

Notre Project consiste a trouver une source d'énergie pour assurer l'alimentation des différents blocs de commande, l'idée est de réalisé une alimentation stabilisée variable sur deux paramètres (tension et courant).

IV.2.1 bloc 02 : Réalisation de l'alimentation stabilisée

Afin d'alimenter notre moteur pas-à-pas, on à utiliser une alimentation stabilisée réglable en tension et en courant, c'est une tâche très importante dans notre travail. Et pour réaliser cette tâche on a utilisé le circuit intégré ***LM723***.

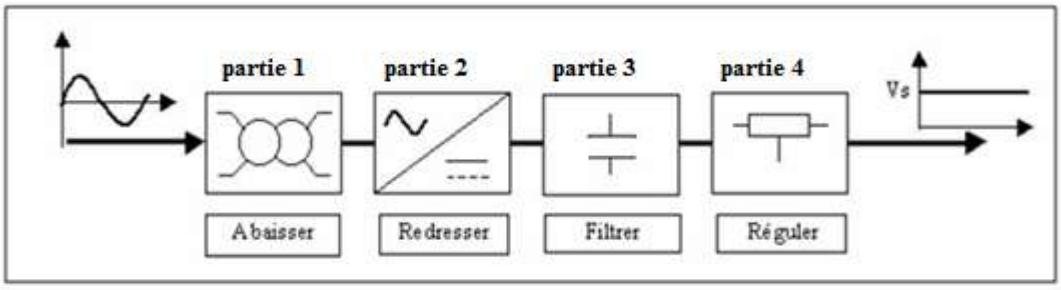


Figure IV.8 Schéma synoptique de l'alimentation stabilisée

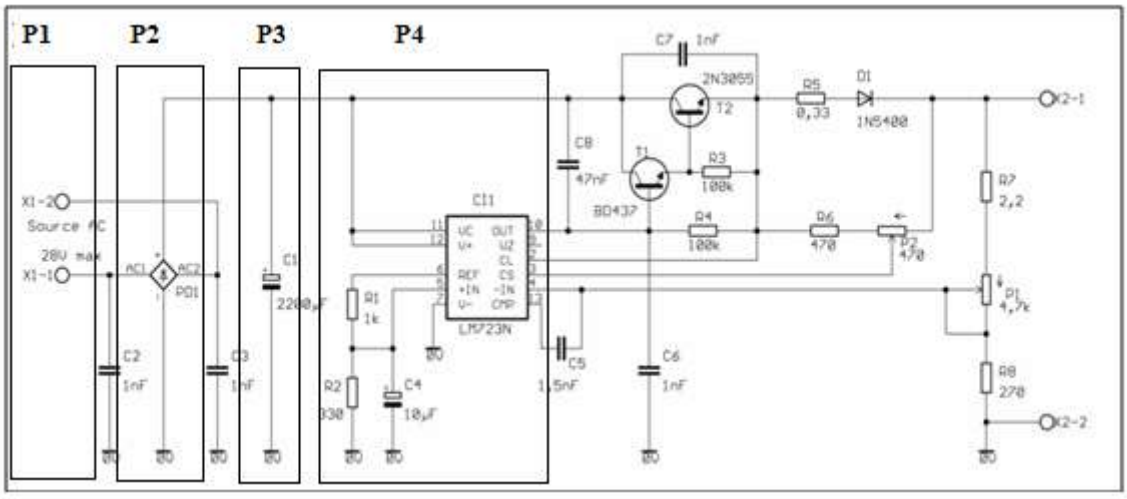


Figure IV.9 schéma d'alimentation stabilisé de notre projet

Lorsqu'il s'agit de réaliser une alimentation variable simple mais de qualité et d'une robustesse, le circuit ***LM723*** reste l'un des meilleurs choix, ce composant, régulateur de tension, reste une référence par ces caractéristiques depuis plus de 30 ans.

Le pont de diodes en entrée et le condensateur ***C1***sont des éléments de redressement et de filtrage habituels, ***R1, R2*** et ***R4*** abaissent la référence de tension interne pour l'appliquer sur l'entrée non-inverse de ***l'AOP***.

La sortie de ***l'AOP*** alimente alors la base du transistor ballast, à savoir le montage Darlington ***T1*** et ***T2***. Ce dernier de type ***2N3055*** montée sur un dissipateur permettra de trier les deux ampères annoncés.

Le circuit intègre une limitation en courant réglable par ***P2*** entre ***0*** et ***2A***. C'est évidement un réglage dont ne peut ce passer une alimentation en tension moderne.

Ce montage a les caractéristiques suivantes :

- ***Tension d'entrée max : 28V alternative.***
- ***Tension de sortie : 2 à 30V***
- ***Courant de sortie : 0 à 2A***

Pour la protection contre les courts-circuits, il faut limiter ***P2***.

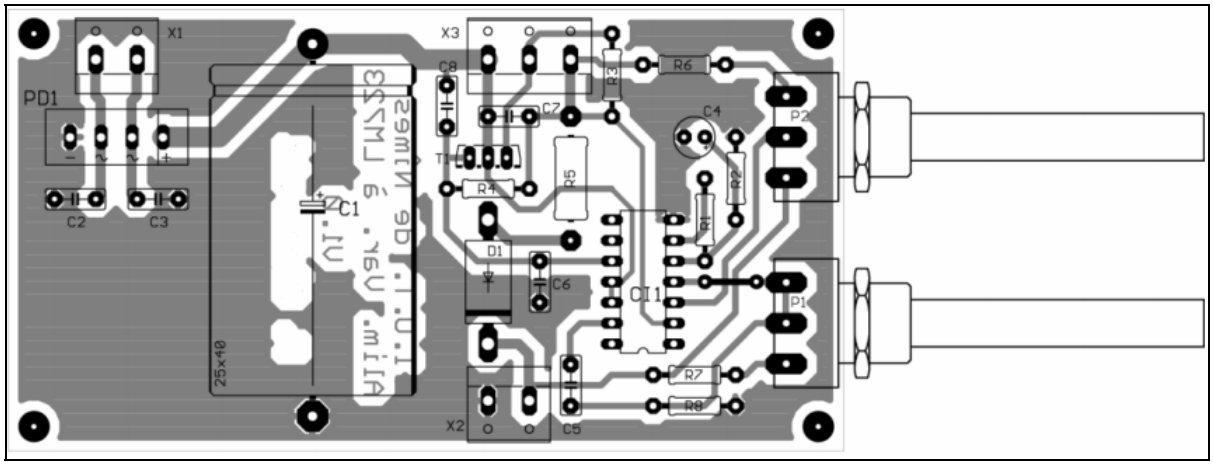


Figure IV.10 circuit imprimé de notre l'alimentation stabilisée

Pour notre alimentation, on a construit quatre blocs :

1. Un bloc qui contiens un transformateur afin d'abaisser la tension

2. Un bloc qui contient un pont de diodes pour redresser le signal vers un signal continu

3. Un bloc de filtrage

4. Un bloc de régulation

IV .2.1.1 Analyse du circuit

Partie N°1 : l'abaissement de la tension

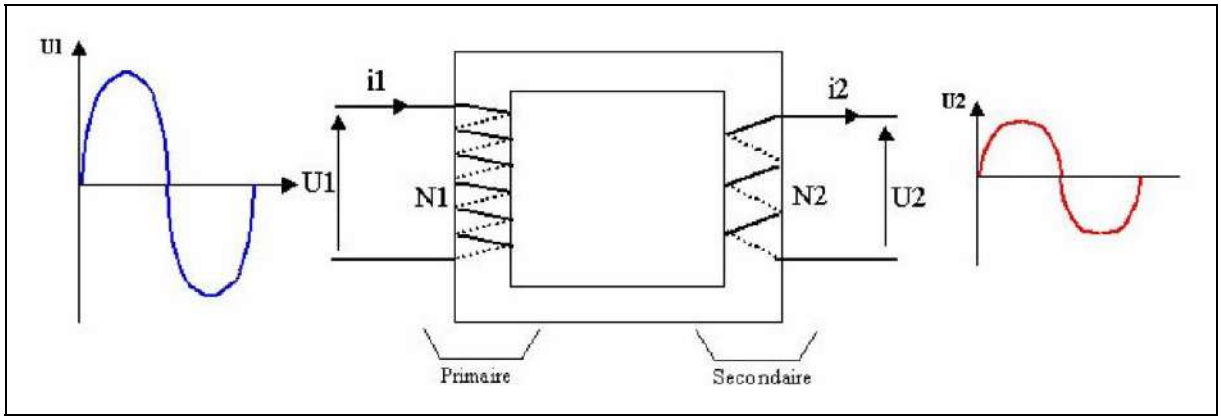


Figure IV.11 Bloc d'abaissement de la tension

Rapport de transformation

Un transformateur est caractérisé par son rapport de transformation. Ce rapport est fonction du nombre de spires des enroulements primaire et secondaire :

$$m = U20 / U1 = N2 / N1 = I1 / I2$$

D'où :

U1 : tension primaire

N1 : nombre de spires primaires

U20 : tension à vide secondaire

N2 : nombre de spires secondaires

Puissance apparente du transformateur

L'autre caractéristique d'un transformateur est la puissance transmise du primaire vers le secondaire, c'est la puissance apparente 'S', elle est égale à :

$$S=U*I$$

Pour notre cas :

$$S1=U1*I1=S2=U20*I2$$

Partie N°2 : Le redressement de la tension

Cette opération est réalisée à l'aide d'un pont de diodes***(PD1)***, on parle d'un redresseur monophasé à double alternance .

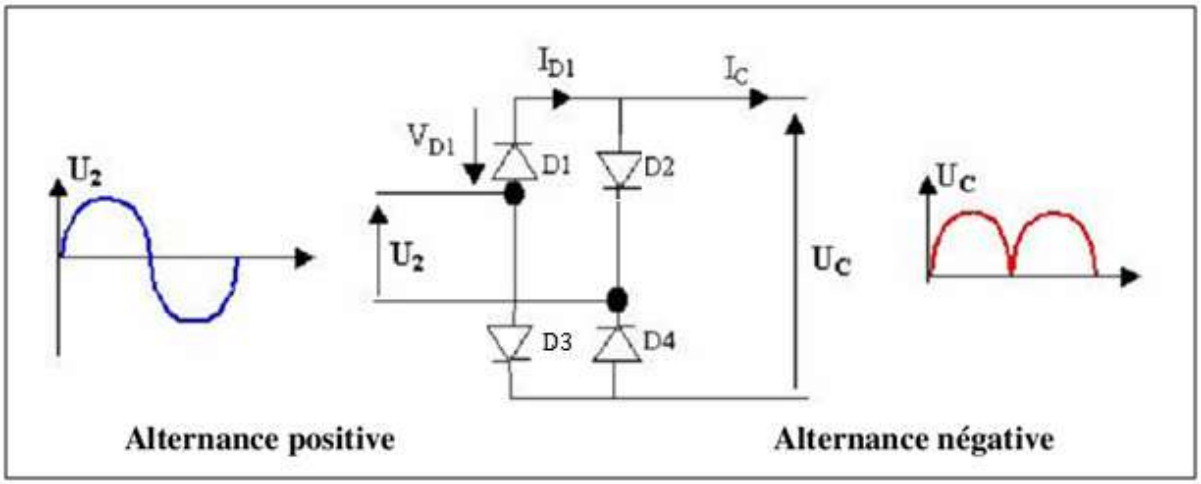


Figure IV.12 Bloc de redressement

Principe de fonctionnement :

- Si la tension ***U2(t)*** est positive, les diodes ***D1***et***D4*** se mettent à conduire les diodes ***D2*** et ***D3*** seront bloquées car la tension entre leurs bornes est négative, c'est –à-dire :

U2(t)>0 :

- ***D1, D4*** passantes
- ***D2, D3*** bloquées

➢ Si la tension ***U2(t)*** est négative, les diodes ***D2***et***D3*** se mettent à conduire les diodes ***D1***et ***D4*** seront bloquées car la tension entre leurs bornes est négative, c'est –à-dire :

U2(t)<0 :

- ***D2, D3*** passantes
- ***D1, D4*** bloquées

Partie N° 3 : le filtrage de la tension

Après le redressement, la tension de sortie aux bornes du pont redresseur est loin d'être continus donc, à l'aide d'un condensateur***(C1)***, on va ajouter une autre opération de filtrage afin de transformer cette tension en une tension continue légèrement ondulée.

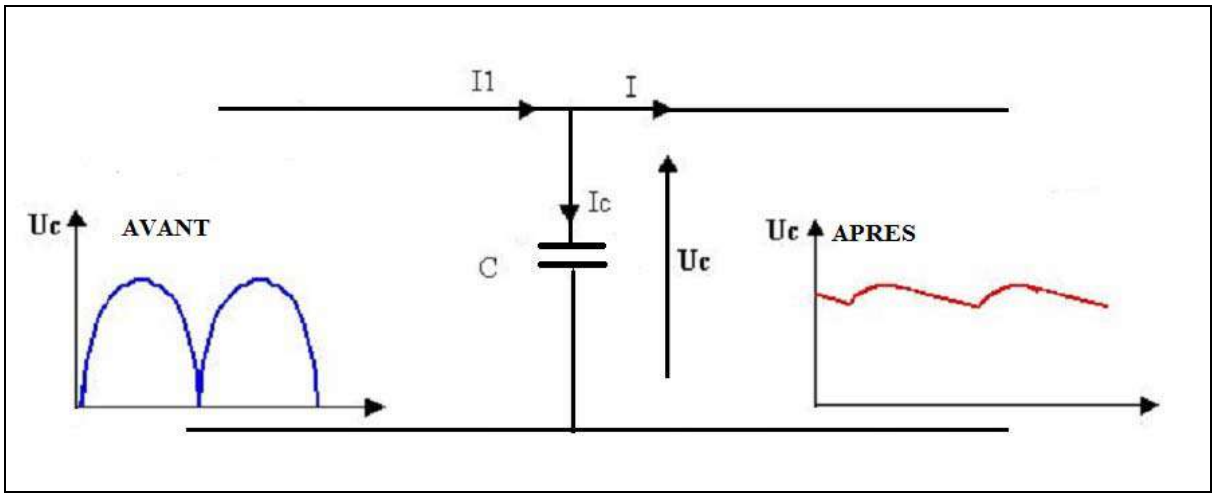


Figure IV.13 Partie de filtrage par condensation

On a pour la charge électrique :

$$Q=C*U=I*t \Rightarrow \Delta Q=C=\Delta U=I*\Delta t$$

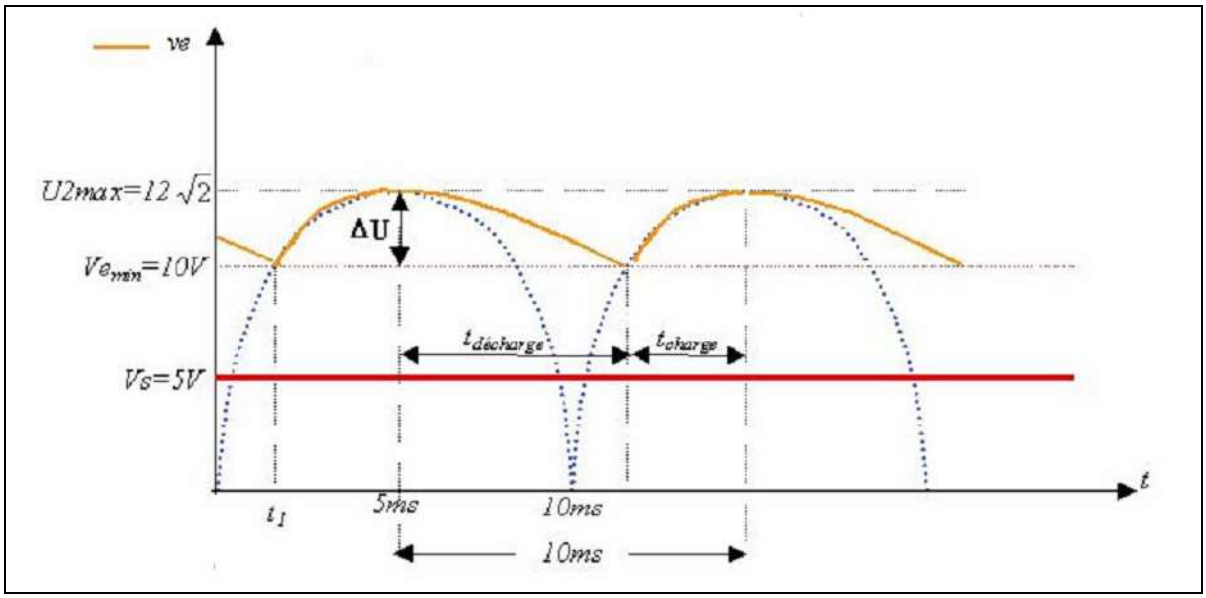


Figure IV.14 Allure de tension

Partie N°4 : la régulation

Malgré le filtrage, la tension aux bornes du condensateur n'est pas parfaitement continue, elle présente une légère ondulation, pour la rendre parfaitement continus, on utilise un régulateur de tension

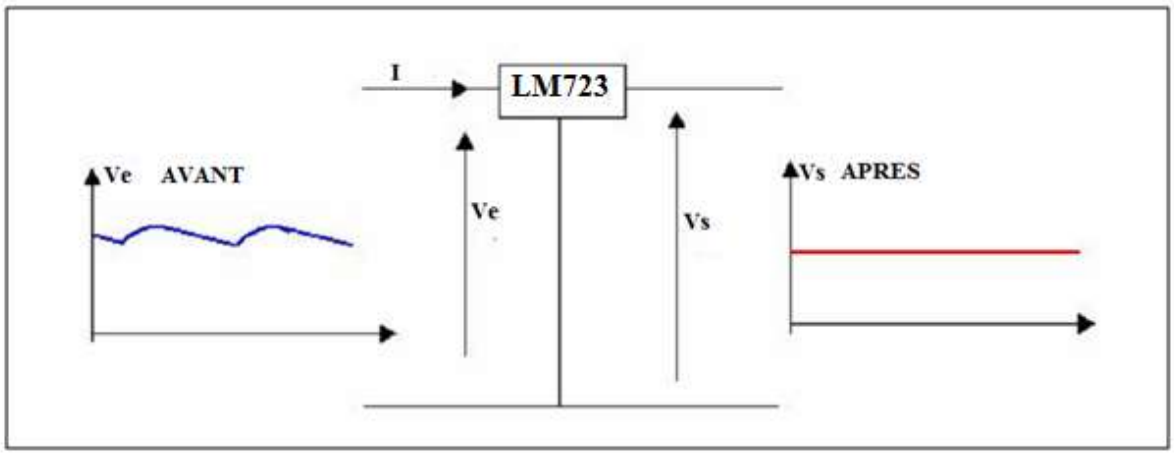
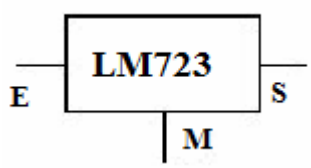


Figure IV.15 Partie de régulation

Le régulateur est constitué de trois bornes



- Une entrée E recevant la tension redressée filtrée
- Une sortie S délivre une tension précise à la charge à alimenter

- Une masse M reliée à la polarité négative de la tension redressée filtrée

Remarque :

La tension d'entrée du régulateur doit être suffisamment grande afin de maintenir V_S constante

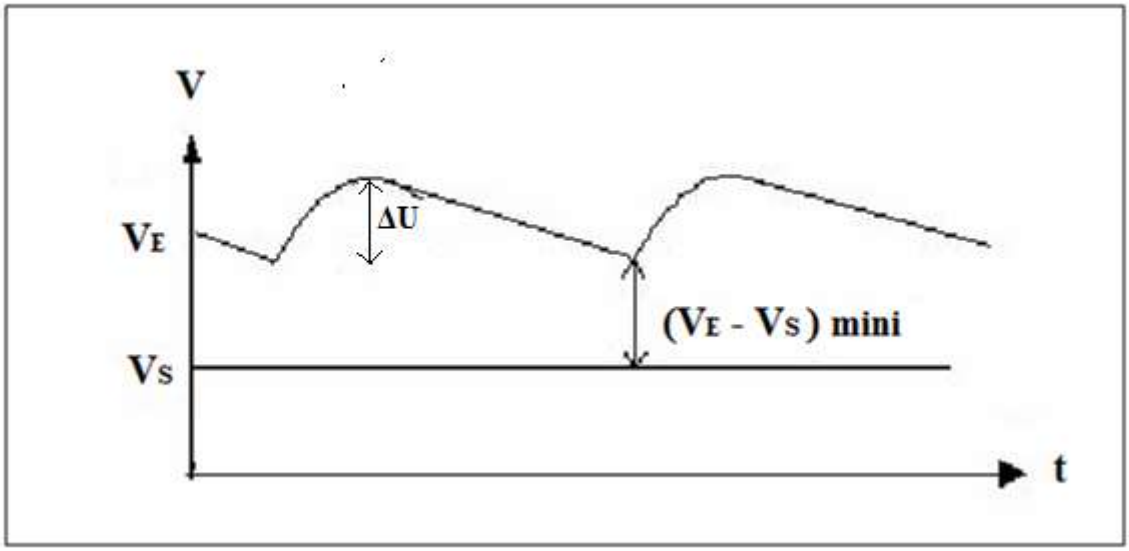


Figure IV.16 Allure de tension entre l'entrée et la sortie

Pour obtenir u rendement convenable, la valeur de la tension d'entrée V_E doit être la plus près possible de V_S mais la tension $(V_E - V_S)$ ne peut descendre en dessous d'une valeur minimale (valeur imposée par le régulateur de ***2*** à ***3 volts***) donc, la tension d'entrée non régulée V_E ne devra jamais être inferieur à ***(VS+ (VE – VS)mini)*** sinon la tension de sortie ne sera plus constante.

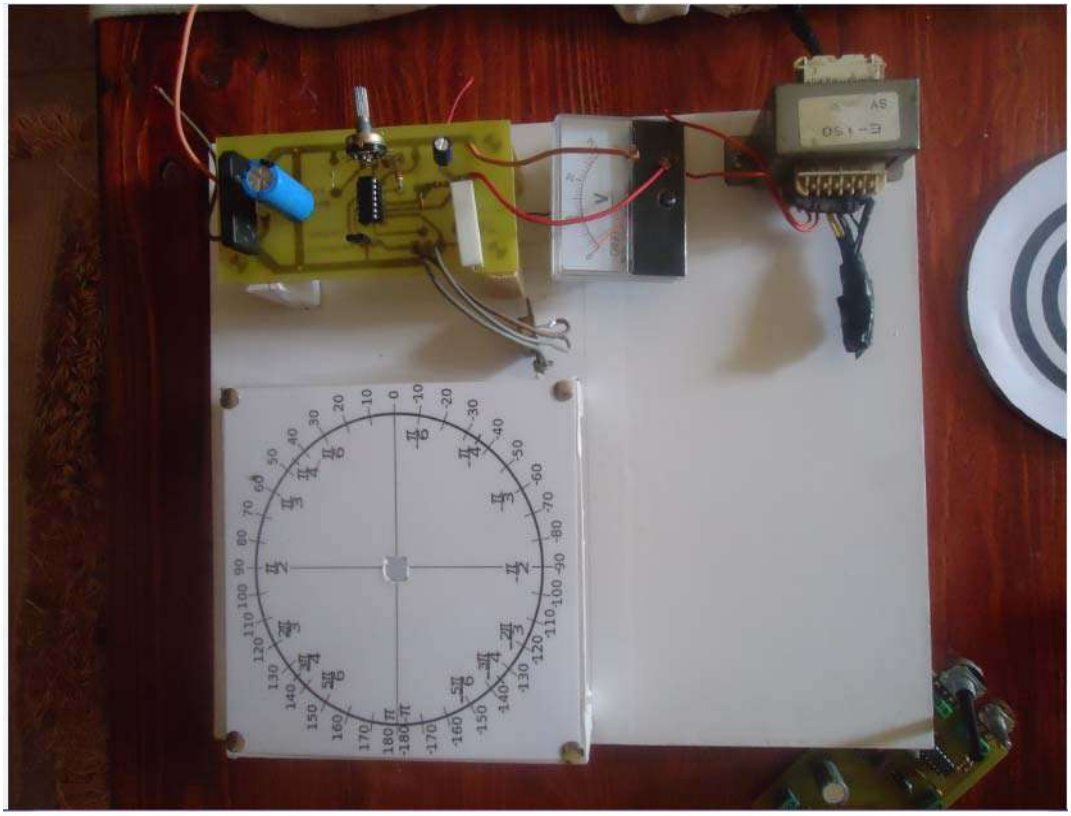


Figure IV.17 schéma complète du travail réalisé

IV.2.2 bloc 03 : Commande du moteur pas-à-pas

La deuxième étape est la question de faire commander à l'aide du programme MATLAB le moteur pas à pas pour pivoter une aiguille afin d'obtenir une position identique à l'angle déterminer auparavant dans un cercle trigonométrique.

IV.2.2. 1 schéma de commande

Pour le bon fonctionnement du moteur pas apas, nous avons utilisés le shéma de commande suivant :

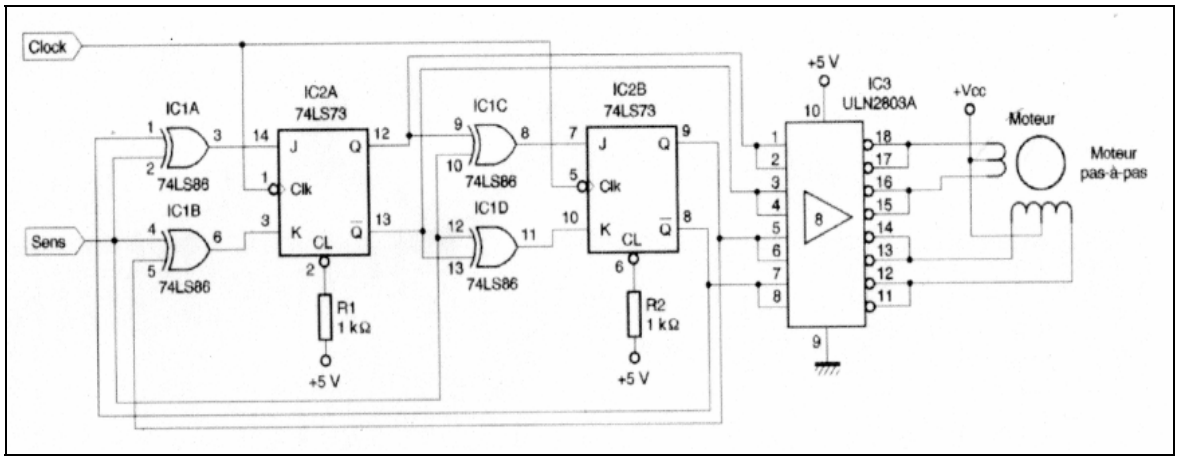


Figure IV.18 Circuit de commande

IV.2.2. 2 Principe

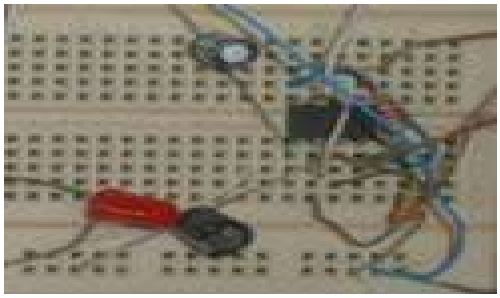
Le schéma de principe du montage de la figure ***IV. 1*** est d'une grande simplicité puisqu'il ne nécessite que quatre circuits intégrés très courants : deux de type ***TTL*** et deux de puissance.

Ce circuit est un ensemble de quatre portes contenus dans un boitier de type ***74LS86*** combiné à deux bascules ***74LS76*** permet de générer les différentes séquences de commande du moteur à partir d'un seul signal d'horloge. De plus, l'application d'un niveau bas ou haut sue deux portes ***OU-EXCLUSIF*** permet d'inverser le sens de rotation.

Le circuit de puissance utilise un circuit intégré comportant un octuple réseau de transistors Darlington connectés en parallèle deux à deux. Ce circuit supporte une tension maximale de ***50V*** et un courant de ***500 mA*** par transistor.

IV.2.2. 3 Description du NE555

Pour notre application, nous avons utilisé le ***NE555*** qui produit un signal d'horloge. C'est un circuit de base très employé dans les projets de fabrication.



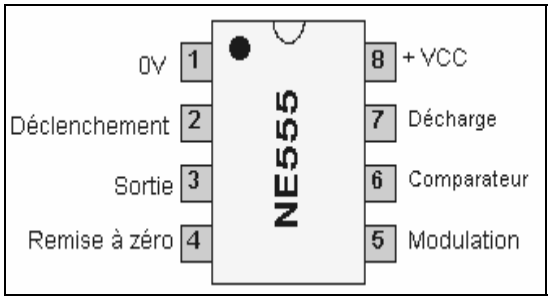


Figure IV.19 NE555 (vue de dessus)

Le montage d'application du ***NE555*** utilisé à la figure ci-dessous contient une diode ***(LED)*** qui clignote. Elle est éteinte pendant un temps ***t1*** de et allumée pendant un temps ***t2*** . Il est très facile de modifier ces valeurs pour obtenir d'autres effets lumineux. Il suffit de modifier les valeurs des résistances ***R1, R2*** et le condensateur ***C***, avec ces trois paramètres ; on peut facilement déterminer la période ***T*** ainsi que la fréquence ***F*** du cycle qui le fait.

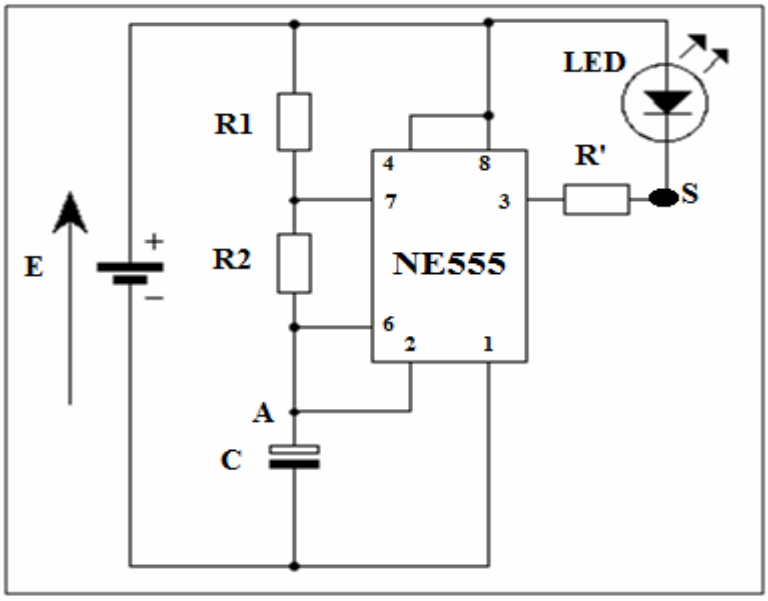


Figure IV.20 Schéma d'application du NE555

Avec ***R'*** : une résistance de protection.

- Calcul de ***t1*** et ***t2*** pour ce schéma

  t1 = 0,7 * (R1 + R2)*C

  t2 = 0,7 * R2 * C

Chrono-diagrammes

Sur la sortie ***S*** et aux bornes du condensateur ***A*** on trouve les signaux suivants :

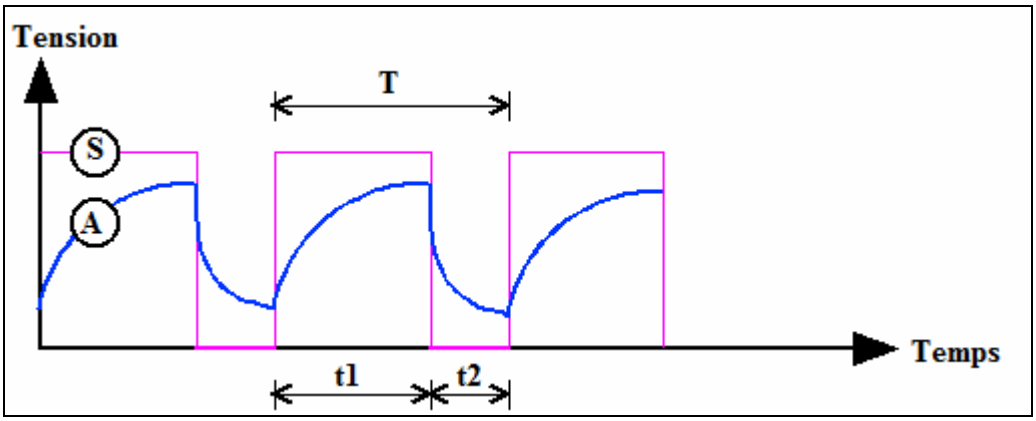


Figure IV. 21 Schéma du chrono diagramme

On peut facilement calculer t1 et t2 à l'aide des formules suivantes :

$$t1 = 0.7\ (R1+R2)*C$$

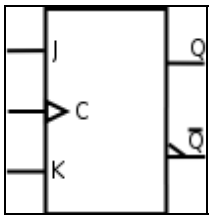
$$t2 = 0.7*R2*C$$

$$T = t1+t2$$

$$F = 1/T$$

IV.2.3 Les bascules J-K

Pour commander un moteur pas-à-pas, il y'a plusieurs montages ainsi que plusieurs types de commande. Et pour ce projet, on a utilisé un simple circuit basé sur des bascules ***J-K*** à front montant, depuis cette grande famille, nous avons utilisé le***73LS76***.





Le ***74 LS 76*** montage des bascules et des portes ***OU-EXCLUSIVE***

Figure **IV.22 description du 74LS76**

Comme on voie bien sur cette image, ce circuit intégré a tris entrée et deux sorties. Pour les entrées on a l'entrée j, l'entrée k et le signal d'horloge « CLOCK » produit par le ***NE555***. Et pour les sorties on a la sortie ***Q*** et la sortie $\overline{Q}$ (le non-Q)

IV.2.3.1 Principe de fonctionnement

Pour ce type de bascule, le principe de fonctionnement est le suivant :

- Pour $J = K = 0$, le signal d'horloge est sans effet, il y a conservation du dernier état logique pris par Q et $\overline{Q}$: il n'y a jamais de basculement.
- Pour $J = K = 1$, le système bascule à chaque front d'horloge (montant ou descendant selon les modèles).
- Pour J différent de K, la sortie Q recopie l'entrée J et la sortie $\overline{Q}$ recopie l'entrée K à chaque front d'horloge.

On utilise cette bascule pour faire des compteurs. On compte jusqu'à 2^n avec n bascules à la suite et on compte dans l'ordre croissant avec des bascules à front descendant et dans l'ordre décroissant avec des bascules à front montant.

Pour réaliser la table de vérité des bascules ***J-K*** on utilise l'équation de la bascule suivante :

$$Q_{n+1} = J\,\overline{Q_n} + \overline{K}\,Q_n$$

De cette équation, on peut déduire la table de vérité suivante :

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

Tableau IV.1 Table de vérité

On peut avoir aussi le chronogramme suivant :

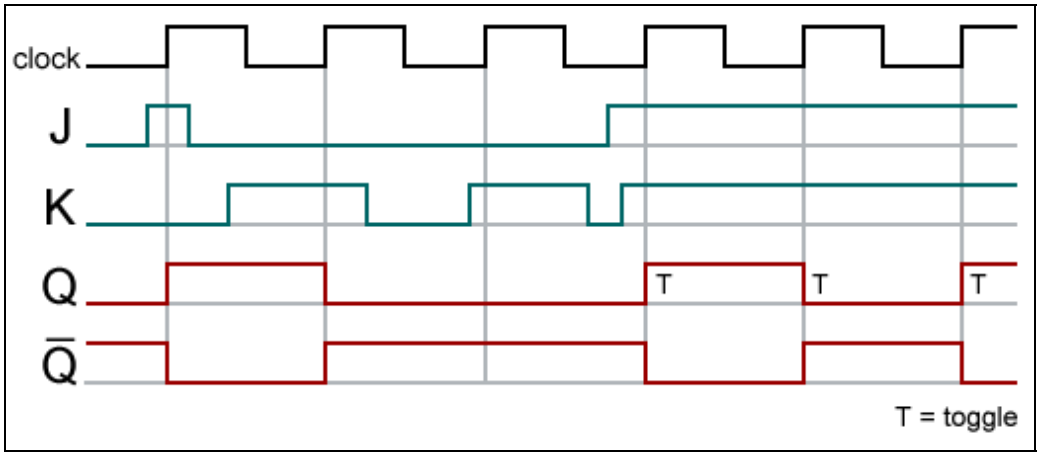


Figure IV.23 Chronogramme pour bascules J-K

Montage complet de la commande

Le montage de notre schéma de commande est celui-ci-dessus :

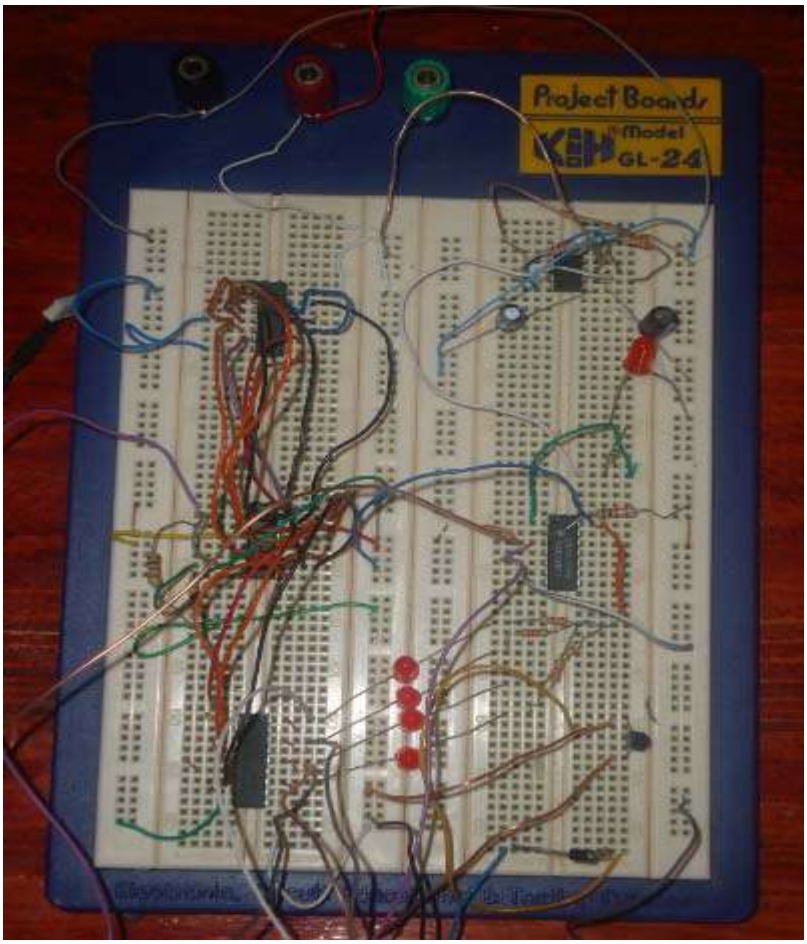


Figure IV.24 schéma de commande sur une plaque Hitchman

Bloc 04 : Moteur pas-à-pas

Pour notre projet, on a utilisé un moteur pas-à-pas de type ***NMB PM35L-048-HPG9***, c'est un moteur a aimant permanant avec ***05*** broches de sortie il supporte une tension maximal de ***24Volts*** et le courant maximal est de ***800mA***.



Figure IV.25 Moteur pas-à-pas

Le Schéma d'adaptation

Afin d'avoir une liaison entre notre programme et la commande, on a réalisé un circuit qui ce présente ci-dessus :

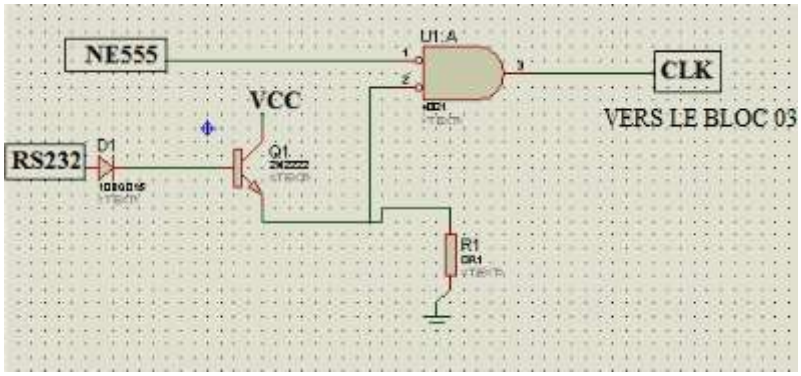
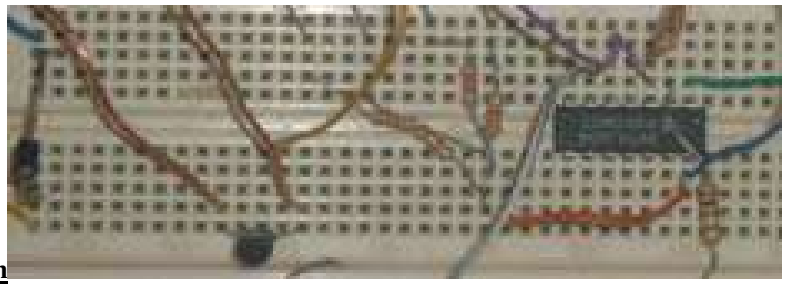


Figure IV.26 Schéma de circuit



d'adaptation

Figure IV.27 Schéma de montage de l'adaptation

LES ESSAIS EXPERIMENTAUX

Essai N°1

Au premier pas des essais expérimentaux, on a commandé notre moteur pour une seule capture, on a lancé l'acquisition et on a trouvé les valeurs suivantes Figure (IV.28-A) :

X=-108.98 ; Y=59.67 et l'angle= 151.26°.



Figure IV.28-A premier essai

Et dans la commande, le moteur s'est déplacé depuis l'état initial vers l'angle désiré sans aucune erreur (figure IV.28-B).



Figure IV.28-B premier essai

Essai N°2 :

Dans ce deuxième essai, on a laissé le programme faire quatre captures successives, on laisse comme conditions initiales un temps de pause égale à ***20s.***

Capture N°1

Pour cette première acquisition, on a trouvé les valeurs suivantes (Figure IV.29-A) :

X=51.21, Y= 64.78 et l'angle=51.67.

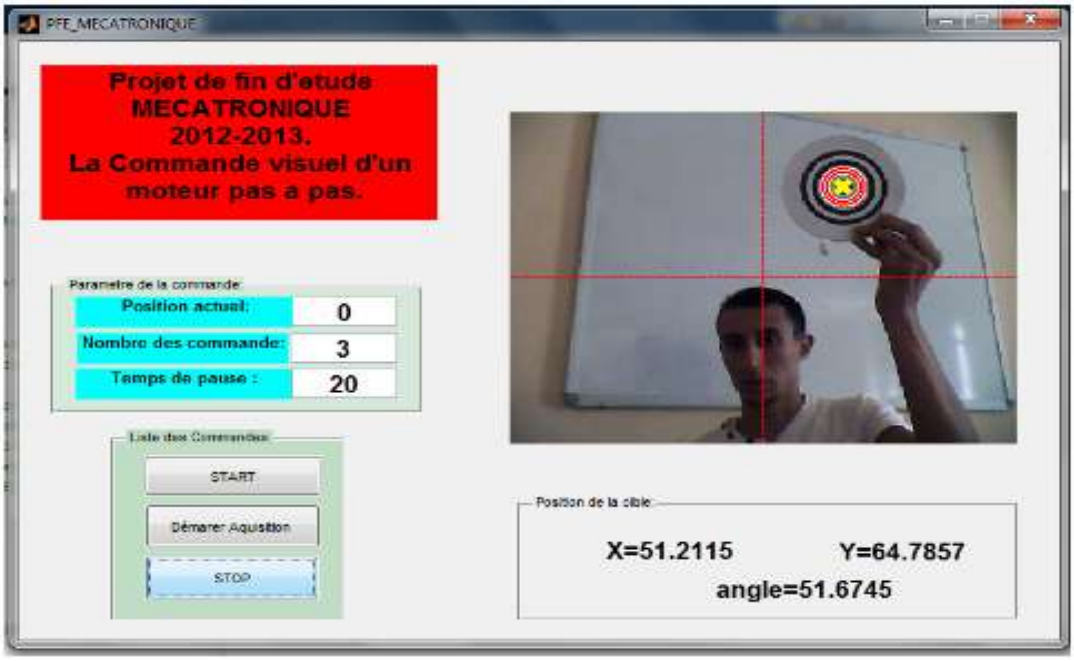


Figure IV.29-A première capture essai N°2

Et pour la commande, on a trouvé un angle presque identique à celui de l'acquisition Figure (IV.29-B) :



Figure IV.29-B première capture essai N°2

Capture N°2

Dans cette deuxième capture, on injecte la valeur de l'angle trouvé (***51°***) dans la première capture dans la fenêtre de correction manuel (position actuel) et on laisse faire la capture de façon automatiques, à la fin nous, avons trouvé les valeurs suivantes (Figure IV.30-A) :

X=-80.35 ; Y=72.97 et l'angle= 137.75°.



Figure IV.30-A deuxième capture essai N°2

Pour la commande, on a trouvé un angle de ***144°***, ce qui nous indique un décalage pour le moteur, (Figure IV.30-B) :



Figure IV.30-B deuxième capture essai N°2

Le décalage d'angle trouvé dans cet essai est causé par un temps de retard ou d'avance entre la commande et le signal d'horloge, c'est-à-dire, il y'a un décalage dans le front descendant entre la commande et le signal d'horloge, ce qui produit un retard ou un avance a la fin de la commande, cette erreur est estimé de ***±7,5°*** et puisque le pas de notre moteur est ***7,5°*** alors on a une tolérance de ± ***1pas***.

Capture N°3

Dans cette avant dernière capture, on fait le même travail fait pour la deuxième capture, cette fois, l'angle initiale est de ***144°*** et le temps de pause reste toujours le même, enfin, on a trouvé les valeurs suivantes (Figure IV.31-A) :

X=-65.56 ; Y=-26.47 et l'angle= -158°

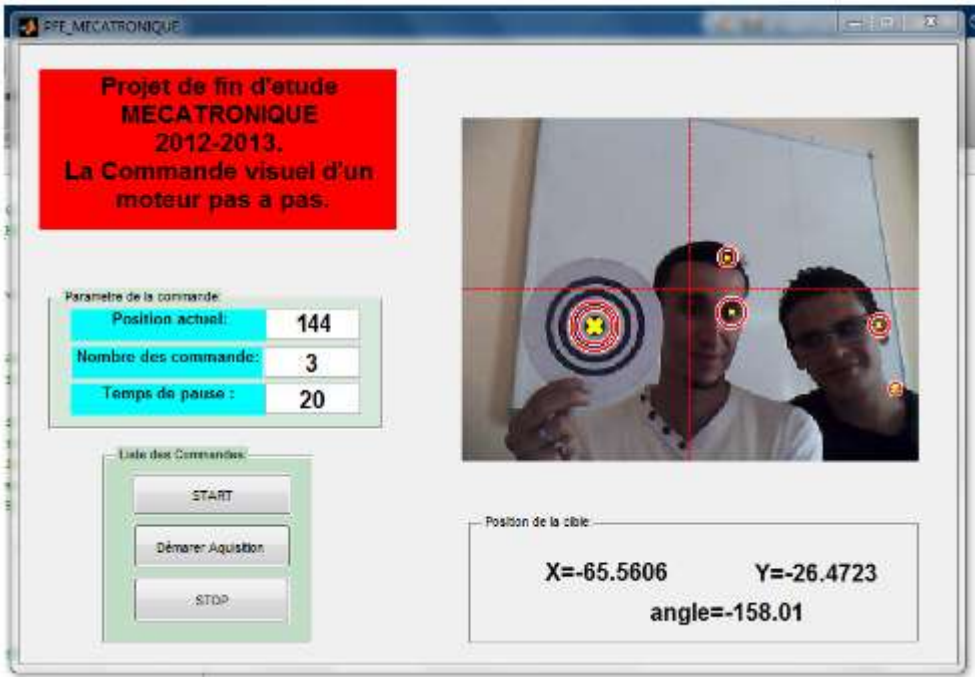


Figure IV.31-A troisième capture essai N°2

Et on a trouvé un angle de ***-150°*** avec un décalage de ***1pas*** toujours causé par le front descendant entre la commande et le signal d'horloge.



Figure IV.31-B troisième capture essai N°2

Capture N°4

Dans cette dernière étape, on a changé la valeur dans la fenêtre de correction d'angle alors l'état initial est l'état final de la troisième capture, elle est estimé de ***-150°.***

On a trouvé les valeurs suivantes (Figure IV.32-A) :

X=115 ; Y=-5.43 et l'angle= -2.70°.

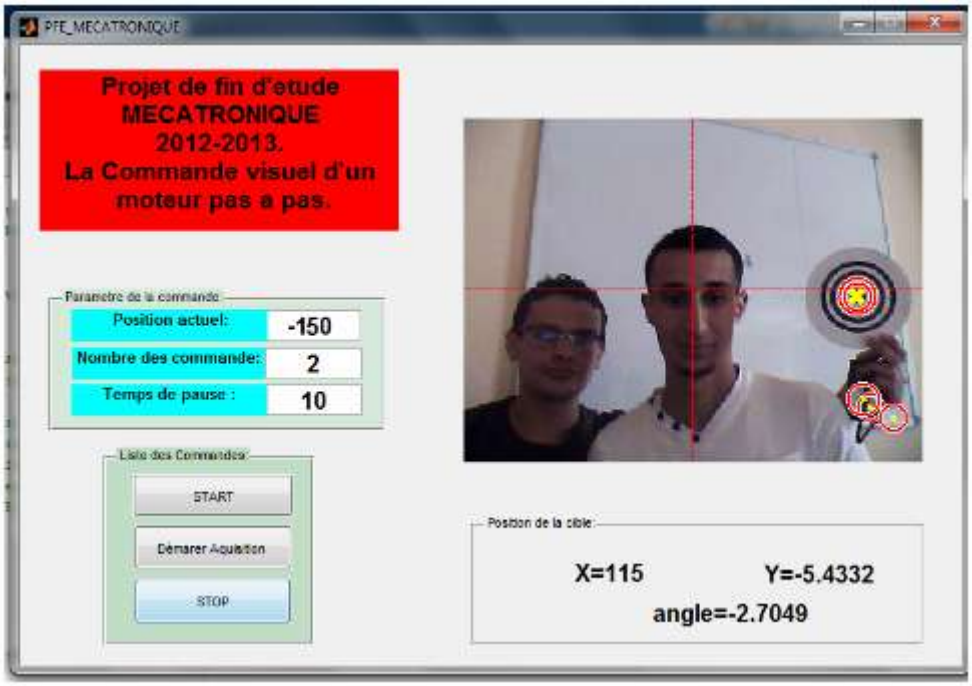


Figure IV.32-A dernière capture essai N°2

Dans cette étape, on a trouvé un angle identique à celui de l'acquisition (Figure IV.32-B), on peut dire sur cette acquisition que c'est une acquisition parfaite car il n'ya pas de décalage entre la commande et le signal d'horloge.



Figure IV.32-B dernière capture essai N°2

IV.3Conclusion :

Ce dernier chapitre est le résumé de tout notre travail, on a vu dans ce dernier tous les points qui touchent notre travail expérimental en commençant par la description du programme utilisé dans le côté soft et en arrivant à la commande de notre moteur pas-à-pas en passant par l'alimentation stabilisée dans le côté hard. Nous avons décrit dans ce chapitre tous les circuits utilisés ainsi que les schémas internes de chaque élément utilisé dans ces circuits. Enfin on a pu faire des essais expérimentaux et malgré les erreurs qu'on a trouvées dans ce travail, on a pu avoir des solutions à ces derniers et limité la plage des tolérances.

CONCLUSION GENERALE

Le travail présenté dans ce mémoire de fin d'études s'insère dans le cadre de vision artificiel, consiste a développé un système de vision unidimensionnel qui permet la reconnaissance des formes spéciaux en vue de leur manipulation par un système mécanique ou électromécanique.

La vision par ordinateur est le processus qui consiste à découvrir à partir des observations d'un univers ce qu'y présent et où il ce situe, la détection des formes n'est qu'une tâche parmi d'autres pour un système de vision. Mais elle reste tout de même l'une des plus difficiles, elle symbolise la complexité de la vision ainsi que l'ampleur du domaine.

La segmentation d'image est certainement une opération parmi les plus importantes pour l'extraction de l'information utile. Elle permet de réduire la complexité de l'image en supprimant toute information inutile. On a pu réaliser cette partie à l'aide de l'outil de programmation MATLAB.

Après une étude bibliographique, nous avons présenté les principaux aspects de notre contribution qui peut être résumé en trois volets. Le premier est le traitement et la segmentation de l'image, le second concerne l'état de l'art de l'asservissement visuel, et le dernier volet concerne le moteur pas-à-pas et les principaux types de commandes de ce moteur.

La sélection du moteur à été bien étudier car ce type de moteurs ne nécessite pas un asservissement complet par rapport aux autres types de moteur comme le moteur à courant continu ou le moteurs asynchrone qui nécessite pour les commander une boucle de régulation ainsi qu'une boucle de contrôle.

Dans le dernier chapitre, nous avons vue les résultats expérimentaux obtenus sur une scène réelle, et on a vue la reconnaissance des formes ainsi que la détection des centres de gravité des cercles utiles à l'aide du programme MATLAB. Enfin, et avec des essais expérimentaux, on a vue la commande du moteur dans un espace de travail unidimensionnel.

L'alimentation stabilisée est une tâche très importante dans notre travail, cette dernière à été réalisée par le régulateur LM723, ce régulateur de qualité à donner une robustesse à notre alimentation. Avec une basse tension produite par cette dernière, nous avons l'opportunité de faire une simple commande basée sur les bascules J-K de type 74LS76 et à l'aide d'un circuit intégré de type ULN2803.

L'avantages de cette application est l'absence total des capteurs, cet avantage nous à donner le choix pour la commande du moteur ainsi qu'élimine plusieurs complexité. Mais il a laissé un inconvénient, ce dernier est la limitation de l'erreur produite après l'enchainement des captures et des commandes donné au moteur.

La vision par ordinateur est un domaine passionnant certes, mais aussi vaste et complexe, et dont l'étude déborde rapidement sur de nombreuses disciplines. La construction d'une machine de vision qui répondrait aux problèmes de vision par ordinateur dans ca globalité n'est certainement pas encore pour l'immédiat. Mais les progrès importants accomplit ces dernières années dans le domaine nous permettent d'ores et déjà de mettre en œuvre une solution provisoire qui consiste à concevoir un système général. l'ampleur de ces progrès nous autoriserait même avec un peu d'optimisme à espérer voir ce réaliser un jour la super machine de vision qui n'aurait plus comme rôle à simple activation de modules spécifiques à la particularité des tâches, mais de tirer parti de sa base de connaissances, de son expérience et de l'ensemble des outils développés pour répondre intelligemment à un problème donné.

Bibliographie

[1]Gonzalez, Woods , « introduction au traitement d'image » page 3-4, 2008.

[2]Gonzalez, Woods, « introduction au traitement d'image » page7-24, 2008.

[3]Pulsar , « Le masque flou en imagerie numérique », archive- Pulsar - SAP, no 711 et 712, 1995/1996.

[4]WACKER Serge, « les formats de l'image numériques » C2I-niveau 1, IUFM, Technoprimaire , Université de Montpelier.

[5]ALLEAU. Christophe « Transmettre et stocker de l'information », Enseignement spécifique classe S, Académie de poitier, B.O, Spécial n°8, page 13, le 13 Octobre 2011.

[6] GANGLOFF Jaque : « Asservissement visuel rapide d'un robot manipulateur », thèse de doctorat, université de luis pasteur, Strasbourg, 1999.

[7] FARABI Bensalah : « Estimation de mouvement par vision active », thèse de doctorat, université de renne I. 1996

[8] E. Malis. « Contribution à la modélisation et à la commande en asservissement visuel». Thèse de doctorat, Université de Renne I, 1998.

[9] P. Corke et S. Hutchnison. « A new partitioned approach to imagebased visual servo control ». IEEE Transaction on Robotics and Automation, tome 17, no 04, pages 507-515, 2001.

[10] E. Malis, F Chaumette, et S. Boudet. « 2-1/2-D Visual servoing ». IEEE Transaction on Robotics and Automation, tome 15, no 02, pages 238-250, 1999.

[11] P.K Allen, A. Timcenko, B.Yoshimi, et P. Michelman. « Automated tracking and grasping of a mouving object with a robotic hand-eye system». IEEE Transaction on Robotics and Automation, tome 9, no 02, pages 152-165, 1993.

[12] K. Miura, J. Gangloff, et M de Mathlein. « Robust and uncalibrated visual servoing without jacobian using a simplex method». Dans Proc. Of the IEEE/RSJ International Conference on intelligent Robots and Systems, pages 311-316, 2002.

[13] B. Espiau, F. Chaumette, et P. Rives. « A new approach to visual servoing in robotics ». IEEE Transaction on Robotics and Automation, tome 08, no 3, pages 313-326, 1992.

[14] P.I Corke." Visual control of robots", Research Studies Press Ltd., Taunton, Somerset, U.K, 1996.

[15] P.I Corke et M. C. Good. " Dynamic effects in visual closedloop system ".IEEE Transaction on Robotics and Automation, tome 12, no 05, pages 671-683, 1996.

[16] R.Kelly. « Robust asymptotical stable visual servoing of planar robots ».IEEE Transaction on Robotics and Automation, tome 12, no 05, pages 759-766, 1996.

[17] E. Zergeroglu, D. Dawson, M. de Queiroz , et S. Nagarkatti. « Robust visual- servo control of robot manipulators in the presence of Ucertainty ». Dans Proc. Of the IEEE Int. Conf. On decision and control, pages 4137-4142, Décembre 1999

[18] J.A. Gangloff et M. F. de mathelin. « High speed visual servoing of a 6 DOF Manipulator using multivariable predictive control" .Advanced Robotics, tome17, no10, Pages 993-1021, Décembre 2003. Special issue: advanced 3D vision and its application to robotics.

[19] F. Chaumette. « Potential problems of unstability and divergence in image-based and position-based visual servoing ». Dans Proc. Of the European Control conference, ECC'99, Karlsruhe, Allemagne, Septembre 1999.

[20] P. Martinet, J. Gallice, et D. Khadraoui. « Vision based control a low using 3d visual features ». Dans Proc. World automation Congress, WAC'96, Robotics and Manufacturing systems, Volume3; Pages 497-502, May 1996.

[21] Marcel Juffer. « Traite d'électricité », ELECTROMECANIQUE, volume IX, ISBN 2-28074-285-4

[22] Nicolas Wavre. « Entrainements Electrique II » Ecole Polytechnique Fédéral de Lausanne.

[23] J.R. Hendershot and Tje Miller. « Design of Brushless Permanent-Magnet Motors». Oxford Science Publication, ISBN 1-881-885-03-01.