

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département d'Electronique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : Electronique

Spécialité : Industries Electronique

Par

- **CHETOUANA YOUSRA**
- **CHERIET ROUFAIDA**

Intitulé

*Etude et réalisation d'une unité de commande pour le bras manipulateur
ED-7220C*

Soutenu le : 26/06/2024

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M.SARRA MUSTAPHA</i>	<i>PROF</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.DJELLAL DJAMEL</i>	<i>MAA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.BOUKEZATA BOUALEM</i>	<i>MCA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement

Tout d'abord, louange à « ALLAH »
qui nous a guidé sur le chemin Droit tout au long du
travail. Au terme de ce travail, nous tenons à

remercier notre

Encadreur DJELLAL DJAMEL Professeur
à l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi
de Bordj Bou Arreridj

pour avoir accepté de diriger ce travail pour ses
orientations, ses conseils judicieux, et ses
Encouragements afin que nous puissions mener à bien
ce travail, nous lui exprimons nos profonds
respects



*Je remercie ALLAH le tout puissant
qui m'a tracé le chemin de ma vie de m'avoir
accordé des connaissances de la science et de m'avoir
aidé à réaliser ce travail*

*Je dédie ce travail particulièrement à mes chers parents,
qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne,
pour leurs soutiens,
patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce
qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.*

*A ma cher frère **Anes** et à mes chères sœurs : **WIEAM**,
INES et son petit, **OUSSAID***

*A ma chère binôme **CHERIET ROUFAIDA***

*A toutes mes amies de la promotion
2024 – MCIL5 Industrie Electroniques
et à tous ceux qui m'ont encouragé
durant mes études.*

CHETOUANA YOUSRA





*Je remercie ALLAH le tout puissant
qui m'a tracé le chemin de ma vie de m'avoir
accordé des connaissances de la science et de
m'avoir aidé à réaliser ce travail*

*Je dédie ce travail particulièrement à mes chers parents,
qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne,
pour leurs soutiens,
patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce
qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.*

*A mes chers frères : **SELMEN, AALAE et IYED,***

*à mes chères sœurs : **AFRAH et AYA***

*A ma chère binôme **CHETOUANA YOUSRA***

A toutes mes amies de la promotion

2024 – MCIL5 Industrie Electroniques

et à tous ceux qui m'ont encouragé

durant mes études.

CHERIET ROUFAIDA



Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur les robots

I. Introduction	2
II. Définition d'un robot.....	2
III. Historique	2
IV. Caractéristiques d'un robot	3
V. Les types des robots	4
V.1. Les robots mobiles	4
V.2. Robot humanoïde	5
V.3. Les robots manipulateurs (fixes).....	5
VI. Structure générale du robot manipulateur	6
VI.1 Structure mécanique.....	6
VI.2 Articulation.....	7
VI.3 Les actionneurs.....	8
VI.4 Les capteurs.....	9
VI.5 La partie commande.....	9
VII. Domaines d'application de la robotique.....	9
VIII. Conclusion.....	12

Chapitre II : Etude de bras manipulateur ED-7220

I. Introduction	13
II. Description du robot.....	13
II.1 Partie opérative.....	13
II.2 Partie commande	17
III. Modèle géométrique direct du robot	19
IV. Modèle géométrique inverse du robot.....	24
V. Espace de travail du robot	24
VI. Conclusion.....	25

Chapitre III : Conception et réalisation d'une unité de commande

I.	Introduction	26
II.	Logiciels utilisés.....	26
II.1	Arduino IDE	26
II.2	Proteus professionnel	27
III.	Le choix des composants.....	27
III.1	Arduino Mega	27
III.2	Le circuit L298 N.....	29
III.3	Autres composants utilisés	31
IV.	Schéma bloc du système	33
V.	Réalisation d'une unité de commande pour le bras manipulateur ED 7220 C.....	34
VI.	Programmation Arduino.....	41
VII.	Déplacement d'un objet	49
VIII.	Problèmes rencontrés	50
IX.	Conclusion.....	51
	Conclusion générale	52

Liste des Figures

Liste des Figures

Figure I. 1 : Robot mobile.....	4
Figure I. 2 : Robot humanoïde NAO.....	5
Figure I. 3 : Bras manipulateur.....	6
Figure I. 4 : Vocabulaire d'un bras manipulateur.....	7
Figure I. 5 : Articulation rotoïde.....	8
Figure I. 6 : Articulation prismatique.....	8
Figure I. 7 : Robots industriel.....	9
Figure I. 8 : Robots chirurgicaux.....	10
Figure I. 9 : La robotique agricole.....	11
Figure I. 10 : Robots au service des forces militaires.....	11
Figure II. 1 : ED7220C–A bras articulé 6 degrés de liberté.....	14
Figure II. 2 : Moteur à courant continu (type : MDE).....	15
Figure II. 3 : Capteur de position de type (Mini Micro switch - SPDT).....	16
Figure II. 4 : Composant du système ED-7220C.....	17
Figure II. 5 : L'unité de contrôle ED-MK4.....	18
Figure II. 6 : Télécommande.....	19
Figure II. 7 : Placement de repères pour le robot ED- 7220 C.....	20
Figure II. 8 : Espace de travail [6].....	25
Figure III. 1 : Paramétrage de la carte.....	26
Figure III. 2 : carte Arduino Mega.....	28
Figure III. 3 : circuit L298N.....	30
Figure III. 4 : Diode 1N5819.....	31
Figure III. 5 : Buzzer.....	31
Figure III. 6 : Bouton poussoir.....	32
Figure III. 7 : Fusible.....	32
Figure III. 8 : Schéma bloc du système.....	33
Figure III. 9 : Carte de commande de deux moteurs.....	34
Figure III. 10 : Moteur avec encodeur.....	35
Figure III. 11 : La carte réalisée sous ISIS-PORTEUS.....	36
Figure III. 12 : Visualisation 3D de la carte sur proteus.....	37
Figure III. 13 : Unité de commande pour le bras manipulateur ED-7220C.....	38
Figure III. 14 : MODULE AUX ED-7220 C.....	39
Figure III. 15 : Module de boutons poussoir.....	40
Figure III. 16 : Système de commande de bras ED 7220C.....	41
Figure III. 17 : Mode manuel de la télécommande.....	42
Figure III. 18 : Un résultat de l'autodiagnostic (1).....	45
Figure III. 19 : Un résultat de l'autodiagnostic (2).....	46
Figure III. 20 : Avant et après l'initialisation du bras de robot.....	47

Liste des Figures

Figure III. 21 : Déplacement d'une bouteille d'un point à un autre.	49
Figure III. 22 : Changement de la bobine endommagée du moteur A.	50

Liste des Tableaux

Tableau II. 1 : Caractéristiques du robot ED-7220c.....	14
Tableau II. 2 : Plage de mouvement.....	14
Tableau II. 3 : Paramètre DH pour le bras robot ED-7220C.....	21
Tableau II. 4 : Les longueurs des liens [6]	21
Tableau III. 1 : La fiche technique de la carte Arduino Mega [10].....	29
Tableau III. 2 : Table de vérité du L298N [11]	30

Introduction Générale

Introduction Générale

Depuis quelques années, les chaînes de production industrielles et celles de la distribution sont de plus en plus robotisées. La robotique est essentiellement cantonnée au domaine manufacturier pour réaliser des tâches complexes, pénibles et répétitives l'assemblage, le soudage, la peinture, le tri sélectif, la manutention, la manipulation des produits dangereux (nucléaire), et pour permettre d'opérer dans des milieux inaccessibles à l'homme.

Un robot manipulateur peut être considéré d'une manière générale comme un générateur de mouvements et d'efforts dans les diverses directions de l'espace. Il se compose d'une structure mécanique articulée, le bras lui-même (segments, articulations, architecture...), d'un organe terminal qui est le dispositif destiné à manipuler des objets, d'une unité informationnelle qui élabore les commandes de ses différentes articulations en vue de l'exécution de ses tâches.

Commander un robot manipulateur consiste à lui permettre d'atteindre un état désiré ou de réaliser une tâche bien spécifique avec une grande précision dans un environnement réel.

Ce mémoire de master présente la conception et la réalisation d'une unité de commande dans le but de commander le robot manipulateur ED-7220C à six degrés de liberté, en utilisant la programmation à base de langage C. Ce bras peut faire des mouvements divers et cela grâce à l'utilisation du module Arduino Méga.

Pour bien présenter notre travail, nous avons organisé notre mémoire en trois chapitres :

Le premier chapitre introduit les généralités sur les robots, leurs histoire ainsi que les différents types et modèles de robots disponibles, ainsi que les éléments constitutifs de ces robots en se basant sur leur structure mécanique, ainsi que leurs domaines d'applications.

Le deuxième chapitre permet de comprendre la modélisation théorique du bras manipulateur ED 7720 C, ainsi que son fonctionnement et ses caractéristiques techniques. Nous avons étudié attentivement les divers éléments du bras robotique, tant dans la partie opérative que dans la partie de commande.

Le troisième chapitre est une étude pratique qui explique la conception et la réalisation de l'unité de commande de notre bras manipulateur sur la base des connaissances et des informations des chapitres précédents.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LES ROBOTS

I. Introduction

A l'origine, les robots ont été conçus pour remplacer les travailleurs humains, qui souffraient de problèmes industriels à l'époque, on pensait que les robots seraient des machines universelles capables de la reprogrammation rapide pour une grande variété de tâches, et ces idées qui ont motivé leur développement.

La robotique est un ensemble de disciplines techniques (mécanique, électronique, automatique, informatique) articulées autour d'un objectif et d'un objet commun. Cet objectif est l'automatisation flexible de nombreux secteurs de l'activité humaine réputés jusqu'à très récemment, et l'objet est le robot, sorte de machine universelle dont l'homme rêve depuis toujours (mais qui n'a pas encore la forme de ce rêve).

II. Définition d'un robot

Un robot est un dispositif mécanique articulé capable d'imiter certaines fonctions humaines telles que la manipulation d'objets ou la locomotion, dans le but de se substituer à l'homme pour la réalisation de certaines tâches matérielles. Cette réalisation est plus ou moins autonome selon les facultés de perception de l'environnement dont est doté le robot.

La robotique est l'ensemble des activités de construction et de mise en œuvre des robots. On peut dire aussi que tout dispositif comporte une partie opérationnelle qui réalise la tâche et une partie décisionnelle ou commande qui contrôle la partie opérationnelle [1].

III. Historique

De tout temps, l'homme a cherché à se faire remplacer pour des tâches spécifiques pouvant être dangereuses, fastidieuses ou longues. Donc, il a tenté de concevoir des machines capables de présenter des capacités ressemblantes ou vivantes. Le concept du robot a été établi par de nombreuses réalisations historiques créatives, telles que : l'horloge à l'eau de Clepsydre introduite par les Babyloniens (1400 avant JC), le théâtre de l'automate du Héron d'Alexandrie (une centaine d'années après JC) et les automates de l'arabe Al-Jazari (1200 après JC).

- ✓ 1947 : Premier manipulateur électrique téléopéré.
- ✓ 1954 : Premier robot programmable.
- ✓ 1961 : Utilisation d'un robot industriel, commercialisé par la société UNIMATION
- ✓ 1961 : Premier robot avec contrôle en effort.
- ✓ 1963 : Utilisation de la vision pour commander un robot [2].

Depuis lors, la robotique a continué de se développer rapidement grâce aux progrès de l'intelligence artificielle, de la vision par ordinateur et des technologies de capteurs.

Les robots d'aujourd'hui sont de plus en plus sophistiqués et sont utilisés dans de nombreux domaines pour automatiser des tâches, augmenter l'efficacité et améliorer la qualité de vie.

IV. Caractéristiques d'un robot

Un robot doit être choisi en fonction de l'application qu'on lui réserve. Voici quelques paramètres à prendre en compte.

- ✓ La charge maximale transportable (de quelques kilos à quelques tonnes), à déterminer dans les conditions les plus défavorables.
- ✓ L'architecture du système mécanique articulé, le choix est guidé par la tâche à réaliser.
- ✓ Le volume de travail, défini comme l'ensemble des points atteignables par l'organe terminal (OT), tous les mouvements ne sont pas possibles en tout point du volume de travail.
- ✓ Le type du robot et la mission à effectuer.
- ✓ La vitesse de déplacement.
- ✓ La masse du robot.

- ✓ Le coût du robot.

V. Les types des robots

Il existe trois types de robots : robots mobiles et robots humanoïdes et robots manipulateurs.

V.1. Les robots mobiles

Contrairement au robot industriel qui est généralement fixé, le robot mobile est doté de moyens qui lui permettent de se déplacer dans son espace de travail. Suivant son degré d'autonomie ou degré d'intelligence, il peut s'adapter et prendre des décisions afin de réaliser une tâche malgré un manque d'informations préliminaires ou éventuellement erronées. Certains sont capables de modéliser leur espace de travail et de planifier un chemin dans un environnement qu'ils ne connaissent pas forcément d'avance [3].

Il y a plusieurs catégories de robots mobiles, on les trouve selon les domaines d'utilisation, par exemple :

- Robots volants.
- Robots militaires.
- Robot sous-marin.

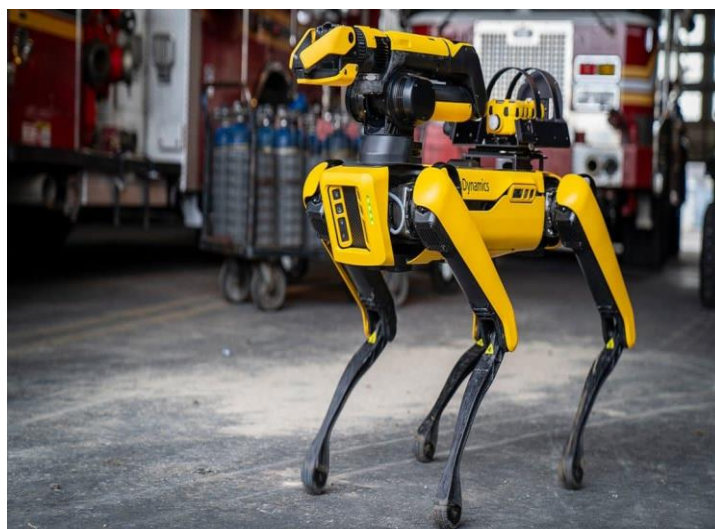


Figure I. 1 : Robot mobile.

V.2. Robot humanoïde

Un robot humanoïde est un robot dont l'apparence générale rappelle celle d'un corps humain. Généralement, les robots humanoïdes ont un torse avec une tête, deux bras et deux jambes, bien que certains modèles ne représentent qu'une partie du corps, par exemple à partir de la taille. Certains robots humanoïdes peuvent avoir un « visage », avec des « yeux » et une « bouche ».



Figure I. 2 : Robot humanoïde NAO.

V.3. Les robots manipulateurs (fixes)

Un robot fixe ou manipulateur, quelle que soit la fonction qui lui est attribuée (transfert d'objet, soudage, assemblage), est un mécanisme capable de déplacer et de situer un objet appelé « organe terminal » ou « point outil » dans une partie de l'espace appelée « volume de travail » [4].

Il existe plusieurs types de robot manipulateur, par exemple, on cite :

1. Robot industriel

Le robot industrie une machine formée par un mécanisme incluant plusieurs degrés de liberté reprogrammables dans trois ou plusieurs axes.

2. Bras manipulateur

Un bras manipulateur est un dispositif reprogrammable multifonctionnel conçu pour déplacer des matériaux, des pièces et des outils. Le bras manipulateur est une machine mue par un mécanisme incluant plusieurs degrés de libertés, ayant souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet capable de tenir des outils, des pièces ou un dispositif d'inspection.



Figure I. 3 : Bras manipulateur.

VI. Structure générale du robot manipulateur

VI.1 Structure mécanique

Le bras manipulateur est constitué de deux sous-ensembles : une structure mécanique articulée et un effecteur (l'organe terminal).



Figure I. 4 : Vocabulaire d'un bras manipulateur.

- **La base :** La base du manipulateur est fixée sur le lieu du travail. Ceci est le cas de la quasi-totalité des robots industriels.
- **Organe terminal :** on utilisera indifféremment le terme organe terminal préhenseur, outil ou effecteur pour nommer le dispositif d'interaction fixé à l'extrémité mobile de la structure mécanique. Les tâches qui sont dévolues aux bras sont très variées. Pour chaque opération ou travail spécifique, l'organe terminal prend un aspect particulier.
- **Elément porteur :** il est composé d'un ensemble de corps souples ou rigides liés par des articulations, servant à déplacer l'organe terminal d'une configuration à une autre.
- **Segment :** corps solides rigides susceptibles d'être en mouvement par rapport à la base du porteur, et les uns par rapport aux autres.

VI.2 Articulation

Une articulation lie deux corps successifs en limitant le nombre de degrés de liberté de l'un par rapport à l'autre. Il existe deux types d'articulations, on cite :

1. Articulation rotoïde

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

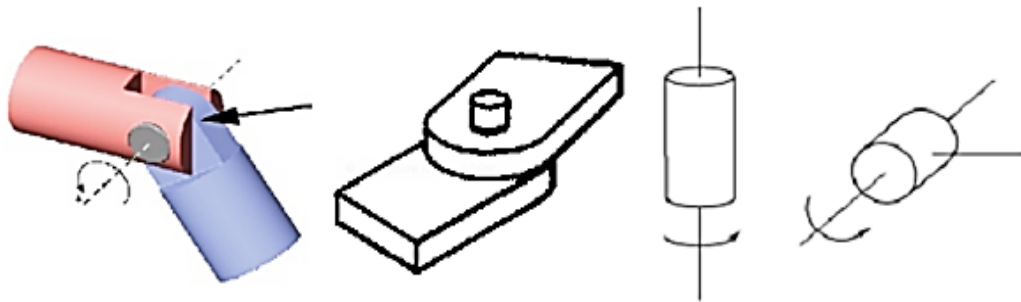


Figure I. 5 : Articulation rotoïde.

2. Articulation prismatique

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

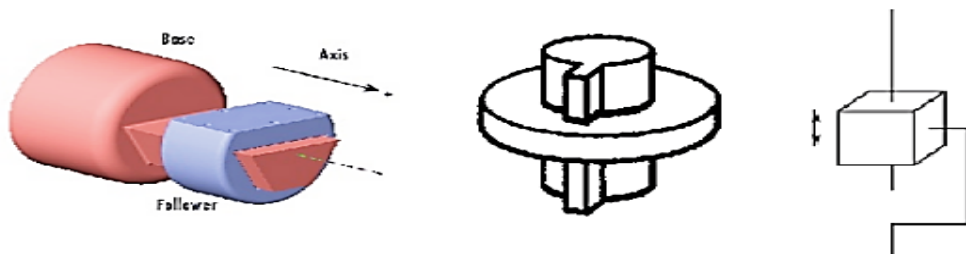


Figure I. 6 : Articulation prismatique.

VI.3 Les actionneurs

Ce sont des mécanismes qui permettent à l'effecteur d'exécuter une action, de convertir les commandes logicielles (Software) en des mouvements physiques. Qui permet de se déplacer dans la structure mécanique pour changer la situation de l'organe terminal.

VI.4 Les capteurs

La perception permet de gérer les relations entre le robot et son environnement. Les organes de perception sont des capteurs dits proprioceptifs lorsqu'ils mesurent l'état interne du robot (positions et vitesses des articulations) et extéroceptifs lorsqu'ils recueillent des informations sur l'environnement (détection de présence, de contact, mesure de distance, vision artificielle) [5] .

VI.5 La partie commande

Synthétise les consignes des asservissements pilotant les actionneurs, à partir de la fonction de perception et des ordres de l'utilisateur.

S'ajoutent à cela l'interface homme machine à travers laquelle l'utilisateur programme les tâches que le robot doit exécuter.

VII. Domaines d'application de la robotique

1. L'industrie

Les robots d'usine ont pris en charge la plupart des tâches qui exigent un niveau de précision plus élevé, une vitesse supérieure et de la patience. Les usines automobiles utilisent des robots pour couper et assembler des pièces. Dans les chaînes d'assemblage, on retrouve des robots soudeurs, manipulateurs, peintres.



Figure I. 7 : Robots industriel.

2. La médecine

Dans le domaine médical, un robot peut être utilisé pour effectuer des opérations trop délicates pour les mains d'un chirurgien ou comme aide lors d'opérations régulières. On parle de chirurgie c'est-à-dire tout ce qui consiste à introduire les derniers outils des technologies informatiques et robotiques dans la pratique médicochirurgicale. Cette pratique de « chirurgie assistée » est émergente, donc bien que peu répandue, on retrouve ces robots en chirurgie, en télé-chirurgie et en macro-chirurgie.



Figure I. 8 : Robots chirurgicaux.

3. L'agriculture

La robotique permet désormais aux agriculteurs d'être plus efficaces et plus productifs dans la gestion des cultures, car ils peuvent effectuer des tâches humaines à répétition de manière efficace et plus efficiente.



Figure I. 9 : La robotique dans le domaine agricole.

4. Militaire

Les robots sont de plus en plus utilisés dans le domaine militaire. En effet, la miniaturisation permet aujourd'hui de créer des robots discrets mais dotés de nombreux capteurs, ce qui est idéal pour des missions d'espionnage ou d'éclairage.



Figure I. 10 : Robots au service des forces militaires.

VIII. Conclusion

Dans ce premier chapitre, on a introduit les bases de la robotique, commençant par une petite définition et historique et leurs caractéristiques. Ensuite on a cité les différents types de robots ainsi que la structure générale du robot manipulateur. À la fin, on a indiqué le domaine d'application des robotiques.

CHAPITRE II

ETUDE DU BRAS MANIPULATEUR

ED-7220

I. Introduction

La plate-forme robotique utilisée dans le présent travail est un bras manipulateur robotique à 6 degrés de liberté ED-7220C développé par ED Corporation, en Corée. Le bras robotique a été largement utilisé dans la recherche, le développement et l'enseignement.

Dans la modélisation du robot, on utilise des équations algébriques pour représenter son comportement. Si les variables sont les positions, on parle du modèle géométrique. Ces concepts théoriques de la modélisation d'un bras manipulateur sont abordés dans ce chapitre.

II. Description du robot

II.1 Partie opérative

Le robot trainer ED-7220 C est classé dans la catégorie « robots pédagogiques ». Il est équipé de six articulations pour effectuer des mouvements similaires à ceux du bras humain.

C'est principalement un outil en série avec toutes les articulations en révolution. Les dimensions géométriques du bras sont le corps, l'épaule, le coude et le poignet. Le poignet peut se déplacer dans deux directions (roulis et tangage), ce qui permet à l'effecteur de faire preuve d'une plus grande souplesse dans la manipulation d'objets. Ces articulations sont manipulées par des servomoteurs à courant continu de la société japonaise DME. Les commandes sont effectuées à l'aide d'encodeurs optiques encastrés. Une pince est fixée pour manipuler des objets de l'ordre de 0,5 mm de capacité de manipulation de petits objets.

Le robot peut se mobiliser lui-même à condition d'intégrer les options appropriées. Cette caractéristique fait du robot un bon candidat pour simuler des tâches industrielles, par exemple. Une chaîne de montage automatisée ou « Pick and Place », etc.

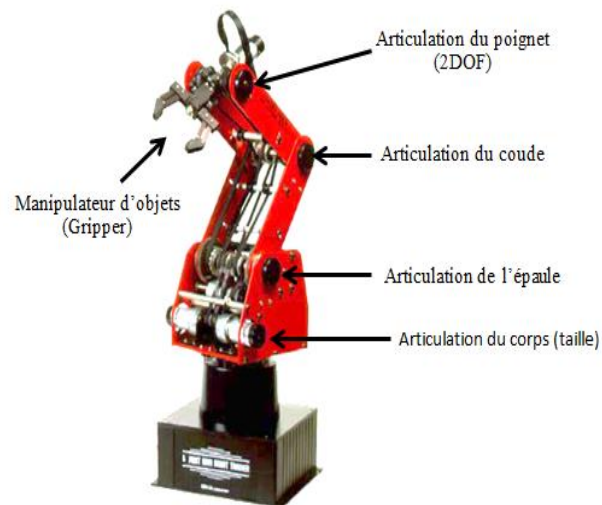


Figure II. 1 : ED7220C–A bras articulé 6 degrés de liberté.

II.1.1 Caractéristiques du robot ED-7220c [6]

Tableau II. 1 : Caractéristiques du robot ED-7220c.

Nombre d'articulations	5 articulations + pince
Construction	bras articulé vertical Précision
Vitesse du mouvement	100 mm/s Max.
Capacité en charge	1kg
Actionneur	moteur à CC (avec encodeur optique)

II.1.2 Plage de mouvement [6]

Tableau II. 2 : Plage de mouvement.

Articulation principale	310°
Articulation de l'épaule	90°
Portée du mouvement Articulation du coude	172°
Poignet en haut et en bas	260° Rotation 360°
Ouverture de la pince	55 mm (sans les protections en caoutchouc)

II.1.3 Les moteurs

Le robot ED-7220 C dispose de six moteurs à courant continu, l'un pour chaque direction. Ce bras contient trois types de moteurs produits par la société « Servo of Japan ». Dans lequel :

- DME 33 B37G-171 : l'ouverture et la fermeture de la pince du moteur A
- DME 38 B50G-115 : le mouvement au niveau du poignet des moteurs B et C.
- DME 38 B50G-116 : le mouvement au niveau du coude du moteur D, le mouvement de l'épaule du moteur E, le mouvement de la base du moteur F.

Le sens de rotation des moteurs à courant continu est contrôlé en changeant la polarité de la tension continue fournie par le contrôleur. Une fois par cycle, le processeur lit le nombre de codeurs et calcule la position et la vitesse du moteur (taux de comptage des encodeurs) [7].

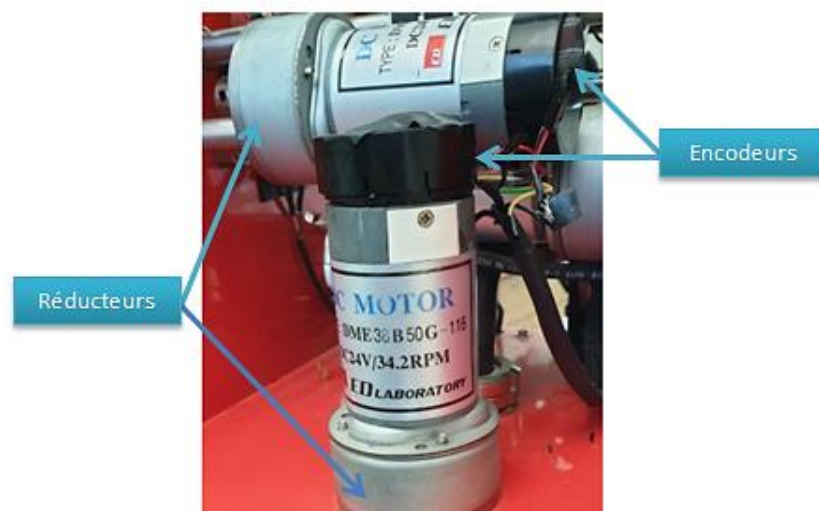


Figure II. 2 : Moteur à courant continu (type : MDE).

II.1.4 Les encodeurs

Chaque moteur du bras robotique du robot ED-7220 C est équipé d'encodeurs rotatifs encastrés.

Chaque encodeur implémenté dans 6 moteurs surveille en permanence la position, le sens et la vitesse de rotation de chaque articulation correspondante du bras du robot. Chaque encodeur fournit 2 impulsions électriques. Le contrôleur détermine le sens de rotation et

compte pour contrôler la position par la différence de phase des 2 impulsions, et contrôle la vitesse en fonction de la fréquence [8]. Ils permettent de connaître la position précise de chaque articulation du bras robotique en temps réel, ce qui est crucial pour assurer la précision des mouvements du robot.

II.1.5 Limite switch

Chacun des 5 joints possède une limite switch (Mini Micro switch - SPDT). Ces fins de course sont utilisées pour déterminer la position des butées des moteurs ; et déterminer la position des articulations du bras et assurer le fonctionnement dans l'espace de travail et empêcher les mouvements susceptibles de causer des dommages au robot ou à son environnement.

Les limites Switch sont des capteurs mécaniques qui sont positionnés sur chaque axe pour détecter les positions de fin de course. Lorsque le bras du robot atteint une position limite, le contact de la limite Switch est activé, ce qui envoie un signal au système de commande du robot pour arrêter le mouvement. Les limite Switch sont généralement câblés en série avec les moteurs du robot et sont utilisés comme une mesure de sécurité pour éviter les collisions ou les endommagements [9].



Figure II. 3 : Capteur de position de type (Mini Micro switch - SPDT).

II.2 Partie commande

II.2.1 Système global

Le système global (Figure II.4) est composé du bras, de son contrôleur connecté à un ordinateur standard et d'un pendant d'enseignement. Le rôle du contrôleur (ED-MK4) consiste à fournir des ports aux moteurs encodés pour entraîner oisivement le robot. On peut utiliser le contrôleur dans l'un des deux modes : à l'aide d'un hôte contrôlé ou à travers la télécommande, ce dernier est le support d'instructions pour la commande manuelle de l'arme robotique.

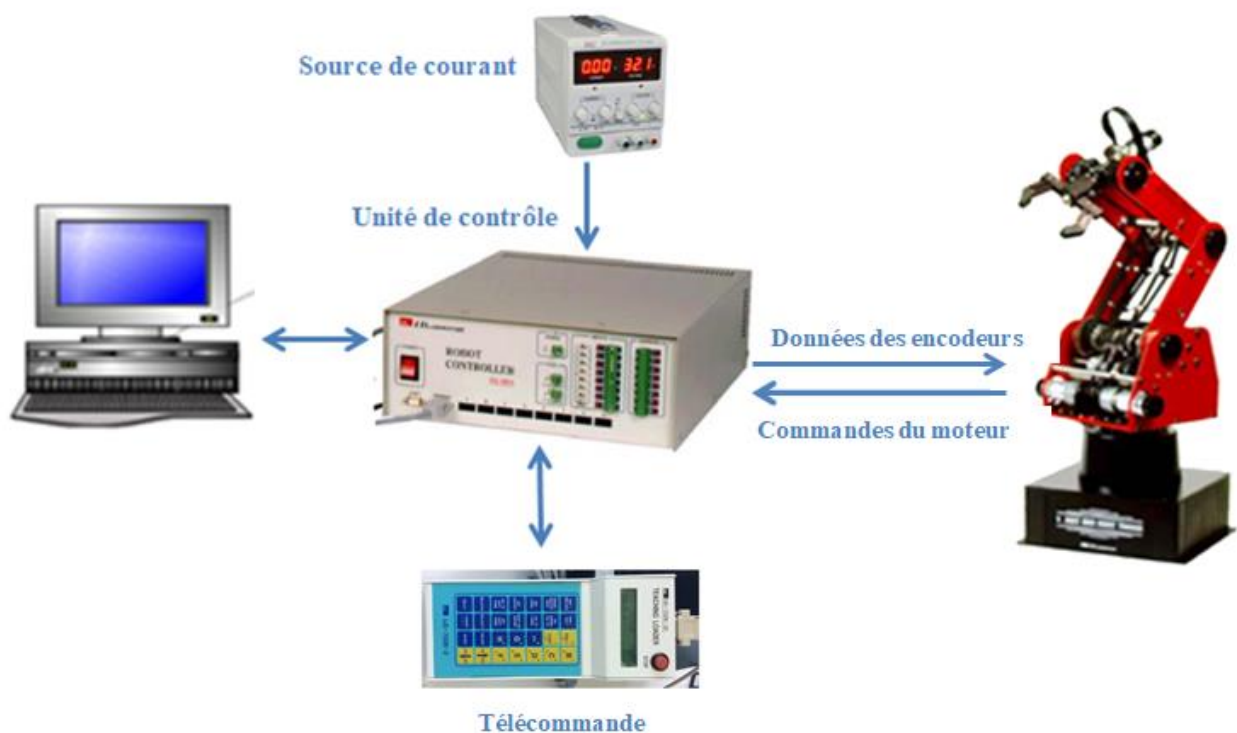


Figure II. 4 : Composant du système ED-7220C.

II.2.2 Unité de contrôle ED-MK4

Le bras manipulateur ED-7220C est initialement équipé d'un contrôleur (ED-MK4) comprenant plusieurs composants électroniques tels qu'un processeur, une mémoire, des ports de communication et des circuits de commande de moteur avec un port série RS-232C pour communiquer avec l'ordinateur (hôte), de 8 moteurs DC pour propulser les moteurs dans chaque axe du robot, d'une interface de communication avec la télécommande et d'un panneau de terminaux I/O externe.

Le robot est commandé par ordinateur à l'aide d'un langage de programmation basé sur la commande en C. On peut aussi commander manuellement l'unité de contrôle à partir d'un boîtier de commande, appelé « Teach Pendant », qui est relié à l'unité de contrôle par un câble.

Le contrôleur peut interagir avec de nombreuses commandes et capteurs industriels grâce aux points d'entrée et de sortie. Ces points offrent des sources d'alimentation de 3 A, DC 12 V afin d'appliquer la tension aux entrées/sorties externes et aux capteurs. [8]



Figure II. 5 : L'unité de contrôle ED-MK4.

II.2.3 Télécommande

La télécommande « Teach Pendant » est connectée au port PENDANT sur le panneau avant du contrôleur robot, comme le montre la figure II.6.

La télécommande est une partie de programmation contrôlée par un microprocesseur, avec 29 touches d'entrée et un écran LCD avec 2 lignes de 16 caractères de longueur [8]. Nous pouvons réagir à un programme d'application en utilisant uniquement la télécommande. Il permet à l'opérateur de contrôler les mouvements du robot en temps réel en utilisant des boutons et des leviers, ou de l'utiliser pour définir les positions des mouvements du robot dans le programme de l'ordinateur hôte, pour régler les paramètres du robot et pour effectuer d'autres tâches de programmation. Il propose ainsi une interface de programmation conviviale et pratique pour les utilisateurs qui désirent adapter les mouvements du robot en fonction de leurs besoins particuliers.

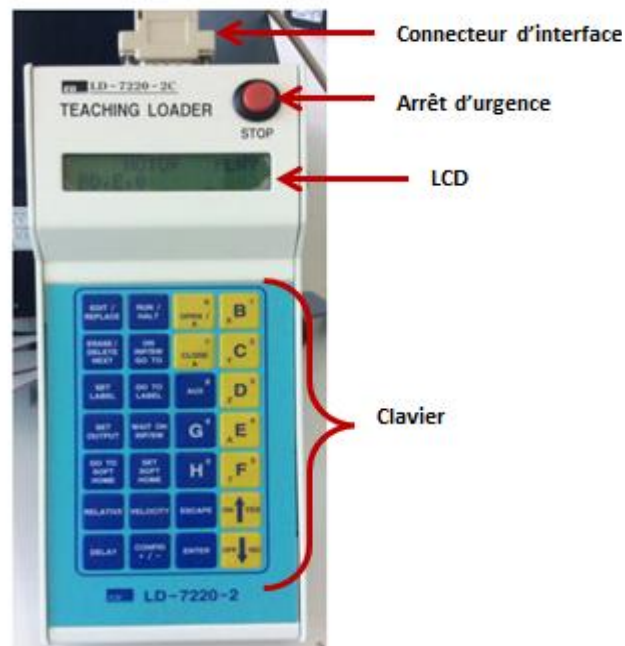


Figure II. 6 : Télécommande.

III. Modèle géométrique direct du robot

Le modèle géométrique direct (MGD) est l'ensemble des équations mathématiques qui permettent le passage de l'espace articulaire vers l'espace opérationnel, c'est-à-dire les équations qui permettent d'obtenir les coordonnées cartésiennes de l'organe terminal sachant les variables articulaires.

$$X = f(q) \quad (1)$$

Avec :

q étant le vecteur des variables articulaires tel que :

$$q = [q_1 \ q_2 \ \dots \ q_n]^T \quad (2)$$

Les coordonnées opérationnelles sont définies par :

$$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T \quad (3)$$

La structure ouverte simple du robot étudié dans ce projet est composée de six articulations. Afin d'évaluer les caractéristiques géométriques du robot, nous avons recours à la méthode de Khalil (une version modifiée de la méthode de Denavit Hartenberg).

➤ **Calcul du modèle géométrique direct**

Les étapes à suivre sont :

- 1) Définition des articulations et des corps.
- 2) Placement des axes
 - ✓ Z_0 doit être porté par l'axe de l'articulation 1.
 - ✓ Z_j doit être porté par l'axe de l'articulation $j+1$ pour $j = 1, 2$ et 3 (la direction positive de l'axe Z_j est arbitraire).
 - ✓ X_0 est placé selon notre choix.
 - ✓ X_j doit être porté par la normale commune aux axes Z_j et Z_{j-1} .
 - ✓ Y_j est choisi pour que le repère soit orthonormé direct.

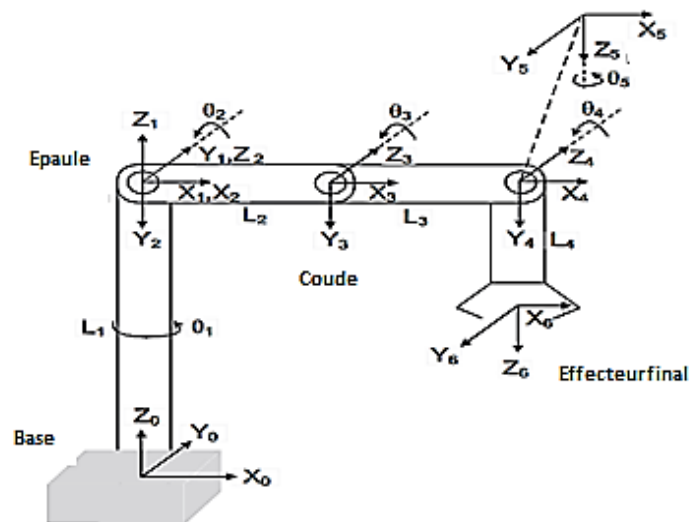


Figure II. 7 : Placement de repères pour le robot ED- 7220 C.

3) Définitions des paramètres D-H :

- ✓ θ_j est l'angle entre les axes X_{j-1} et X_j .
- ✓ d_j est la distance entre les axes X_{j-1} et X_j .
- ✓ r_j est la distance entre les axes Z_{j-1} et Z_j .
- ✓ α_j est l'angle entre les axes Z_{j-1} et Z_j .

Tableau II. 3 : Paramètre DH pour le bras robot ED-7220C.

J	θ_j	d_j	r_j	α_j
1	θ_1	L_1	0	0
2	θ_2	0	0	$-\pi/2$
3	θ_3	0	L_2	0
4	θ_4	0	L_3	0
5	θ_5	0	0	$-\pi/2$
6	0	L_4	0	0

Tableau II. 4 : Les longueurs des liens [6]

Articulation	Corps	Épaule	Coude	Poignet
Symbole	L_1	L_2	L_3	L_4
Lien Longueur (cm)	38.5	22.0	22.0	15.5

a) Matrices de transformations :

En utilisant le paramètre du tableau II.4, les matrices de transformation T1 à T6 peuvent être obtenues comme indiqué ci-dessous.

(désignant $c\theta_j$ comme (désignant et si as $\sin\theta_i$ etc.) .

$${}^{j-1}T_j = \begin{bmatrix} c\theta_j & -s\theta_j c\alpha_j & s\theta_j s\alpha_j & r_j c\theta_j \\ s\theta_j & c\theta_j c\alpha_j & -c\theta_j s\alpha_j & r_j s\theta_j \\ 0 & s\alpha_j & c\alpha_j & d_j \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} c\theta_1 & -s\theta_1 & 0 & 0 \\ s\theta_1 & c\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} c\theta_2 & 0 & -s\theta_2 & 0 \\ s\theta_2 & 0 & c\theta_2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$${}^2T_3 = \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & L_2 c\theta_3 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & L_2 s\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$${}^3T_4 = \begin{bmatrix} c\theta_4 & -s\theta_4 & 0 & L_3 c\theta_4 \\ s\theta_4 & c\theta_4 & 0 & L_3 s\theta_4 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$${}^4T_5 = \begin{bmatrix} c\theta_5 & 0 & -s\theta_5 & 0 \\ s\theta_5 & 0 & c\theta_5 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$${}^5T_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

b) Calculer matrices de transformations ${}^{Base}T_{effecteur}$

En utilisant les valeurs ci-dessus des matrices de transformation ; les transformations de lien peuvent être concaténées (multipliées ensemble) pour trouver La matrice de transformation globale exprimant les coordonnées de l'effecteur final par rapport à la base du robot peut être donnée comme suit :

$${}^{Base}T_{effecteur} = {}^0T_6 = {}^0T_1 {}^1T_2 {}^2T_3 {}^3T_4 {}^4T_5 {}^5T_6 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Dans l'équation (11), la matrice 3 X 3 comprenant les trois premières lignes et les trois premières colonnes est la rotation, tandis que la dernière colonne représente la position (x, y, z) de l'effecteur final par rapport à la base. La rotation et la position d'effecteur en termes d'angles d'articulation est :

$$\begin{cases} n_x = c\theta_1 c(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) c\theta_5 + s\theta_1 s\theta_5 \\ n_y = s\theta_1 c(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) c\theta_5 - c\theta_1 s\theta_5 \\ n_z = -s(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) c\theta_5 \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} o_x = -c\theta_1 c(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) s\theta_5 + s\theta_1 c\theta_5 \\ o_y = -s\theta_1 c(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) c\theta_5 - c\theta_1 c\theta_5 \\ o_z = s(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) s\theta_5 \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} a_x = -s(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) c\theta_1 \\ a_y = -s(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) s\theta_1 \\ a_z = -c(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} P_x = c\theta_1 [-s(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) L_4 + L_3 c(\theta_2 + \theta_3) + L_2 c\theta_2] \\ P_y = s\theta_1 [-s(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) L_4 + L_3 c(\theta_2 + \theta_3) + L_2 c\theta_2] \\ P_z = -c(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) L_4 - L_3 s(\theta_2 + \theta_3) - L_2 s\theta_2 + L_1 \end{cases} \quad (15)$$

Sachant que :

$$\begin{cases} \cos(\theta_1 + \theta_2) = c\theta_1 \cdot c\theta_2 - s\theta_1 \cdot s\theta_2 \\ \sin(\theta_1 + \theta_2) = s\theta_1 \cdot c\theta_2 + c\theta_1 \cdot s\theta_2 \end{cases} \quad (16)$$

IV. Modèle géométrique inverse du robot

Le modèle géométrique inverse (MGI) consiste à calculer les coordonnées articulaires correspondant à une situation désirée (donnée) de l'organe terminal. C'est la forme explicite qui donne toutes les solutions possibles (il y a rarement unicité de solution). Le MGI s'écrit sous la forme :

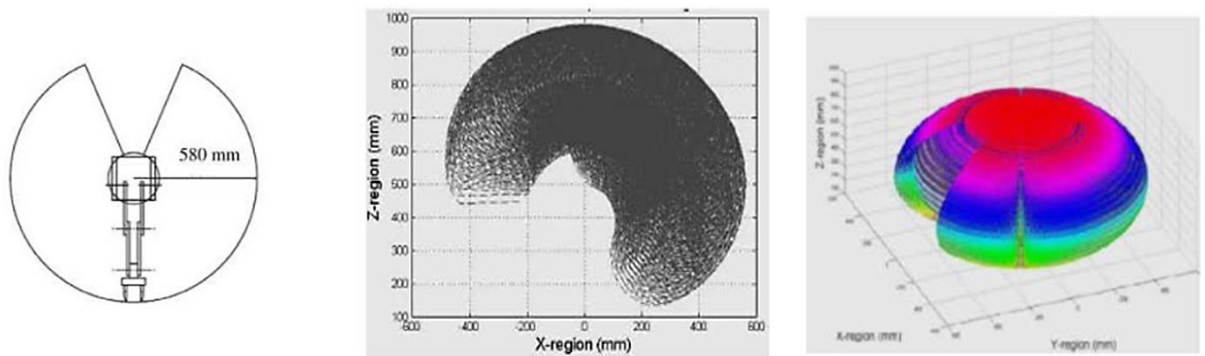
$$q = f^{-1}(X) = g(X) \quad (17)$$

Il n'existe pas une méthode analytique générale pour trouver le MGI, mais un certain nombre de méthodes, plus ou moins adaptées à des classes de cinématiques particulières :

- ✓ La méthode de Paul.
- ✓ La méthode Pieper.
- ✓ La méthode générale de Raghavan et Roth.

V. Espace de travail du robot

Le bras ED-7220C possède un espace de travail qui démontre sa capacité à atteindre une zone précise. L'espace que le robot peut atteindre est donc défini. Étant donné les données concernant la dynamique de chaque articulation du robot, il est possible de définir l'espace de travail. On peut observer l'espace de travail de l'ED-7220C dans la (figure II.8).



a. Espace de travail en XY

b. Espace de travail en XZ

c. Espace de travail en 3D

Figure II. 8 : Espace de travail [6].

VI. Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, on a introduit de la description générale du robot ED-7220C, commençant par une petite définition de la partie opérative et des caractéristiques. Ensuite, on a cité comment le système de commande a fonctionné. Il est crucial de posséder ces connaissances afin de saisir le fonctionnement et la programmation de ce robot. Ainsi que les calculs du modèle géométrique direct, à la fin, on a indiqué l'espace de travail du robot.

CHAPITRE III

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE **UNITE DE COMMANDE**

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons notre projet, la commande d'un bras manipulateur ED-7220C par une unité de commande. Cette réalisation consiste à créer une carte à l'utilisation du module Arduino Mega et de trois circuits intégrés L298N pour commander six moteurs à courant continu.

Nous allons créer un programme sur logiciel Arduino IDE basé sur le langage C, afin de réaliser une tâche bien déterminée.

II. Logiciels utilisés

Lors de notre réalisation, nous nous sommes basés sur deux logiciels, Arduino IDE et Proteus, le premier nous a servi à programmer et configurer notre carte Arduino pour le bon fonctionnement de notre application. Le deuxième software nous a servi à une plateforme d'essais et de tests avant l'entame sur la plateforme réelle.

II.1 Arduino IDE

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers de la liaison USB.

Il est nécessaire de choisir le type de carte (Arduino Mega) et le numéro de port USB avant d'envoyer un programme dans la carte, comme illustré dans la Figure III.1.

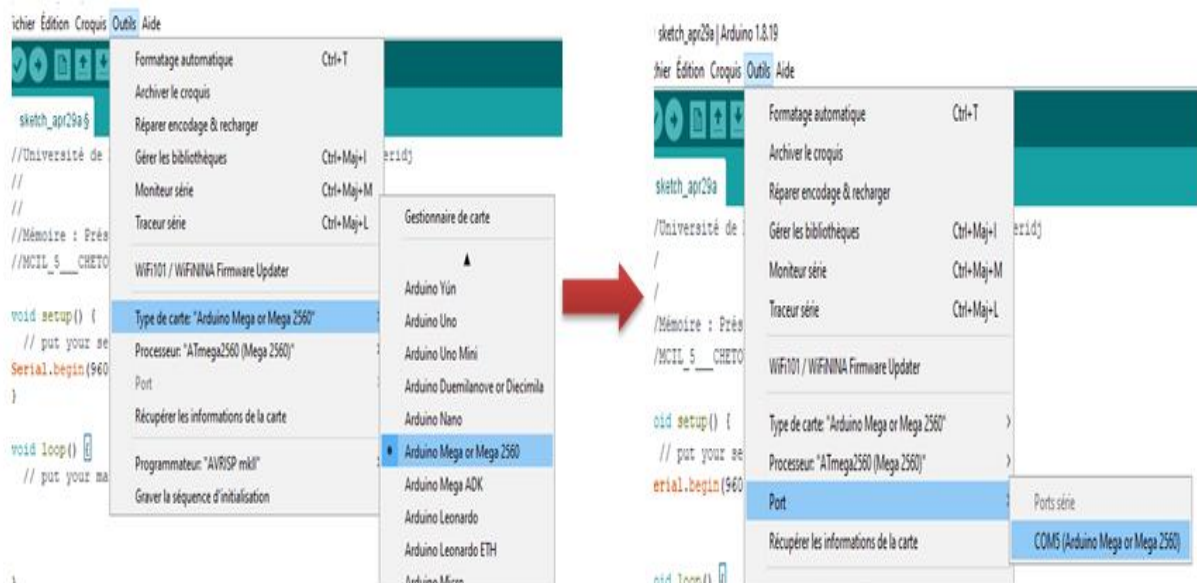


Figure III. 1 : Paramétrage de la carte.

II.2 Proteus professionnel

Proteus Professional est un logiciel développé par Labcenter Electronics qui offre la possibilité de réaliser la CAO (Construction Assistée par Ordinateur) dans le domaine électronique. Cette suite logicielle est constituée de deux logiciels principaux : (ISIS, ARES).

➤ ISIS Professional :

ISIS est un logiciel utilisé pour l'édition de schémas électriques. De plus, il offre également la possibilité de simuler ces schémas, ce qui permet de repérer certaines erreurs dès le début de la conception.

➤ ARES Professional :

ARES est un logiciel d'édition et de routage qui constitue une parfaite complémentarité avec ISIS. Il est donc possible d'importer facilement un schéma électrique réalisé sur ISIS sur ARES afin de créer le PCB (Printed circuit board) de la carte électronique. Même s'il est plus efficace de réaliser l'édition d'un circuit imprimé de manière manuelle, ce logiciel permet de positionner automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

III. Le choix des composants

III.1 Arduino Mega

Arduino Mega 2560 est une carte de développement open source qui possède un microcontrôleur (ATmega2560) facilement programmable ainsi que de nombreuses entrées-sorties.

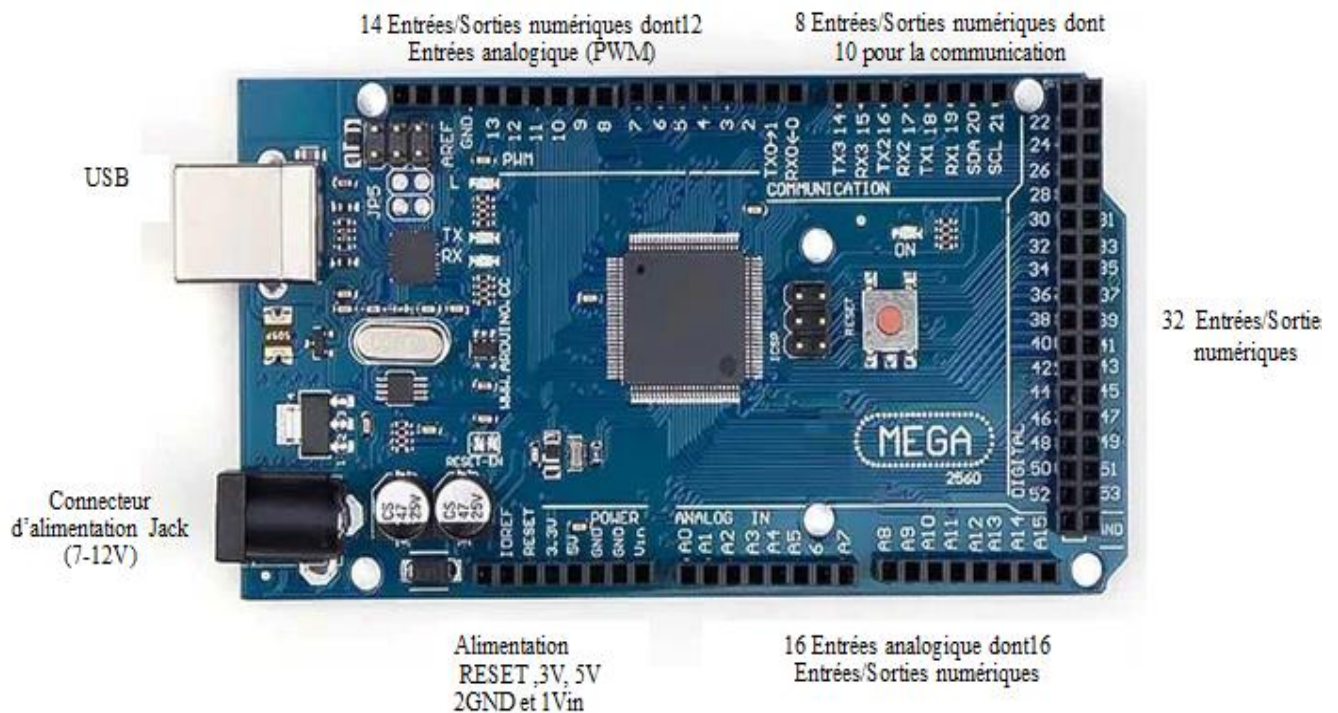


Figure III. 2 : carte Arduino Mega.

Pour une bonne conception de notre système de commande, on a choisi d'utiliser la carte Arduino Mega, pour des critères suivants :

- Le nombre d'entrées-sorties numériques ou analogiques ;
- Le Microcontrôleur ;
- La vitesse de travail ;
- La Taille de la mémoire ;
- Possibilités de communication (I2C, SPI, CAN, Bluetooth, Wifi) ;

Elle est la mieux adapté pour notre application, non seulement elle permet de contrôler tout le système (bras robotique), mais aussi elle offre une possibilité de modifier, améliorer, et ajouter des extensions pour notre système.

CHAPITRE III : Conception et réalisation d'une unité de commande

Tableau III. 1 : La fiche technique de la carte Arduino Mega [10]

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches numériques E / S	54 (dont 14 fournissent une sortie PWM)
Pins d'entrée analogiques	16
Pins d'interruptions externes	6 pins qui sont (2, 3, 18, 19, 20 et 21).
Courant continu par broche I / O	20 mA
Courant DC pour 3.3V Pin	50 mA
Mémoire Flash	256 Ko, dont 8 KB utilisé par boot loader
SRAM	8 Ko (ATmega2560)
EEPROM	4 Ko (ATmega2560)
Vitesse d'horloge	16 MHz
Longueur	101,52 mm
Largeur	53.3 mm
Poids	37 g

III.2 Le circuit L298 N

Le circuit vous permet de contrôler facilement et indépendamment deux moteurs jusqu'à 2A chacun dans les deux sens. Il est idéal pour les applications robotiques et bien adapté pour se connecter à un microcontrôleur qui ne nécessite que quelques lignes de commande. Il est conçu pour supporter des tensions et des courants plus élevés tout en fournissant une commande logique (tension plus faible, courant plus faible, idéal pour un microcontrôleur). Il contient essentiellement 2 ponts en H.

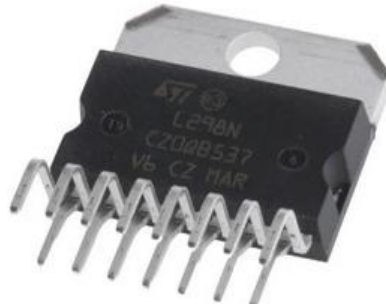


Figure III. 3 : circuit L298N.

Les caractéristiques du L298 N sont les suivantes : [11]

- Intensité maximale : 2A par pont ;
- Alimentation de puissance de 5.5V à 50V ;
- Type de boîtier : Multiwatt15 ;
- Dissipation puissance total : 25w ;
- Trois entrées par pont : In1, In2 et ENABLE ;

Tableau III. 2 : Table de vérité du L298N [11]

Entrées		Fonction
ENA = H	IN1= H, IN2=L	Marche avant
	IN1= L, IN2=H	Marche arrière
	IN1= IN2	Arrêt rapide du moteur (freinage fort)
ENA = L	IN1= X, IN2=X	Moteur en roue libre (à l'arrêt, sans frein)

H= High

L=Low

X=Don't care

Nous avons utilisé le circuit L298N dans notre système, car le contrôle des moteurs se fait en générant une PWM en s'appliquant aux entrées « Enable A » et « Enable B », ce qui permet de contrôler la vitesse et le sens de rotation des moteurs indépendamment.

III.3 Autres composants utilisés

1. Les diodes Schottky 1N5819 :

Le 1N5819 est une diode Schottky à broches axiales à faible chute de puissance en boîtier DO-41. Ces diodes se caractérisent par de très faibles pertes de conduction, des pertes de commutation négligeables, une commutation extrêmement rapide et une faible chute de tension directe [12].



Figure III. 4 : Diode 1N5819.

2. Buzzer :

Un buzzer est un élément électromécanique ou électronique qui produit un son quand on lui applique une tension.



Figure III. 5 : Buzzer.

3. Bouton poussoir :

C'est un composant électronique qui serve à ouvrir ou fermer un circuit électrique, dès qu'on le relâche en reviennent dans leur position initiale. Il en existe deux types : Les boutons poussoirs à fermetures et les boutons poussoirs à ouverture.



Figure III. 6 : Bouton poussoir.

4. Fusible :

C'est un dispositif de sécurité électrique qui fonctionne pour fournir une protection contre les surintensités d'un circuit électrique. Son composant essentiel est un fil ou une bande métallique qui fond lorsqu'une trop grande quantité de courant le traverse, arrêtant ou interrompant ainsi le courant.



Figure III. 7 : Fusible.

IV. Schéma bloc du système

La figure III.8 montre les liaisons entre les différents étages de notre système de commande.

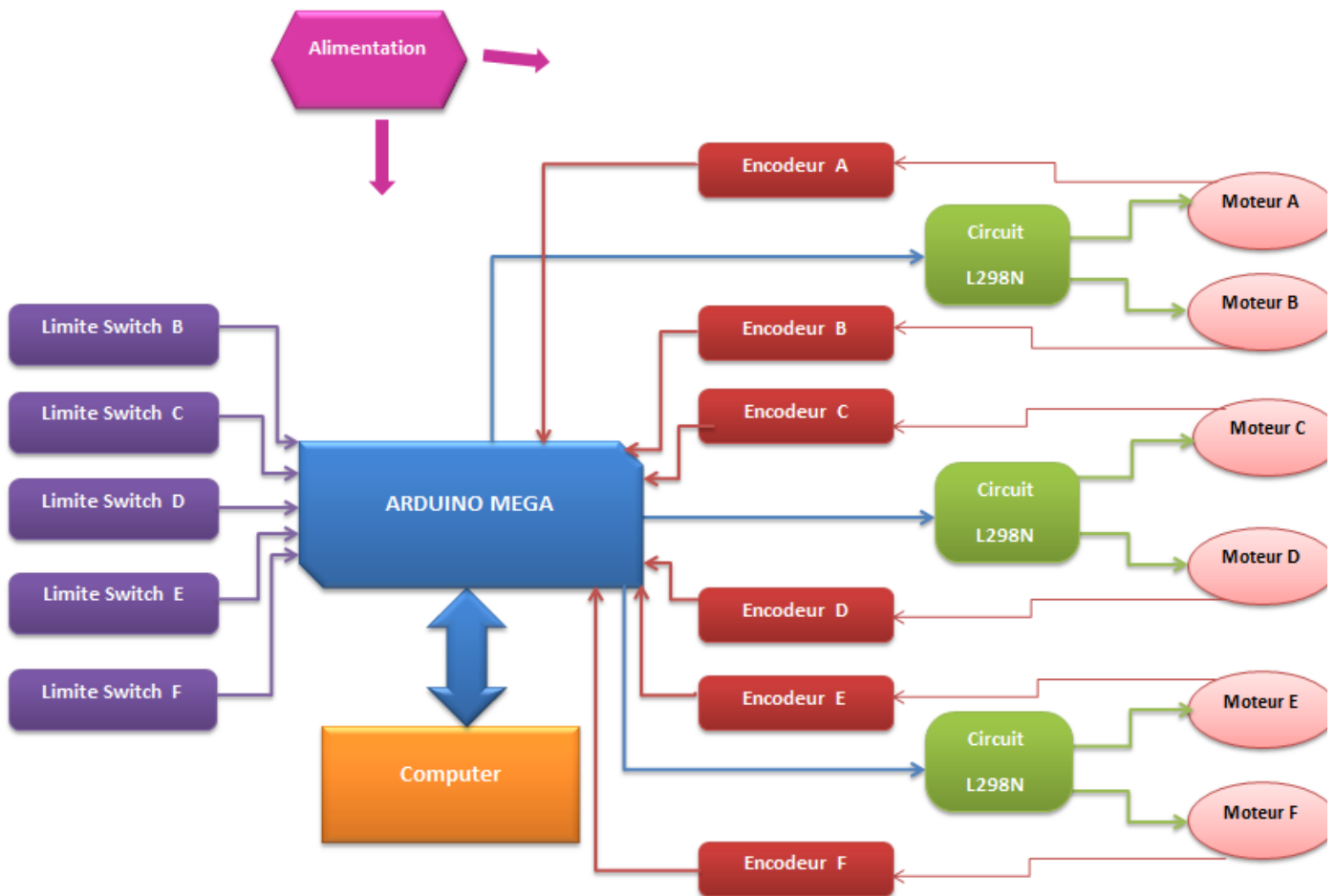


Figure III. 8 : Schéma bloc du système.

Une seule carte Arduino Mega est nécessaire pour couvrir l'ensemble des entrées/sorties de notre système.

Nous avons utilisé une carte Arduino Mega afin de contrôler la position des moteurs. Elle collecte les données de position des moteurs et les transmet à un ordinateur personnel par connexion USB. Les signaux PWM sont transmis aux modules de commande à double pont

en H L298N à partir de la carte Arduino. Ces modules fournissent l'alimentation aux moteurs CC.

V. Réalisation d'une unité de commande pour le bras manipulateur ED 7220 C

Nous savons que le bras consiste en six moteurs. Avant de commencer à réaliser une unité de commande, il fallait savoir contrôler le sens et l'angle de rotation de chaque moteur. Donc, nous avons conçu et réalisé une première carte au niveau du laboratoire CAO (figure III.9). Elle permet de contrôler un seul moteur à courant continu avec un encodeur intégré. L'ensemble de la figure III.10 était utilisé pour tester et faire des expériences sur notre carte

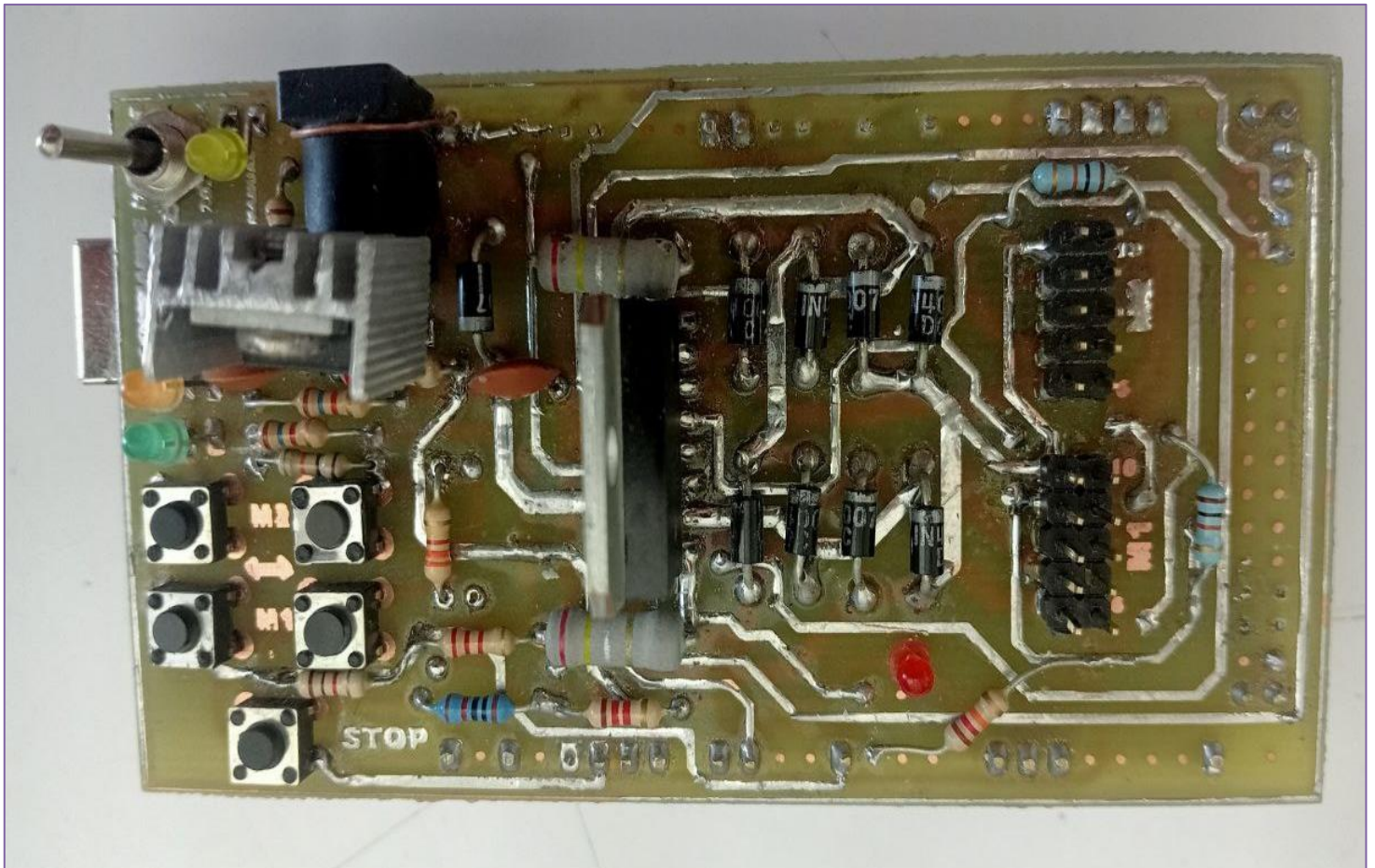


Figure III. 9 : Carte de commande de deux moteurs.



Figure III. 10 : Moteur avec encodeur.

Sur la base de cette expérience que nous avons acquise grâce à cette carte, nous avons pu concevoir une unité de commande pour le manipulateur ED7220C.

Avant de passer à la réalisation pratique, nous avons utilisé ISIS-PORTEUS qui est détaillé précédemment. Ce dernier nous permet de schématiser cette carte électrique et de la simuler virtuellement, comme le montre la figure suivante :

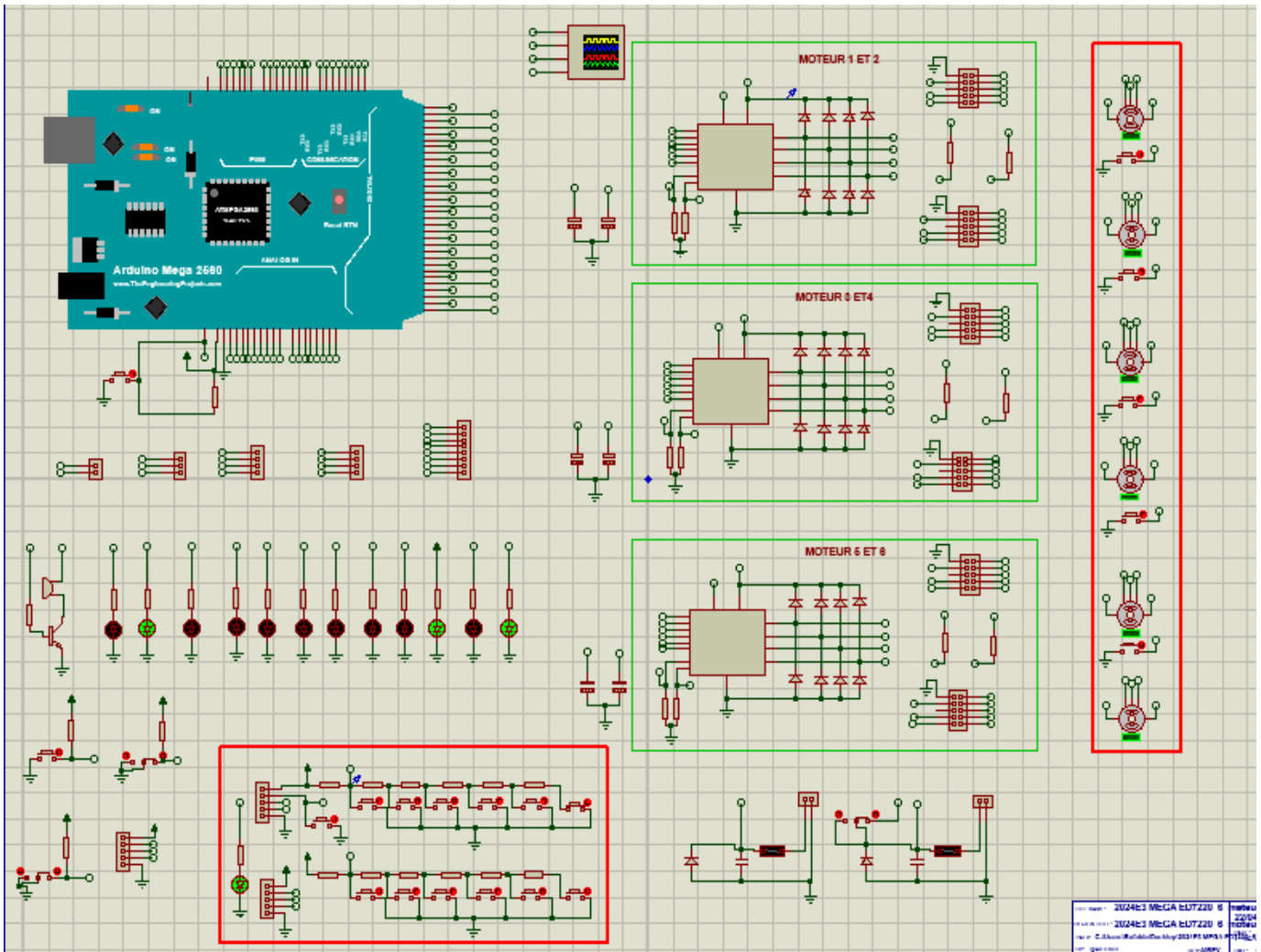


Figure III. 11 : La carte réalisée sous ISIS-PORTEUS

L'outil de visualisation 3D (Visionneur 3D) d'ARES nous a permis d'extruder le circuit et de voir la carte telle qu'elle sera en réalité (Figure III. 12).

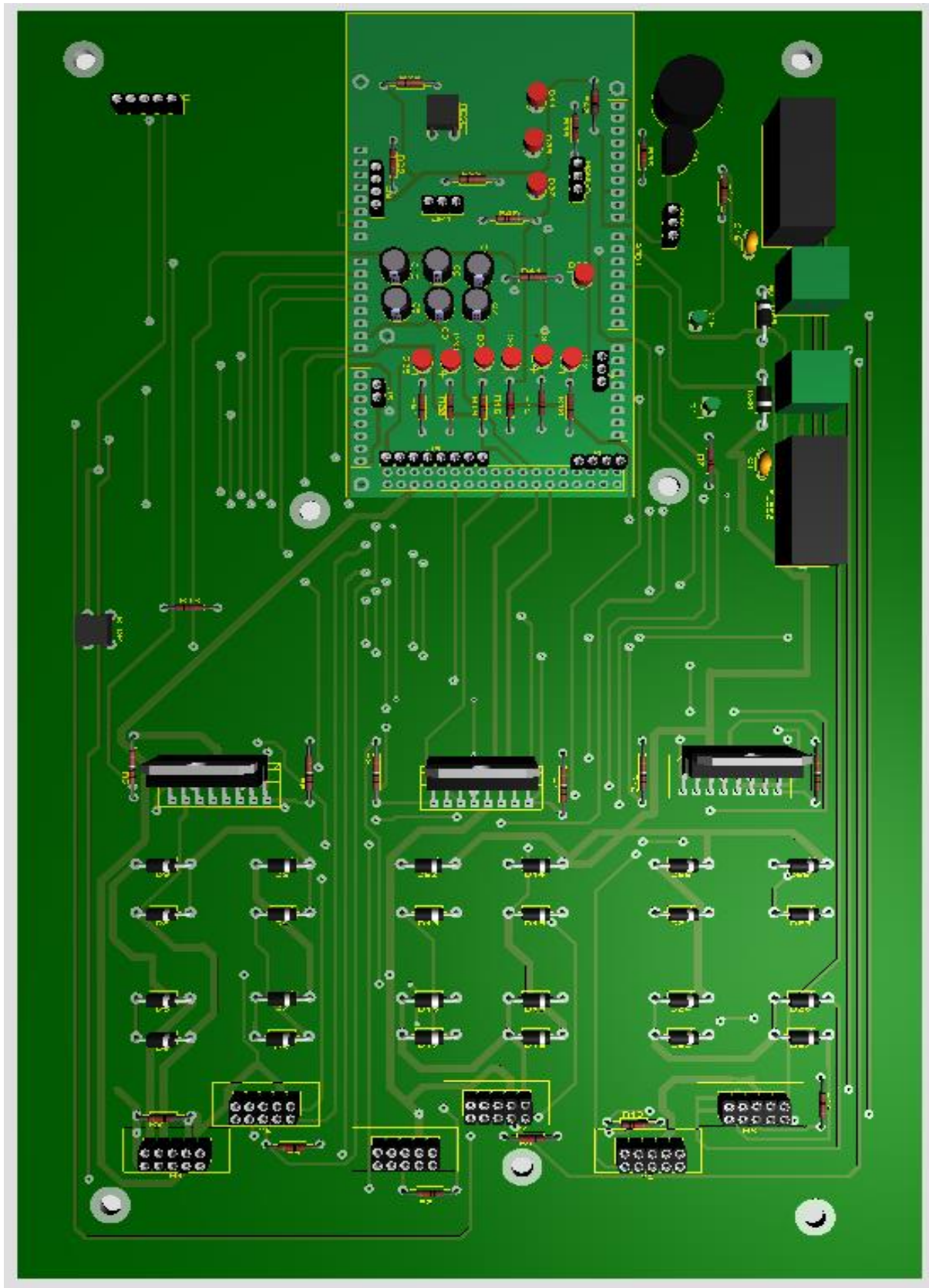


Figure III. 12 : Visualisation 3D de la carte sur proteus.

Le résultat final de notre réalisation dans la figure III. 13.

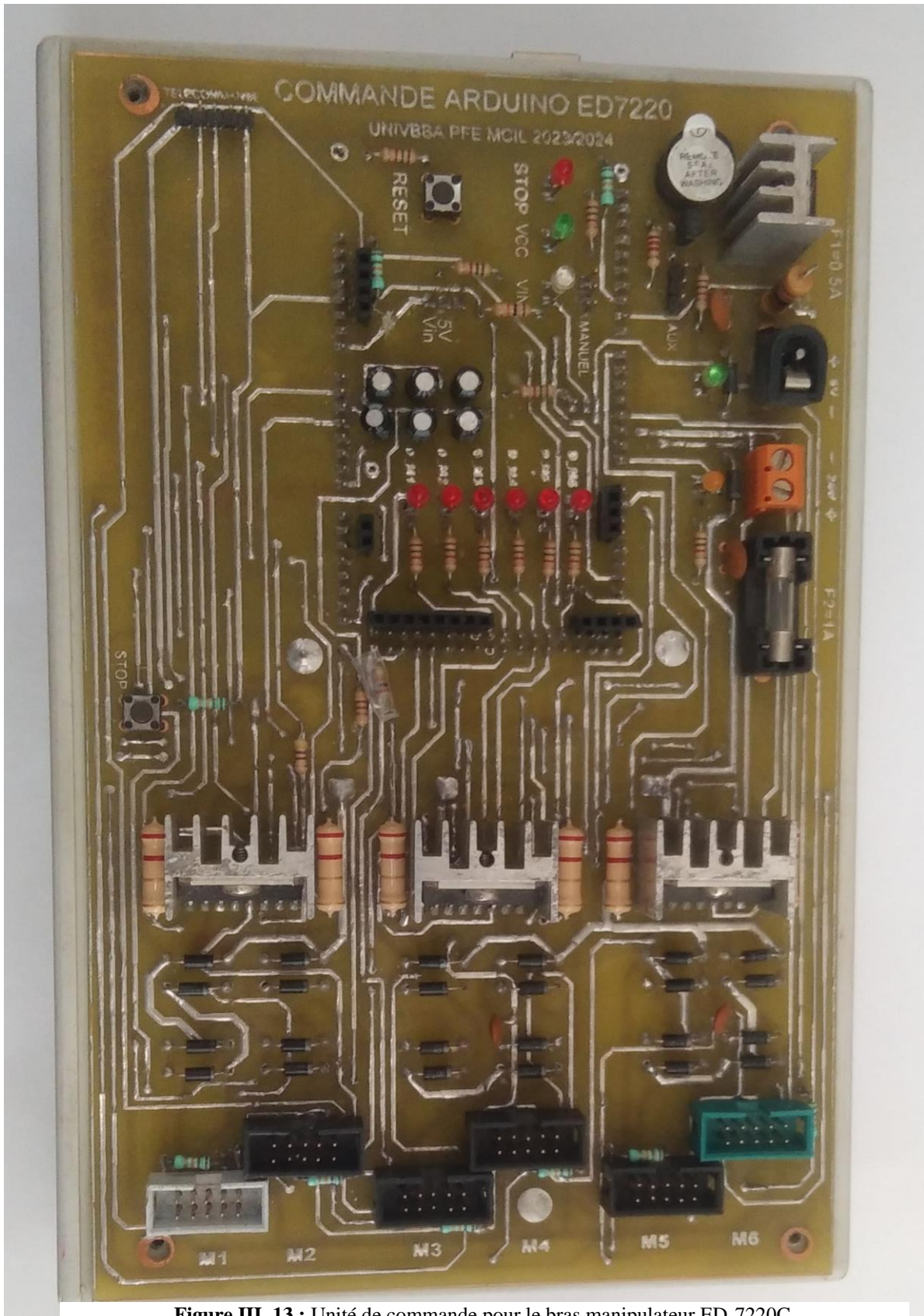


Figure III. 13 : Unité de commande pour le bras manipulateur ED-7220C.

CHAPITRE III : Conception et réalisation d'une unité de commande

- ✓ Comme nous le savons, le bras consiste en six moteurs, donc nous avons besoin de six ponts en H. C'est pour cette raison que nous avons utilisé trois circuits intégrés L298N, car chaque circuit offre un double pont en H.
- ✓ Nous avons câblé huit (08) diodes en antiparallèle sur chaque L298N pour la protection de ce circuit.
- ✓ Les leds et le buzzer ont été employés afin de fournir une alerte et une notification sonore, qui nous permettent de recevoir des informations sur les problèmes.
- ✓ L'unité de commande et le bras ED- 7220 C sont connectés par des linges de câbles sont reliés en 6 groupes de M1 à M6.
- ✓ L'alimentation des circuits L298 N exige deux tensions d'alimentation 5 V et (12 à 24 V), assurées par une alimentation universelle intégrée.
- ✓ Une tension du microcontrôleur de l'Arduino en 5 V : par connexion USB avec l'ordinateur.

Le MODULE AUX ED-7220 C figure III.14 a été ajouté à notre unité de commande.

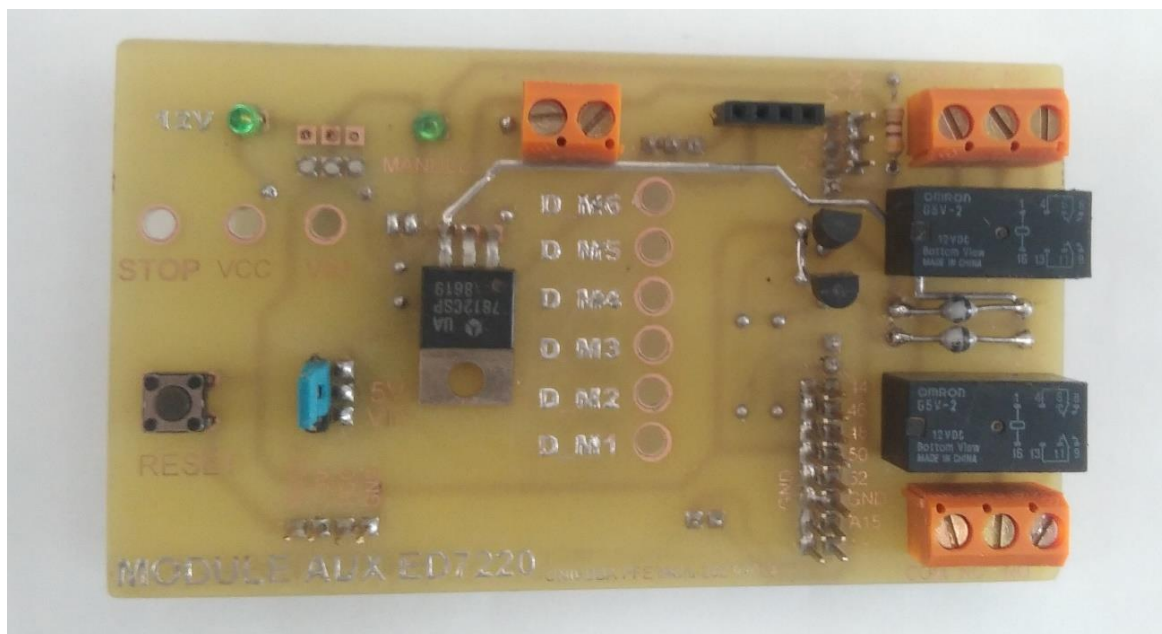


Figure III. 14 : MODULE AUX ED-7220 C.

CHAPITRE III : Conception et réalisation d'une unité de commande

Le MODULE AUX ED 7220 C est un module auxiliaire qui peut être retiré ou laissé en place puisque l'unité de commande peut fonctionner sans lui. Avec ce module, nous pouvons ajouter d'autres capteurs ou actionneurs, contrôler d'autres moteurs. On peut également ajouter un module Bluetooth pour contrôler le bras manipulateur via un smart phone.

Nous avons réalisé un module de boutons poussoir (figure III.15) que nous pouvons l'utiliser comme clavier ou comme télécommande.

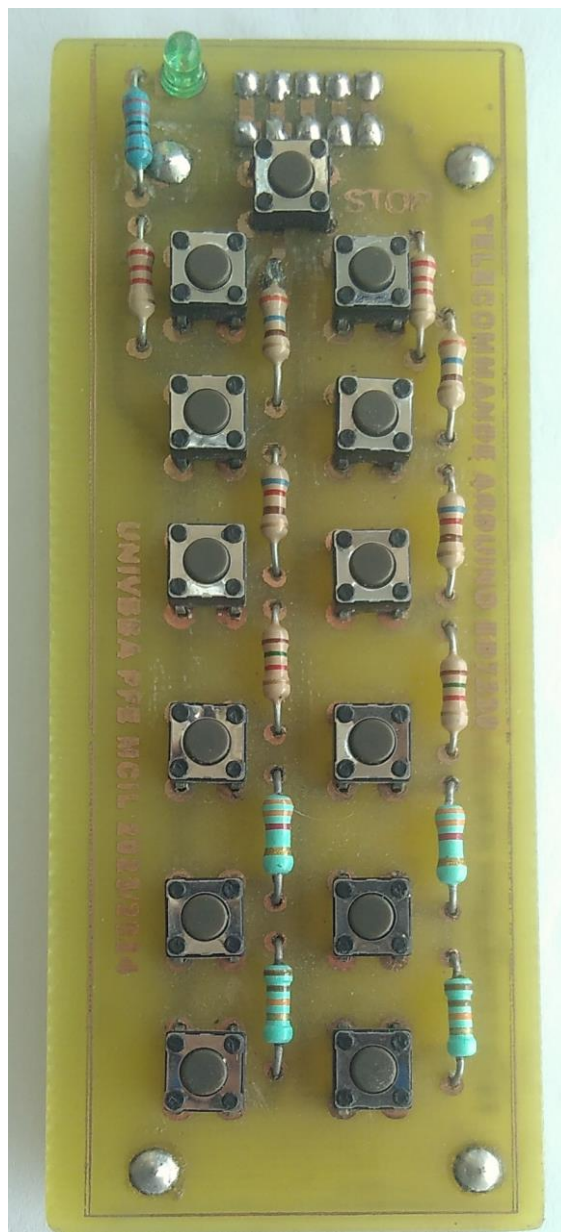


Figure III. 15 : module de boutons poussoir.

La figure suivante montre notre système de commande de bras ED 7220 C.

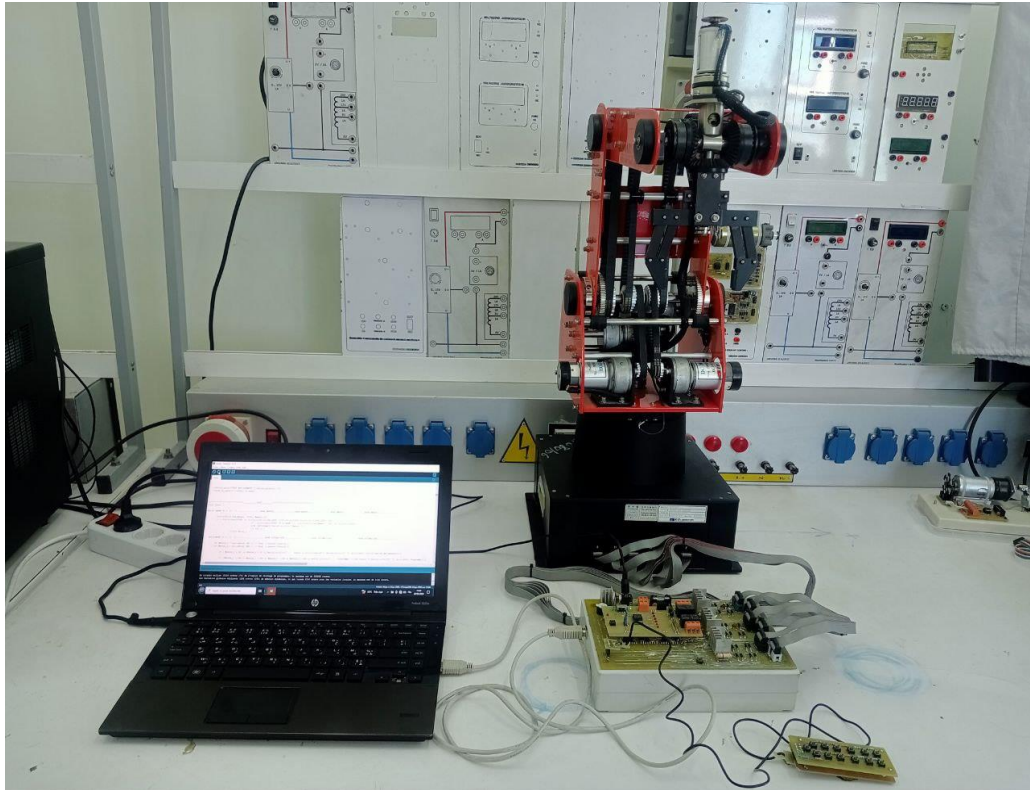


Figure III. 16 : Système de commande de bras ED 7220C.

VI. Programmation Arduino

Après avoir terminé la réalisation de l'unité de commande, et grâce à l'expérience acquise avec la carte de commande d'un seul moteur DC, nous avons pu connaître les étapes à suivre en programmation afin d'atteindre les exigences du cahier des charges.

➤ Mode manuel et mode automatique

Le mode manuel permet à l'opérateur de contrôler les mouvements du robot en temps réel et d'afficher les encodeurs. Pour cela, nous avons utilisé la télécommande et programmer les boutons d'une manière qui nous permet de faire tourner chaque moteur dans les deux sens. La figure III.17 montre la tâche de chaque bouton de la télécommande dans le mode Manuel.

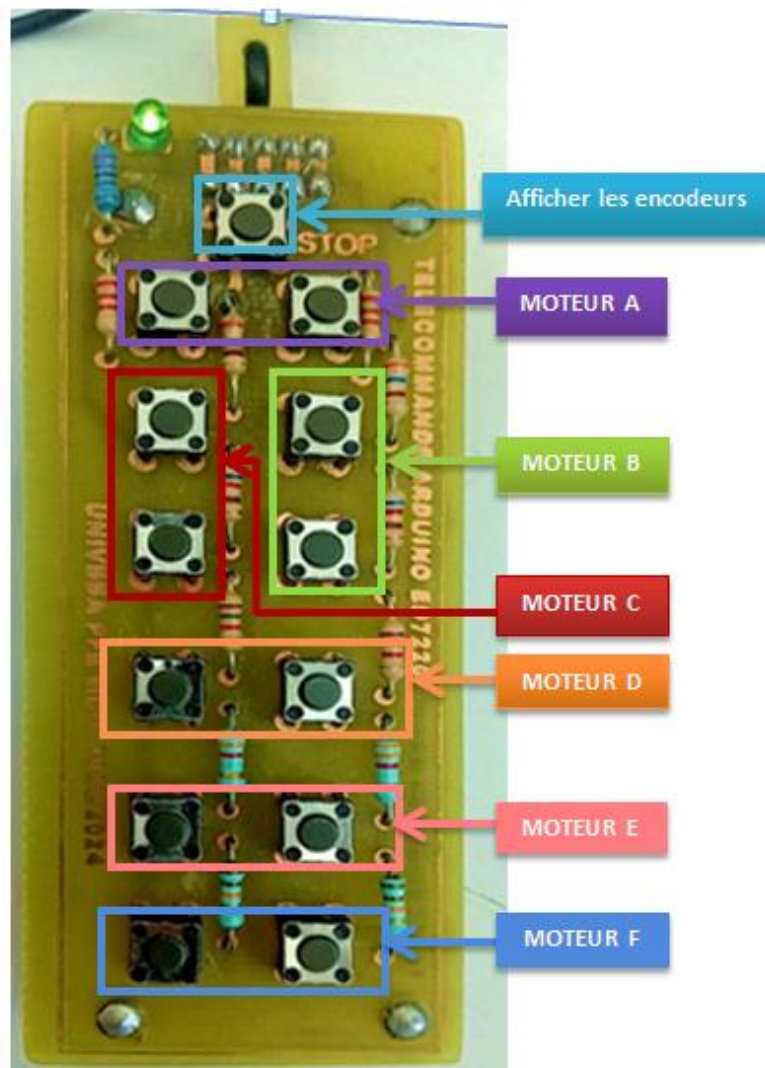


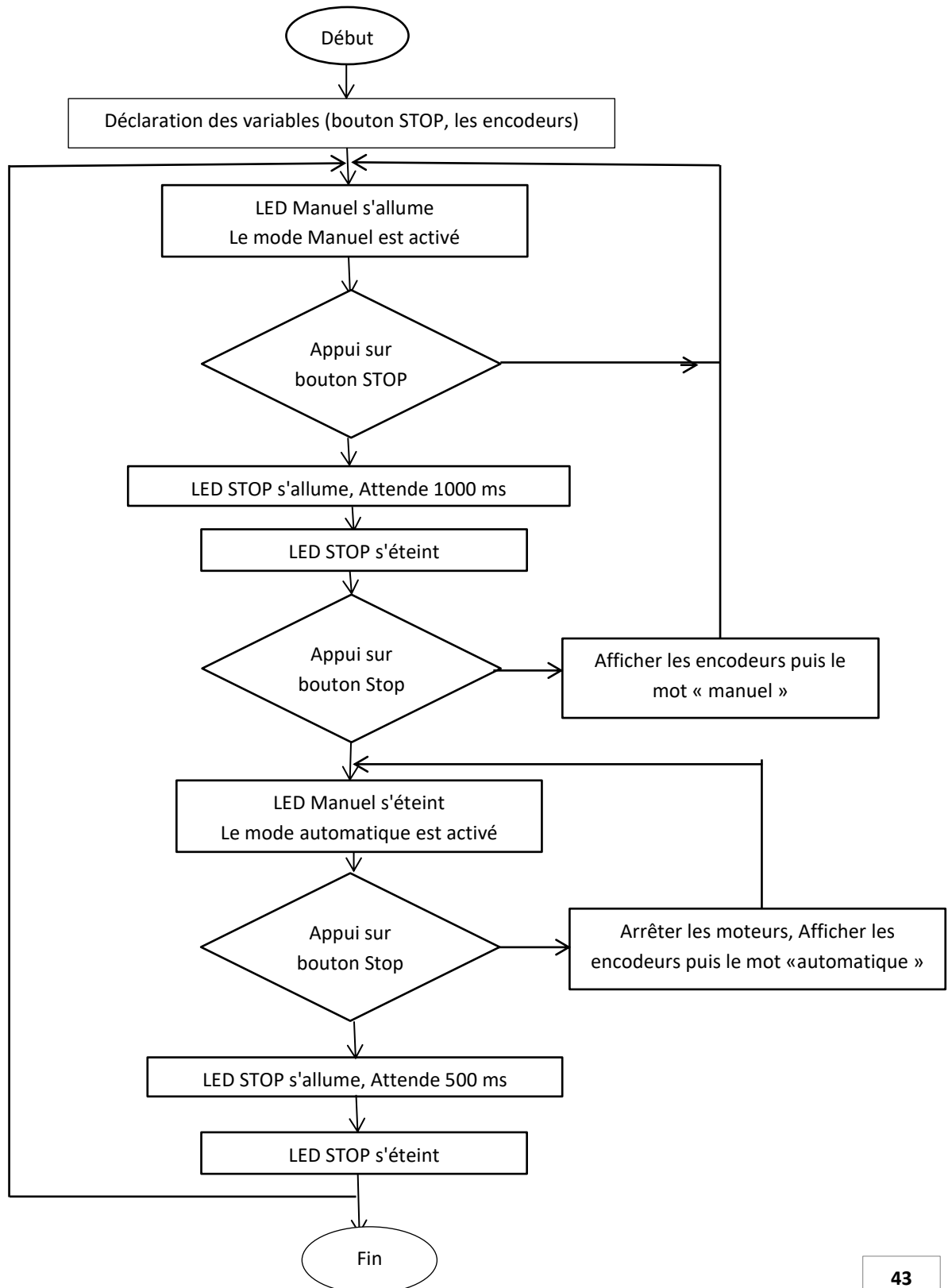
Figure III. 17 : Mode manuel de la télécommande.

Ensuite, à l'aide d'un appui long sur le bouton Stop, nous pouvons commuter entre le mode manuel et le mode automatique, grâce auquel plusieurs fonctions automatiques peuvent être exécutées à l'aide d'une pression simultanée sur deux boutons comme suit :

- Les deux premiers boutons pour lancer l'initialisation
- Les deux deuxièmes boutons pour lancer le programme 1
- Les deux troisièmes boutons pour lancer le programme 2
- Les deux quatrièmes boutons pour lancer le programme 3
- Les deux cinquièmes boutons pour faire les reset des encodeurs
- Les deux sixièmes boutons pour arrêter les moteurs

CHAPITRE III : Conception et réalisation d'une unité de commande

- Le premier bouton à droite et le sixième bouton à gauche pour lancer l'autodiagnostic
- ✓ Organigramme de commutation entre le mode manuel et le mode automatique :



➤ **diagnostic des voyants et de son**

Lorsque l'unité de commande est mise sous tension, la fonction de diagnostic des voyants et du son se déclenche automatiquement une seule fois, dans le but de s'assurer qu'il n'y a pas de problèmes au niveau des voyants et du buzzer.

Une vidéo qui explique cette opération est sur le lien suivant :

<https://youtu.be/3pzufUriNiw> .

Informations associées aux leds :

- ✓ L'ensemble des leds (DM1 à DM6) sont allumées dans l'un des deux cas suivants :
Lorsqu'il y a un défaut dans les moteurs dans le mode automatique .
Lorsqu'il y a un déplacement des moteurs dans le mode manuel.
- ✓ Lorsque nous sommes dans le mode manuel, led manuel est allumé.
- ✓ Lorsque nous sommes dans le mode automatique, led manuel est éteint.
- ✓ La led Stop a de nombreuses utilisations, notamment :
Lorsque nous sommes dans un intervalle de limite switch, la led s'allumera.
Lorsque nous appuyons le bouton Stop, le led s'allumera.

➤ **Auto diagnostic**

Nous utilisons la fonction auto diagnostic pour vérifier la fonctionnalité des moteurs et des encodeurs. Cette fonction permet de vérifier la présence de deux tensions d'alimentation 5 V et entre (12 – 24 V). Et également afin de vérifier les valeurs de courants qui les traversent et le bon fonctionnement des encodeurs de chaque moteur individuellement, comme le montre la figure III.18.

```
COM9
AUTO_DIAGNOSTIC
  DIAGNOSTIC AUTOMIQUE DU BRAS DE ROBOT

TEST 5V & 24V
  Vin = 4.86 V OK
  M Vin = 16.23 V OK

TEST MOTEUR1 (A) :
  MOTEUR 1 (A) OK I_M1 (A) = 64.38 mA
TEST ENCODEUR M1 (A) :
  ENCODEUR M1 (A) ? ENC_M1 (A) = 0

TEST MOTEUR2 (B) :
  MOTEUR 2 (B) OK I_M2 (B) = 415.14 mA
TEST ENCODEUR M2
  ENCODEUR M2 (B) OK ENC_M2 (B) = 110

TEST MOTEUR3 (C) :
  MOTEUR 3 (C) OK I_M3 (C) = 266.40 mA
TEST ENCODEUR M3 (C) :
  ENCODEUR M3 (C) OK ENC_M3 (C) = 327

TEST MOTEUR4 (D) :
  MOTEUR 4 (D) OK I_M4 (D) = 415.14 mA
TEST ENCODEUR4 :
  ENCODEUR M4 (D) OK ENC_M4 (D) = 221

TEST MOTEUR5 (E) :
  MOTEUR 5 (E) OK I_M5 (E) = 159.84 mA
TEST ENCODEUR M5 (E) :
  ENCODEUR M5 (E) OK ENC_M5 (E) = 344

TEST MOTEUR6 (F) :
  MOTEUR 6 (F) OK I_M6 (F) = 215.34 mA
TEST ENCODEUR6 :
  ENCODEUR M6 (F) OK ENC_M6 (F) = 330

 Défilement automatique  Afficher l'horodatage
```

Figure III. 18 : Un résultat de l'autodiagnostic (1).

Il est évident qu'il y a un point d'interrogation devant l'encodeur A, ce qui signifie qu'il y a un problème avec l'encodeur A ;

La vidéo montrant ce processus est sur le lien : <https://youtu.be/AszhAOiQj3Y> .

CHAPITRE III : Conception et réalisation d'une unité de commande

Pour vérifier le bon fonctionnement de la fonction d'auto diagnostic, nous avons effectué un test supplémentaire. Le moteur (D) a été déconnecté et le moteur (E) a été bloqué. La figure III.19 présente le résultat de cette opération.

```
COM9
AUTO_DIAGNOSTIC
  DIAGNOSTIC AUTOMTIQUE DU BRAS DE ROBOT

TEST 5V & 24V
  Vin = 4.97 V OK
  M Vin = 16.36 V OK

TEST MOTEUR1 (A) :
  MOTEUR 1 (A) OK I_M1 (A) = 66.60 mA
TEST ENCODEUR M1 (A) :
  ENCODEUR M1 (A) ? ENC_M1 (A) = 0

TEST MOTEUR2 (B) :
  MOTEUR 2 (B) OK I_M2 (B) = 366.30 mA
TEST ENCODEUR M2
  ENCODEUR M2 (B) OK ENC_M2 (B) = 104

TEST MOTEUR3 (C) :
  MOTEUR 3 (C) OK I_M3 (C) = 277.50 mA
TEST ENCODEUR M3 (C) :
  ENCODEUR M3 (C) OK ENC_M3 (C) = 321

TEST MOTEUR4 (D) :
  MOTEUR 4 (D) Débranché I_M4 (D) = 0.00 mA
TEST ENCODEUR4 :
  ENCODEUR M4 (D) ? ENC_M4 (D) = 0

TEST MOTEUR5 (E) :
  MOTEUR 5 (E) Bloqué I_M5 (E) = 714.84 mA
TEST ENCODEUR M5 (E) :
  ENCODEUR M5 (E) ? ENC_M5 (E) = 4

TEST MOTEUR6 (F) :
  MOTEUR 6 (F) OK I_M6 (F) = 204.24 mA
TEST ENCODEUR6 :
  ENCODEUR M6 (F) OK ENC_M6 (F) = 323

 Défilement automatique  Afficher l'horodatage
```

Figure III. 19 : Un résultat de l'autodiagnostic (2).

La vidéo montrant ce processus est sur le lien : <https://youtu.be/XlnjXiydEh4>.

➤ Initialisation de la position du robot

Nous utilisons la fonction de l'initialisation pour effectuer la position initiale de bras ED-7220 C. Cette fonction permet de commencer automatiquement les positions du robot en recherchant les positions centrales des limites switch (mini micro switch) situées dans chaque axe avec la remise à zéro des encodeurs. Dans ce cas, le bras est prêt à exécuter n'importe quelle tâche. Chaque fois qu'il termine une tâche, il revient à sa position initiale.

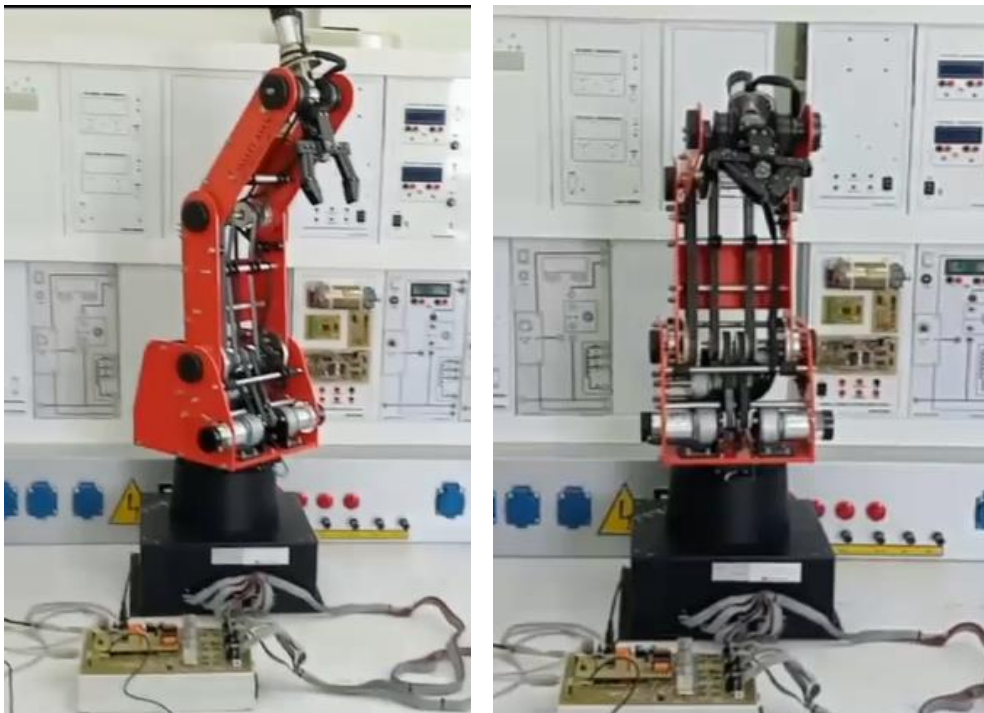


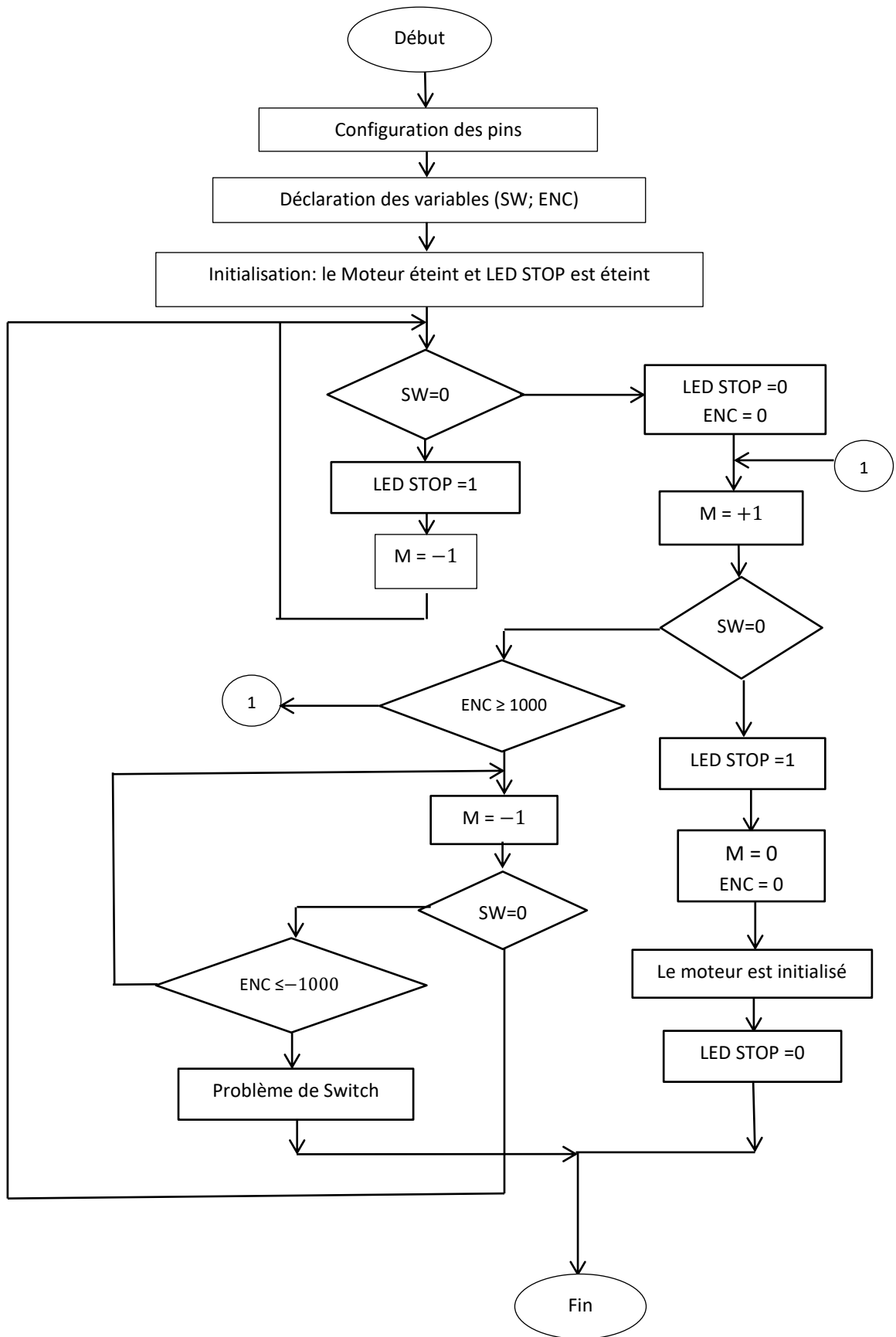
Figure III. 20 : Avant et après l'initialisation du bras de robot.

Une vidéo de cette opération est sur le lien suivant: <https://youtu.be/F01zKDvwNg4>.

✓ Organigramme de l'initialisation d'un seul moteur :

ENC : nombre d'impulsion d'encodeur,

SW : Switch (SW =0 : le contact de la limite Switch est activé).



VII. Déplacement d'un objet

Pour déplacer un objet, le bras doit effectuer différents mouvements pour se positionner correctement afin d'attraper l'objet et de le déplacer d'un point à un autre.

Les figures suivantes résument les différentes étapes de cette opération :

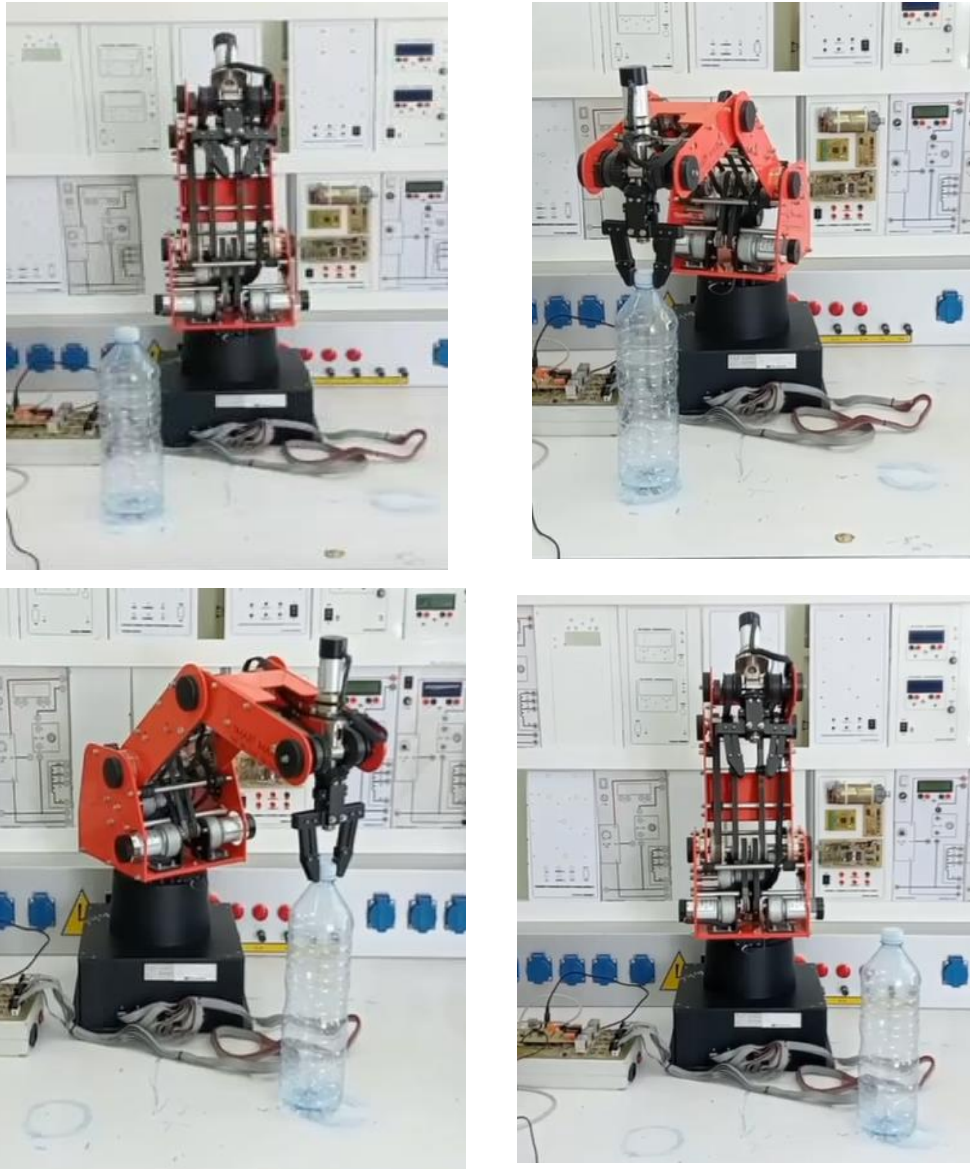


Figure III. 21 : Déplacement d'une bouteille d'un point à un autre.

La vidéo de l'opération complète est sur ce lien suivant :

<https://youtu.be/N2jYDuyPBDk> .

VIII. Problèmes rencontrés

Les problèmes identifiés dans le bras manipulateur ED-7220 C ont été pris en considération dans la partie pratique de ce projet.

Le premier problème est que les deux capteurs optiques de l'encodeur du moteur (A) sont défectueux. Nous n'avons pas pu résoudre ce problème en raison de l'absence des composants sur le marché algérien.

Le deuxième problème est que le moteur (A) lui-même était défectueux. Nous avons pu le résoudre de la façon suivante.

Tout d'abord, nous avons ouvert le moteur et avons vu qu'il y avait une bobine endommagée. Nous l'avons donc retirée, calculé le nombre de spires (343 spires) et le diamètre du fil (0.12 mm) et l'avons remplacée par une nouvelle bobine ayant les mêmes caractéristiques, comme le montre la figure III.22. Ce qui a permis de rétablir la fonctionnalité correcte de ce moteur.

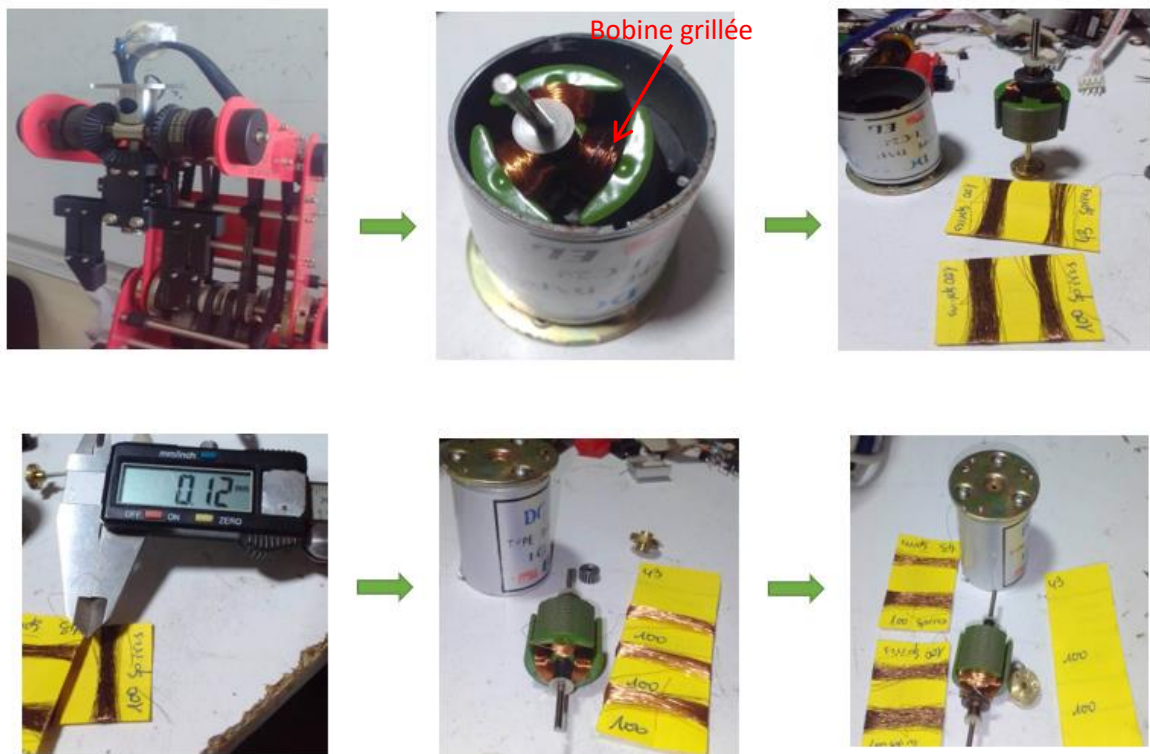


Figure III. 22 : Changement de la bobine endommagée du moteur A.

IX. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les détails sur la partie pratique de la réalisation de l'unité de commande du bras manipulateur ED 7220 C, commençant par la conception et la réalisation sous Proteus à base d'Arduino Méga pour commander six moteurs à courant continu avec encodeurs intégrés. Ensuite, on a écrit un programme qui attrape l'objet et le déplace d'un point à un autre. À la fin, on a discuté les problèmes rencontrés dans le bras manipulateur ED-7220 C.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous avons pu commander un bras manipulateur à six degrés de liberté avec une carte de commande qu'on a réalisée.

Ce travail nous a permis de mettre en valeur nos connaissances théoriques et pratiques, que nous avons cumulées pendant toute la durée de nos études. Il nous a permis aussi d'acquérir une expérience dans la programmation et la réalisation.

Signalons également que le fait d'avoir à notre disposition le bras manipulateur nous a permis de vérifier qu'il y a vraiment une très grande différence entre les études théoriques validées par de diverses simulations et la réalité concrète où nous pouvons tenir compte des différents aléas, comme par exemple les différentes positions singulières très fréquentes en robotique ou encore les butées mécaniques qui ont une grande incidence sur le fonctionnement du bras manipulateur ED 7220, notamment au niveau des mous.

Signalons aussi que le logiciel IDE nous permettait, jusque-là, de commander le robot dans l'espace articulaire et que nous avons pu le rendre fonctionnel dans l'espace de travail. Nous nous sommes intéressés dans notre travail à l'aspect pratique de la robotique, dont la réalisation d'une carte de commande électronique ainsi que la partie programmation qui nous a conduits à commander le robot.

L'objectif initial était de commander le robot de manière automatique, nous avons pu arriver à cet objectif, nous avons pu le commander de manière manuelle grâce à la télécommande de carte réalisée qui communique avec fiabilité avec l'application de commande.

Un long travail a été nécessaire pour aboutir aux résultats mentionnés, car aucun projet portant sur ce sujet n'avait précédemment été réalisé sur ce robot.

Enfin, nous souhaitons que ce travail soit d'une forte utilisation pour les travaux pratiques ainsi que pour toute autre utilité pédagogique. Il est évident que notre travail est loin d'être parfait, mais on espère qu'il peut être de grande utilité pour les promotions à venir.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] B. Djamel, «Modélisation de la dynamique d'un manipulateur à deux bras flexibles.,» Université Mohamed Khider-Biskra, Biskra, 2011.
- [2] K. Samir, «Conception et Réalisation d'un Bras Manipulateur De Type PUMA quatre Degré de Liberté,» Mémoire Master , BLIDA, 2017-2018.
- [3] S. Nouredine, «Système de localisation pour robots mobiles,» cours de université batna, Batna, 2005.
- [4] D. BOUR et M. CHERIEF , «Commande d'un robot mobile Khepera IV,» AinDefla, 2016.
- [5] R. KHENFAR et L. N. DJAAFRI , «Étude et réalisation d'un bras manipulateur,» Mémoire Master , Tiaret, 2021.
- [6] J. Iqbal, R. u. Islam et . H. Khan, «Modeling and Analysis of a 6 DOF Robotic Arm Manipulator,» *Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, n° % 16, pp. 300- 306, July 2012.
- [7] M. Fouz, B. A. Amgad M et . R. Sohair F, «New Algorithm to Avoid Link-Collision in Manipulators with Continuously Changed Hard Limits,» *International Review of Mechanical Engineering*, January 2016.
- [8] ED Co.,Ltd «ARM ROBOT TRAINER ED-7220 C,» Instruction Manual.
- [9] S. BAHLOULI et . H. OTMANI , «Étude Du Robot Pédagogique ED-7220C,» Memoir Master , Bordj Bou Arreridj, 2023.
- [10] «<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2893/7/ArduinoMega2560Datashet.pdf>,» [En ligne], visite le : 27 mai 2024.
- [11] «https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf,» [En ligne], visite le 12/06/2024.
- [12] «<https://www.elprocus.com/1n5819-schottky-diode/>,» [En ligne], visite le 11/06/2024.

Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'études de Master est l'étude et la réalisation d'une unité de commande pour commander le bras manipulateur ED-7220 C, en utilisant des programmes basés sur le langage C. Elle a été réalisée au niveau du laboratoire CAO à l'université de BBA. La carte de commande proposée est basée sur l'utilisation d'une carte Arduino méga, de trois circuits intégrés L298N, pour le contrôle des moteurs.

En dernier lieu, diverses tâches ont été planifiées, implémentées à l'aide de cette carte puis exécutées par le bras manipulateur et ont permis un contrôle complet avec des performances satisfaisantes.

Mots-clés : bras manipulateur ED-7220C, commande, programmation, langage C réalisation, Arduino.

Abstract

The objective of this Master's thesis project is the study and realization of a control unit to control the ED-7220 C manipulator arm, using programs based on the C language. It was carried out at the level of the CAD laboratory at the University of BBA. The proposed control board is based on the use of a mega Arduino board, three L298N ICs, as the control of the motors.

Finally, various tasks were planned, implemented using this board and then executed by the manipulator arm and allowed complete control with satisfactory performance.

Keywords: ED-7220C manipulator arm, control, programming, C language, production, Arduino.

الملخص

الهدف من مشروع نهاية الدراسات هذا هو دراسة وانجاز وحدة تحكم للتحكم في ذراع مناور ED-7220 C، باستخدام برامج تعتمد على لغة C. تم تنفيذه على مستوى مختبر CAO في جامعة BBA. تعتمد لوحة التحكم المقترحة على استخدام لوحة Arduino Mega 2560، وثلاثة دوائر متكاملة L298 N، للتحكم في المحركات.

أخيراً، تم التخطيط لمهام مختلفة وتنفيذها باستخدام هذه اللوحة ثم تنفيذها بواسطة ذراع المناور وسمحت بالتحكم الكامل بأداء مرضي.

الكلمات المفتاحية: ذراع مناور ED-7220 C، تحكم، برمجة، لغة C، انجاز، الاردوينو.