

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

FACULTE : TECHNOLOGY
DEPARTEMENT : GENIE ELECTRIQUE
N° :



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGY
FILIERE : AUTOMATIQUE
OPTION: ROBOTIQUE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Professionnel

Par: AMEUR KHAOULA / TOBICHI HIND

Intitulé

Réalisation d'un simulateur software pour
un robot manipulateur commandé par une
carte Arduino

Soutenu devant le jury composé de :

GHADBANE Ismail	Université de M'sila	Président
AIB Abdelghani	Université de M'sila	Rapporteur
BEDBOUDI Mohamed	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la santé, le courage et la foi.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont apporté leur soutien, leurs conseils et leur aide précieuse, sans lesquels notre travail n'aurait pas pu être mené à bien.

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant, **AIB ABDELGHANI**, pour son encadrement patient, son encouragement constant et ses remarques pertinentes. Leur précieuse guidance nous a permis d'améliorer la structure de ce travail et d'en offrir une description plus précise et approfondie.

Nous exprimons nos sincères remerciements à nos familles bien-aimées, à notre cher père et à notre chère mère, pour leur soutien inconditionnel qui nous a incités à puiser au plus profond de notre être pour nous surpasser constamment. Nous sommes également reconnaissants envers nos amis et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Dédicaces

Je dédie humblement à plus chers au monde mes parents « **YOUCEF et NADIA** » Aucune dédicace ne saurait véritablement exprimer l'immensité de l'amour, de l'estime, du dévouement, et du respect que j'ai toujours eu pour vous.

Les efforts incessants pour mon éducation et mon bien-être, fournis jour et nuit, sont inestimables et surpassent tout au monde.

Ce travail est le résultat des efforts considérables que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation.

et à la sœur de ma mère « **KENZA CHOUDAR** », ainsi que son mari, « **ALI** », méritent également ma dédicace spéciale.

Leur soutien et leurs encouragements constants tout au long de mon parcours ont joué un rôle essentiel dans ma réalisation personnelle d'aujourd'hui.

Je leur suis profondément reconnaissant(e) pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

A ma chère petite sœur : **DARINE**

A mes frères : **HOUSSEM EDDINE** et **ALLA EDDINE** et **AHMED WALY EDDINE**

A ma binôme : **HIND** et toute sa famille

A mes amies : **NADJATE** ,**ZAYNAB** ,**WIDED** ,**AHLEM**,**AMANI**

A toute la famille **AMEUR**

A Nos enseignants

A toute la promotion **ROBOTIQUE 2022/2023** à qui je souhaite une bonne continuation dans leur vie soit privé ou professionnelle.

A toutes les personnes qui nous ont apportés de l'aide.

KHAOULA AMEUR

Dédicaces

Je dédie humblement à plus chers au monde mes parents « **ABDELKRIM et SAMIA** »
Aucune dédicace ne saurait véritablement exprimer l'immensité de l'amour, de l'estime, du
dévouement, et du respect que j'ai toujours eu pour vous.

A mes sœur : LINA et MERIAM

A mon frère : SEIF

A ma binôme : KHAOULA et toute sa famille

A mes amies : DORSAFE,DANIA,KAMILIA,AMANI

A toute la famille **TOBICHI**

A Nos enseignants

A toute la promotion ROBOTIQUE 2022/2023 à qui je souhaite une bonne continuation dans
leur vie soit privé ou professionnelle.

A toutes les personnes qui nous ont apportés de l'aide.

HIND TOBICHI

المخلص:

في هذا العمل قمنا في التحكم عن بعد في روبوت مناور بالإحداثيات العملية عن طريق التطبيق اندرو يد "Bluetooth Electronics" ، المركبة المادية للبلوتوث HC-06 و بطاقة الاردوينو MEGA. في البداية قمنا بحساب النموذج الرياضي للروبوت وفيما بعد قمنا بالإحاطة بمختلف المكونات المادية والبرمجية اللازمة للمشروع. في النهاية وبعد تجميع مختلف المكونات ووفق خارطة طريق واضحة قمنا بتشغيل الروبوت وفق البرنامج المحدد حيث أثبتت النتائج مرونة وكفاءة عالية في التحكم عن بعد في الروبوت.

كلمات مفتاحية: روبوت مناور، المركبة المادية للبلوتوث، بطاقة الاردوينو Mega ، التطبيق اندرويد بلوتوث.

Résumé :

Dans ce travail on a visé la commande à distance en position opérationnel d'un robot manipulateur à travers: l'application androïde "Bluetooth Electronics", le module Bluetooth HC-06 et la carte Arduino Méga. En premier lieu nous avons développé le modèle mathématique de notre robot ensuite nous avons pris connaissance des différents composants matériels et logiciels nécessaires au projet. A la fin et après avoir assemblé les différents selon une feuille de route claire, nous avons mis en service notre robot selon le programme spécifié. Les résultats obtenus ont prouvé l'efficacité et la souplesse de notre approche pour le contrôle à distance du robot.

Mots-clés : Robot manipulateur; HC-06 Bluetooth, Bluetooth Electronics, Arduino Méga.

Abstract:

In this work we aimed the remote control in operational position of a robot manipulator through: The Android application "Bluetooth Electronics", the HC-06 Bluetooth module and the Arduino Mega card. First we developed the mathematical model of our robot then we learned about the different hardware and software components needed for the project. At the end and after assembling the various components and according to a clear roadmap, we operate the robot according to the specified program, since the results obtained proved the efficiency and flexibility in the remote control of the robot.

Keywords: Manipulator robot, Bluetooth HC-06, Bluetooth Electronics, Arduino Mega.

Table Des Matières

TABLE DES MATIERES :

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	----------

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LA ROBOTIQUE

I.1.INTRODUCTION	2
I.2. LA DEFINITION D'UN ROBOT MANIPULATEUR	2
I.3. LES CONSTITUANTS D'UN ROBOT	2
I.4. LES CARACTERISTIQUES D'UN ROBOT MANIPULATEUR	4
I.5.CLASSIFICATION DES ROBOTS	5
I.6. DOMAINE D'UTILISATION DES ROBOTS	5
I.6.1. LES ROBOTS INDUSTRIELS	8
I.6.2. ROBOTS EN MEDECINE ET CHIRURGIE	9
I.6.3. LES ROBOTS MILITAIRES	10
I.6.4.LES ROBOTS DOMESTIQUES	11
I.7. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES ROBOTS.....	11
I.8.MODELISATION DU ROBOT MANIPULATEUR A COMMANDE.....	13
I.9. MODELE GEOMETRIQUE DIRECT (MGD).....	13
I.10. CONCLUSION.....	15

CHAPITRE II: PRESENTATION GENERALE DU PROJET

II.1. INTRODUCTION	16
II.2.ARCHITECTURE FONCTIONNELLE.....	16
II.3. LE MATERIEL UTILISE	17
II.3.1. L'ALIMENTATION ELECTRIQUE(SOURCE D'ENERGIE).....	17
II.3.2 L'ELECTROAIMANT	18
II.3.3 LE RELAIS DE COMMANDE	18
II.3.4 LES FILS DE CONNEXION	18
II.3.5 LES CARTES ELECTRONIQUES PROGRAMMABLES	19
II.3.5 .1. LA CARTE ARDUINO MEGA.....	19
II.3.5 .2. DESCRIPTION GENERALE DE L'ARDUINO MEGA2560.....	20
II.3.5. 2. ARDUINOSHIELDS	21
II.3.5. 3. MODULE BLUETOOTH HC-06	22
II.3.6. LES SERVOMOTEURS	23

Table Des Matières

II.2.6.1 DEFINITION DE SERVOMOTEUR	23
II.3.6. 2. FONCTIONNEMENT DES SERVOS	24
II.2.6.3. CARACTERISTIQUE DE SERVOMOTEUR	25
II.4.PARTIE LOGICIEL.....	26
II.4.1.ARDUINOIDE	26
II.4.2. BLUETOOTH	27
II.4.2.1 DEFINITION.....	27
II.4.2.2 APPLICATION ANDROID :(BLUETOOTH ELECTRONICS)	28
II.5.CONCLUSION	29

CHAPITRE III: REALISATION PRATIQUE ET RESULTATS

III.1. INTRODUCTION.....	30
III.2.LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT GLOBAL.....	30
III.2.1.BLUETOOTH ELECTRONICS	31
III.2.2 COMMUNICATION BLUETOOTH	31
III.2.2 .1 BRANCHEMENT LE MODULE BLUETOOTH HC-06 ARDUINO	31
III.1.2 .2. BRANCHEMENT SHIELDS, CARTE ARDUINO MEGA ET LES SERVOMOTEURS.....	32
III.3. L'ORGANIGRAMME GENERAL DE NOTRE PROJET	32
III.4. LA PARTIE DE PROGRAMMATION	33
III.4.1.L'ORGANIGRAMME DE PROGRAMME REALISE	33
III.5. DESCRIPTION DE LA REALISATION DE NOTRE BRAS MANIPULATEUR	34
III.5.1.ELABORATION DE PROTOTYPE	34
III.6. CONCLUSION	38
CONCLUSION GENERALE	39
BIBLIOGRAPHIES.....	40

Liste des Figures:

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA ROBOTIQUE

Figure I.1: Constituants mécanique du robot manipulateur.....	3
Figure I. 2: le volume de travail pour un robot manipulateur cartésien et SCARA.....	5
Figure I. 3 : Robot manipulateur a commandé manuelle.	6
Figure I. 4 : Manipulateur à cycle pré-réglé	6
Figure I.5 : Un robot programmable.	7
Figure I.6: Un robot intelligent.....	8
Figure I.7:Robot industriel.	8
Figure I.8: Robot chirurgical Da Vinci	9
Figure I.9: Robot infirmier.	9
Figure I.10: Robot patient hanako Showa.	10
Figure I.11 : Robot militaire.....	10
Figure I.12:Robot domestique.....	11
Figure I. 13: Schéma du placement des repères du manipulateur	13

CHAPITRE II: PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Figure II.1: Le robot articulé 4ddl	16
Figure II.2: Architecture fonctionnelle	16
Figure II.3:Alimentation électrique de 5v-10A	17
Figure II.4: Transformateur de 12V-2A	17
Figure II.5: L'électroaimant.....	18
Figure II.6:le relais de commande.....	18
Figure II.7: Les fils de connexion.....	19
Figure II.8: La carte Arduino Méga	19
Figure II.9 :Description de la carte Arduino Méga2560.	20
Figure II.10: les constituants de la carte Arduino Méga2560.....	20
Figure II.11: Arduino shields.	21
Figure II.12: Les composants du shield.....	22
Figure II.13: Le module Bluetooth HC-06.....	22
Figure II.14: Brochage HC-06.	23
Figure II.15: Servomoteur utilisé dans le robot	23
Figure II.16: Composition d'un servomoteur	24
Figure II.17: Les trois files de servomoteur	26
Figure II .18: Logo du logiciel IDE Arduino	26
Figure II.19: fenêtre de logiciel Arduino IDE.....	26

Liste des Figures

Figure II.20: Vue d'écran du logiciel Arduino IDE sous Windows	27
Figure II.21: La barre des boutons.....	27
Figure II.22: Bluetooth Electronics	28
Figure II.23: l'interface de l'application Bluetooth Electronics.	29

CHAPITRE III: REALISATION PRATIQUE ET RESULTATS

Figure III. 1: Schéma synoptique expliquant les différentes parties du projet	30
Figure III.2: l'interface graphique utilisée pour notre projet	31
Figure III. 3: Les interconnexions Arduino - HC-06	31
Figure III. 4: Branchement shields avec les servomoteurs du robot.....	32
Figure III. 5 : Principe de fonctionnement global de notre Project.....	32
Figure III.6 : Organigramme descriptif de fonctionnement	33
Figure III. 7 : Principe de fonctionnement de notre projet.....	34
Figure III. 8 : photo réelle de notre bras projet	34
Figure III.9 : Notre bras manipulateur dans leur état initial.....	35
Figure III.10 : L'interface graphique du pilotage de notre bras manipulateur	35
Figure III.11 : Notre bras manipulateur avec une commande Avancer pour obtenir la pièce.	36
Figure III.12 : Notre bras manipulateur avec la commande saisir la pièce	36
Figure III.13 : Notre bras manipulateur dans l'état de déplacement de la pièce	37
Figure III.14 : Déplacement du bras manipulateur	37
Figure III.15 : Le bras manipulateur quitte la pièce	37

Liste Des Tableaux

Liste Des Tableaux

Tableau I. 1: Paramètres DH du manipulateur	13
Tableau II. 1 : les caractéristiques de la carte Arduino Méga2560	21
Tableau II.2 : Caractéristique de servomoteur	25

LISTE DES ABREVIATION ET DES ACRONYMES :

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

SMA : système mécanique articulé.

3D : trois dimensions.

GND: la masse.

USB: Universal serial bus.

PC: personal computer.

V : volts.

A : Ampère.

DDL : Degrés De Liberté .

D-H: dinavite hertenburg.

AFRI : Association Française de Robots Industrielles.

Bt : Bluetooth

UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter.

Introduction générale

Introduction Générale

Introduction Générale :

Il est vrai que la robotique et la technologie ont le potentiel de transformer de nombreux aspects de notre vie. Les robots manipulateurs sont conçus pour effectuer des tâches spécifiques et répétitives dans des environnements industriels ou spatiaux, où les travaux peuvent être dangereux, fastidieux et monotones pour les travailleurs humains. Ils peuvent être programmés.

Les robots manipulateurs offrent plusieurs avantages, notamment l'amélioration de la productivité, la réduction des coûts de main-d'œuvre, l'augmentation de la précision et de la qualité des produits, ainsi que la réduction des risques de blessures pour les travailleurs humains. Le robot manipulateur est un outil polyvalent et flexible qui peut être utilisé dans de nombreuses industries[1]

Les robots manipulateurs peuvent également être utilisés dans des applications telles que la manipulation de matériaux dangereux ou toxiques, ce qui permet de réduire les risques pour les travailleurs. Les mouvements du robot peuvent être programmables et variés, ce qui permet au robot de s'adapter à différents types de tâches.[2]

Dans ce travail de mémoire, L'objectif de notre travail est la réalisation d'un simulateur pour un robot manipulateur commandé à distance à travers une communication Bluetooth par une application software installée sur un Smartphone.

Ce mémoire est organisé en 3 chapitres :

Dans le premier chapitre nous aurons abordé des généralités sur les robots manipulateurs.

Le deuxième chapitre est consacré à la définition des différentes composantes matérielles et logiciels du projet.

La méthodologie de conception, la programmation, la mise en service et les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre.

Enfin, ce mémoire est organisé par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur la robotique

I.1.INTRODUCTION :

La robotique est un domaine multidisciplinaire qui requiert des compétences dans plusieurs domaines techniques, tels que l'informatique, l'électronique, la mécanique, la physique, les mathématiques et la mécatronique. La conception et la fabrication de robots nécessitent la maîtrise de ces différents domaines, ainsi que la capacité à les intégrer pour créer des systèmes robotiques complexes et performants.

Il existe deux types de robotique, la robotique industrielle et la robotique mobile. Les robots manipulateurs ont une base fixe et un système mécanique articulé pour effectuer opérations (peinture, manutention en atelier dans l'industrie automobile, estampage, ...etc).[1]

Le terme "robot" trouve son origine dans le mot tchèque "robot", qui signifie "travail forcé" ou "servitude". Ce mot a été popularisé dans la pièce de théâtre "Rossum's Universal Robots" du romancier tchèque Karel Capek (1921), portant sur des êtres artificiels anthropomorphes répondant parfaitement aux ordres de leur maître[2].

Les robots industriels sont de plus en plus utilisés dans de nombreuses applications grâce à leur efficacité, leur précision et leur flexibilité.[3]

I.2. LA DEFINITION D'UN ROBOT MANIPULATEUR :

Un robot manipulateur industriel est un système doté de plusieurs axes, similaire à un bras humain, qui est principalement utilisé dans le domaine de l'industrie pour effectuer des tâches variées. Il est composé d'un bras mécanique capable de se déplacer dans un espace tridimensionnel, avec des degrés de liberté qui lui permettent de réaliser des mouvements de translation et de rotation. Ce bras est généralement équipé d'un organe effecteur, tel qu'une pince ou un outil, qui lui permet d'interagir avec les objets ou les équipements de son environnement de travail.[4]

I.3. LES CONSTITUANTS D'UN ROBOT :

Les robots manipulateurs sont généralement constitués d'un bras robotisé doté de plusieurs articulations, permettant au robot de se déplacer avec une grande précision et flexibilité. Le bout du bras est équipé d'un outil spécialisé, tel qu'une pince, une ventouse ou une brosse, qui est utilisé pour saisir et manipuler des objets. Ils sont programmables et peuvent être configurés pour effectuer une grande variété de tâches en fonction des besoins

spécifiques de l'application. Les robots peuvent également être équipés de capteurs et de caméras et des cartes pour surveiller les opérations et garantir la qualité des pièces produites[5].

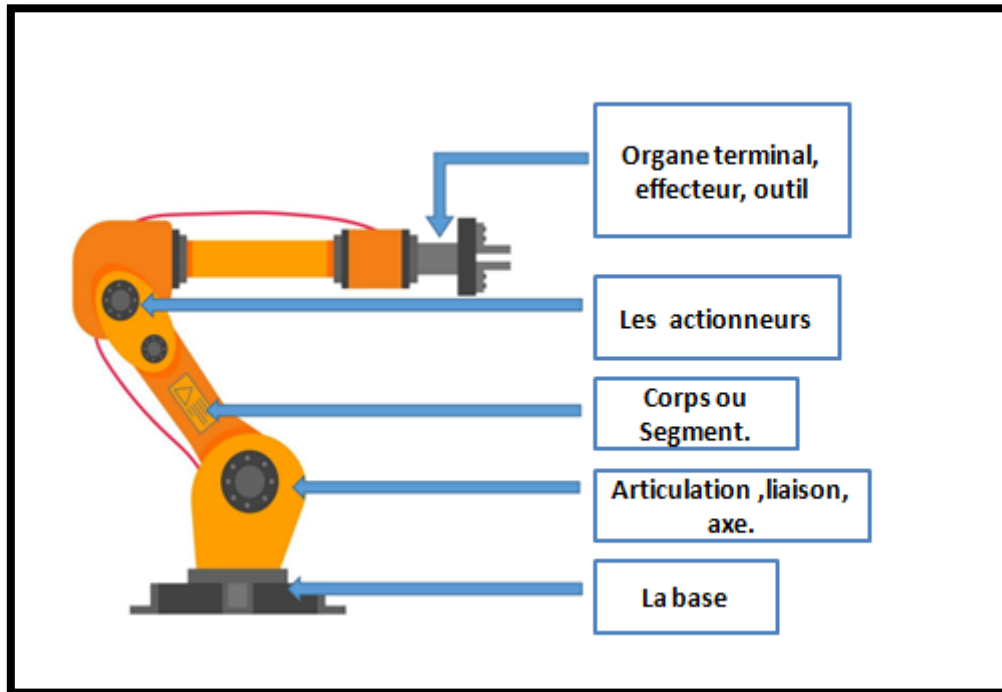


Figure I.1: Constituants mécanique du robot manipulateur. [6]

1. La base : il s'agit de l'élément fixe du robot, qui sert de point de départ à tous les mouvements. Elle peut être posée sur le sol ou fixée à un support.

2. Le bras : c'est la partie articulée du robot qui permet de déplacer l'organe terminal dans l'espace. Il est composé d'une ou plusieurs sections, reliées par des articulations, et peut avoir jusqu'à six degrés de liberté.

3. L'organe terminal : c'est l'élément du robot qui effectue la tâche demandée, tel qu'une pince, un outil de mesure ou une caméra. Il est fixé à l'extrémité du bras et peut être interchangeable selon les besoins de l'application[7].

4. Le système de commande : c'est l'ensemble des éléments qui permettent de piloter le robot, de lui donner des ordres et de régler ses mouvements. Il est généralement constitué d'un ordinateur, de capteurs, de logiciels de programmation et de contrôleurs d'axe, qui permettent de déterminer les mouvements à effectuer en fonction des tâches à réaliser[8].

5. Les actionneurs : Les systèmes mécaniques articulés nécessitent des actionneurs pour leur animation, souvent accompagnés de transmissions telles que des courroies crantées. Les actionneurs sont généralement équipés des moteurs électriques à aimant permanent, des moteurs à courant continu avec commande par l'induit, des moteurs sans balais à commutation électronique, ou des moteurs pas à pas pour de petits robots. En revanche, pour les robots manipulant des charges lourdes, tels qu'une pelle mécanique, les actionneurs hydrauliques sont les plus couramment utilisés, que ce soit sous forme de vérins hydrauliques pour la translation ou de moteurs hydrauliques pour la rotation.

Quant aux actionneurs pneumatiques, ils sont généralement utilisés dans les manipulateurs à cycles, également connus sous le nom de robots tout ou rien. Un manipulateur à cycles est une structure mécanique articulée avec un nombre restreint de degrés de liberté, permettant une succession de mouvements contrôlés uniquement par des capteurs de fin de course réglables manuellement à la course désirée. Il convient de noter que l'asservissement en position peut être difficile en raison de la compressibilité de l'air[5].

I.4. LES CARACTERISTIQUES D'UN ROBOT MANIPULATEUR : [11]

Un robot manipulateur possède plusieurs caractéristiques qui définissent ses capacités et ses limites. Voici quelques-unes des principales caractéristiques à prendre en compte lors de la sélection d'un robot manipulateur :

- ✓ **CHARGE UTILE**: C'est la quantité maximale de poids que le robot peut transporter. Elle doit être déterminée dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire lorsque le robot est en extension maximale.
- ✓ **ARCHITECTURE** : L'architecture du robot est définie par la structure de ses segments et des articulations qui les relient. Les robots peuvent avoir des structures rigides ou flexibles, en fonction des tâches qu'ils sont censés accomplir.
- ✓ **PRECISION** : La précision du robot est déterminée par la capacité du robot à atteindre des positions précises dans l'espace. Elle est souvent mesurée en termes de répétabilité, qui est la capacité du robot à revenir à une position précise plusieurs fois de suite.
- ✓ **VITESSE** : La vitesse du robot détermine sa capacité à effectuer rapidement des tâches. Elle est mesurée en termes de vitesse de déplacement maximale, qui est la vitesse maximale que le robot peut atteindre lorsqu'il se déplace à pleine charge.

- ✓ **FLEXIBILITE** : La flexibilité du robot est déterminée par sa capacité à effectuer une variété de tâches différentes. Les robots peuvent être programmés pour effectuer des tâches différentes, mais certains sont plus flexibles que d'autres [10].
- ✓ **PROGRAMMABILITE** : La programmabilité du robot détermine la facilité avec laquelle il peut être programmé pour effectuer différentes tâches. Certains robots sont plus faciles à programmer que d'autres.
- ✓ **LE VOLUME OU ESPACE DE TRAVAIL**(“workspace” en anglais) :défini comme l’ensemble des points atteignables par l’organe terminal[12].

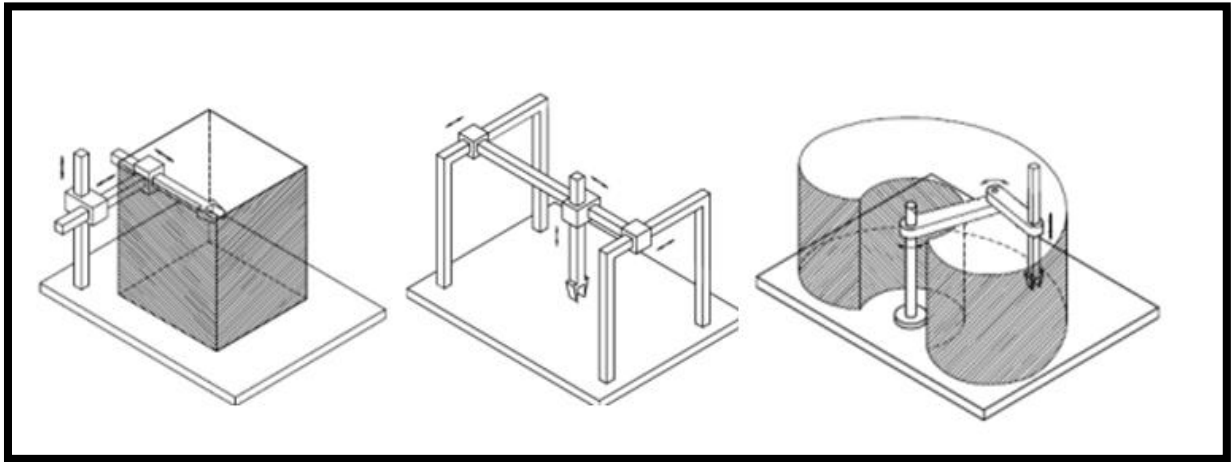


Figure I. 2: le volume de travail pour un robot manipulateur cartésien et SCARA.

I.5.CLASSIFICATION DES ROBOTS

Le nombre de classes et les distinctions entre celles-ci varient d'un pays à l'autre. Par exemple, le Japon utilise 6 classes tandis que la France en utilise 4. En France, l'Association Française de Robots Industriels (AFRI) a établi une classification en 4 classes, qui sont illustrées ci-dessous.

- **ROBOT MANIPULATEUR A COMMANDE MANUELLE**



Figure I. 3 : Robot manipulateur a commandé manuelle[13].

- **ROBOT MANIPULATEUR AUTOMATIQUE**

Un bras manipulateur effectuant des mouvements de manière autonome, sans intervention humaine [13].



Figure I. 4 : Manipulateur à cycle prééglé.

- **ROBOTS PROGRAMMABLES**

Les robots programmables, qui représentent la première génération de robots industriels. Ces robots répètent les mouvements qui leur ont été enseignés où programmés, sans prendre en compte les informations sur l'environnement ou la tâche à accomplir. On peut distinguer deux types de robots : les robots de type "play-back", qui reproduisent la tâche apprise, et les robots à commande numérique, qui peuvent être programmés en dehors de l'exécution en temps réel.

Pour de nombreux robots, l'apprentissage de la tâche se fait à l'aide d'un dispositif de commande simplifié, tel qu'un boîtier à boutons, qui permet à l'opérateur de déplacer le robot à un certain nombre de points prédéfinis, qui sont ensuite mémorisés. Lors de l'exécution de la tâche, le robot suivra une trajectoire passant successivement par tous les points programmés. Le passage d'un point au suivant s'effectue en suivant un profil de vitesse prédéfini en fonction du temps, tel qu'un profil triangulaire ou trapézoïdal. L'opérateur a simplement à choisir la fraction de la vitesse maximale à laquelle il souhaite que le robot effectue la tâche.

Dans certains cas, comme pour les robots de peinture, qui doivent suivre une trajectoire complexe difficile à exprimer mathématiquement, un opérateur humain spécialisé dans la tâche guide le bras du robot à l'aide d'un "pantin". L'ensemble de la trajectoire est alors mémorisé par le robot[8].



Figure I.5 : Un robot programmable.

- **ROBOT INTELLIGENT**

Actuellement, nous trouvons des robots de deuxième génération qui sont capables d'acquérir et d'utiliser des informations sur leur environnement grâce à des systèmes de vision, des capteurs de proximité, des capteurs d'efforts, etc.... Des recherches sont également menées sur des robots de troisième génération, qui ont la capacité de comprendre un langage oral proche du langage naturel et de se déplacer de manière autonome dans des environnements complexes en utilisant l'intelligence artificielle[8].



Figure I.6: Un robot intelligent.

I.6. DOMAINE D'UTILISATION DES ROBOTS

I.6.1. LES ROBOTS INDUSTRIELS

De nos jours, les robots industriels jouent un rôle prépondérant dans divers secteurs, notamment l'industrie automobile, où ils sont largement utilisés pour des tâches telles que l'assemblage et la peinture. Ils sont souvent déployés pour remplacer l'homme dans des travaux précis et répétitifs, notamment sur les chaînes de production. De plus, ils sont employés dans des environnements dangereux pour l'homme, tels que la peinture et le soudage. Ces robots se présentent généralement sous la forme de bras mécaniques, conçus pour accomplir des tâches spécifiques. Plutôt que de ressembler à des humains, leur conception se concentre sur l'efficacité, et ils sont équipés de caméras pour optimiser leurs performances. Leur capacité à réaliser des mouvements réguliers et précis est le fruit de leur programmation informatique, qui leur permet d'exécuter les mouvements requis avec précision.

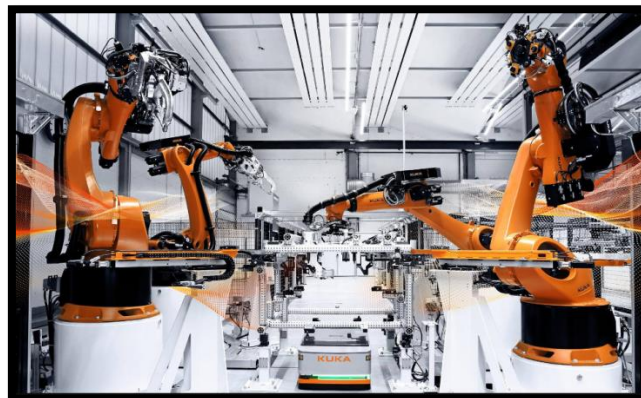


Figure I.7: Robot industriel.

I.6.2. ROBOTS EN MEDECINE ET CHIRURGIE

Les robots ont un avenir prometteur dans le domaine médical, notamment à l'hôpital. Le Robodoc, par exemple, assiste les chirurgiens lors d'opérations spécifiques. Un projet en cours concerne le développement d'un robot infirmier. De plus, le cyber squelette HAL aide les personnes à retrouver leur mobilité. Un autre exemple intéressant est le robot patient, qui permet aux futurs chirurgiens-dentistes de s'entraîner sans risquer de causer des dommages. Un système chirurgical particulièrement avancé, appelé Da Vinci (voir la Figure I.8), permet aux chirurgiens d'opérer à distance. Ce robot chirurgical peut être utilisé soit en étant présent dans la même pièce avec une machine intermédiaire, soit à partir d'un lieu très éloigné. Cette capacité à opérer à distance s'avère très utile dans de nombreuses situations[4].



Figure I.8: Robot chirurgical Da Vinci.

Les infirmiers du futur seront représentés par des robots, chargés de porter et déplacer les patients. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, cette réalité n'est pas si lointaine puisque ces robots sont déjà opérationnels ! Les robots infirmiers ont la capacité de soulever un patient dans leurs bras et de le déposer dans un fauteuil[4].



Figure I.9: Robot infirmier.

Un exemple de robot patient est l'androïde Simroid, qui présente un réalisme assez impressionnant. Lorsque l'opérateur touche des zones sensibles, le robot réagit de manière appropriée, ce qui permet un apprentissage du métier sans frais supplémentaires. Une initiative similaire appelée HanakoShowa a également été développée[4]. Ce robot est équipé

de capteurs intégrés dans des dents artificielles, ce qui lui permet de réagir aux gestes des praticiens novices. Il peut émettre des gémissements ou bouger les bras en réponse à une sensation de douleur. De plus, il est capable de communiquer grâce à un processus de synthèse vocale.



Figure I.10: Robot patient hanako Showa.

I.6.3. LES ROBOTS MILITAIRES

Les robots militaires sont utilisés dans deux configurations principales : en tant que robots autonomes utilisant l'intelligence artificielle ou en tant que drones contrôlés à distance. Ils jouent un rôle crucial dans l'exécution de diverses missions militaires, telles que la surveillance et le déploiement de missiles au sol, notamment dans le cas des drones de combat. Ces robots offrent des avantages en termes de capacités de reconnaissance, de collecte de renseignements et de frappes précises, améliorant ainsi l'efficacité et la sécurité des opérations militaires.



Figure I.11 : Robot militaire.

Ces robots offrent plusieurs avantages significatifs. Ils peuvent être contrôlés à distance, ce qui permet d'éviter d'exposer les soldats à des situations dangereuses. De plus, ces robots ne sont pas sujets aux émotions humaines, ce qui peut être un avantage dans les opérations militaires. Ils sont également capables d'atteindre des cibles avec une précision supérieure à celle d'un soldat humain et de fonctionner dans des conditions extrêmes que les

humains auraient du mal à supporter, comme des températures extrêmes, le froid ou des accélérations importantes. Cependant, malgré ces avantages, il est important de noter que ces robots ne peuvent pas remplacer totalement le soldat. En effet, ils ne sont pas capables de travailler en équipe ni de prendre des décisions de manière autonome, ce qui limite leur utilisation dans des contextes complexes où la prise de décision humaine reste essentielle[12].

I.6.4.LES ROBOTS DOMESTIQUES

Des robots utilisés à domicile. Cette catégorie de robots comprend une grande variété d'appareils, tels que les aspirateurs robotiques, les robots nettoyeurs de piscines, les balayeuses, les nettoyeurs de gouttières, et d'autres robots capables d'effectuer différentes tâches ménagères. De plus, certains robots de surveillance et de télé-présence peuvent également être considérés comme des robots domestiques s'ils sont utilisés dans cet environnement spécifique[4]. Ces robots offrent une assistance précieuse dans les tâches ménagères, simplifiant ainsi la vie quotidienne des personnes et leur permettant de consacrer leur temps à d'autres activités.



Figure I.12:Robot domestique.

I.7. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES ROBOTS

Un système robotique ne se limite pas seulement aux robots eux-mêmes, mais englobe également d'autres dispositifs et systèmes utilisés en conjonction avec le robot pour accomplir la tâche requise. Les avantages des robots, tels que mentionnés dans[4] sont les suivants :

- La robotique et l'automatisation contribuent à accroître la productivité, la sécurité, l'efficacité, la qualité et la cohérence des produits
- Les robots peuvent travailler dans des environnements dangereux sans nécessiter de support vital, et sans compromettre la sécurité des opérateurs.
- Ils n'ont pas besoin d'éclairage, de climatisation, de ventilation ou de protection contre le bruit.

- Les robots peuvent travailler de manière continue, sans ressentir de fatigue ou d'ennui, et ils n'ont pas besoin de congés médicaux ou de vacances.
- Ils offrent une précision répétable constante, à moins qu'ils ne rencontrent un problème ou qu'ils ne s'usent.
- Les robots peuvent être beaucoup plus précis que les humains, avec une précision linéaire typique de 20 à 10 microns.

L'inconvénient des robots réside dans leur incapacité à réagir de manière autonome en cas d'urgence, à moins que les situations et les réponses correspondantes ne soient incluses dans leur système. Des mesures de sécurité appropriées doivent être mises en place pour garantir qu'ils ne portent pas atteinte aux opérateurs ni aux machines avec lesquelles ils interagissent. Les inconvénients des robots comprennent les points suivants :

- Réponses inadéquates ou incorrectes dans certaines situations.
- Manque de capacité à prendre des décisions.
- Consommation énergétique.
- Risque de causer des dommages à d'autres appareils et de blesser les personnes.

Bien que les robots présentent de bonnes caractéristiques, ils sont également limités par leur capacité en termes de degrés de liberté, de dextérité, de capteurs, de système de vision et de réactivité en temps réel. Les robots sont également coûteux en raison de plusieurs facteurs, tels que le coût initial de l'équipement, le coût d'installation, la nécessité de périphériques supplémentaires, les besoins en formation et la nécessité de programmation.

Ces limites et coûts doivent être pris en compte lors de la mise en place de systèmes robotiques, afin de s'assurer de leur intégration efficace et sûre dans les environnements de travail.

I.8.MODELISATION DU ROBOT MANIPULATEUR

Dans ce travail on va calculer le modèle géométrique directe de notre bras par la méthode de D-H

La figure ci-dessous présente le schéma de la représentation géométrique ainsi que le positionnement des repères.

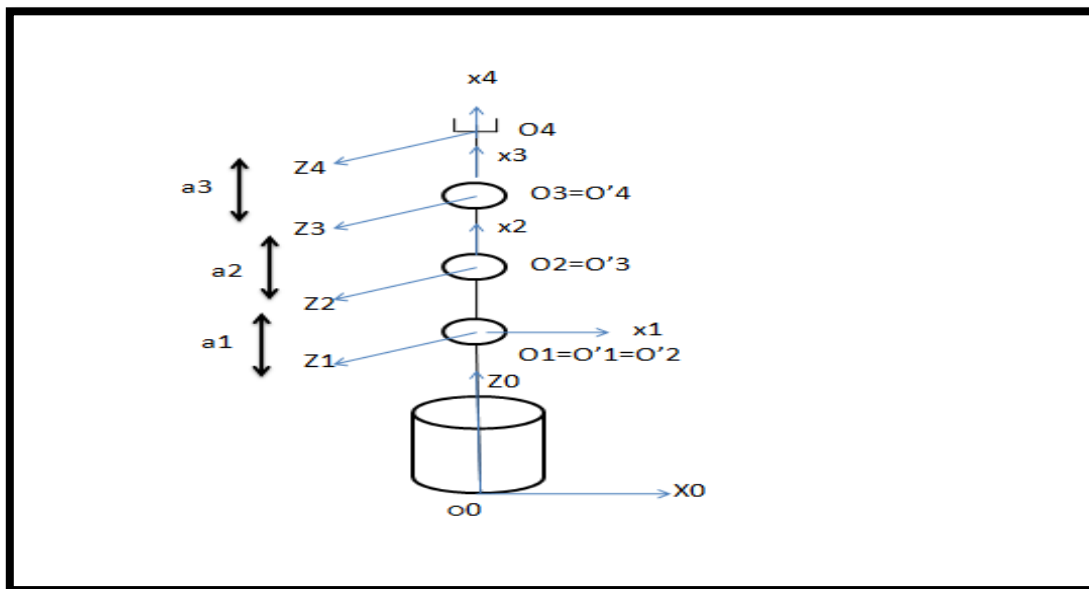


Figure I. 13: Schéma du placement des repères du manipulateur.

Les paramètres DH du manipulateur de la figure I.13 sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau I. 1: Paramètres DH du manipulateur.

Segment	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	$\frac{\pi}{2}$	0	θ_1
2	a_1	0	0	θ_2
3	a_2	0	0	θ_3
4	a_3	0	0	θ_4

I.9. MODELE GEOMETRIQUE DIRECT (MGD)[16]

Le modèle géométrique d'un robot manipulateur est une représentation mathématique de la géométrie du robot et de son mouvement. Ce modèle est utilisé pour décrire la position

et l'orientation de l'effecteur final du robot (par exemple, une pince) en fonction des angles de rotation de ses articulations. Le modèle MGD s'écrit :

$$X = f(\theta) \quad (1.1)$$

Telle que, X est le vecteur des coordonnées choisies pour représenter la position de l'organe terminal et θ est le vecteur des coordonnées articulaires.

Pour calculer le MGD, il suffit de déterminer les éléments de la matrice de transformation homogène 0T_n qui permettent de décrire la position du bras manipulateur par rapport à sa base, en indiquant la position de son organe terminal dans le repère de la base.

$${}^0T_n = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \dots T_n^{n-1} \quad T_n = \begin{bmatrix} sx & nx & ax & px \\ sy & ny & ay & py \\ sz & nz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dans notre configuration on a :

$${}^0T_4 = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \cdot {}^2T_3 \cdot {}^3T_4$$

Pour le premier corps on obtient : ${}^0T_1 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & 0 & \sin\theta_1 & 0 \\ \sin\theta_1 & 0 & -\cos\theta_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Pour le deuxième corps on obtient : ${}^1T_2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & a_1 \cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & a_1 \sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Pour le troisième corps on obtient : ${}^2T_3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 0 & a_2 \cos\theta_3 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 0 & a_2 \sin\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Pour le troisième corps on obtient : ${}^3T_4 = \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & -\sin\theta_4 & 0 & a_3 \cos\theta_4 \\ \sin\theta_4 & \cos\theta_4 & 0 & a_3 \sin\theta_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Et on aura :

$${}^0T_4 = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \cdot {}^2T_3 \cdot {}^3T_4 = \begin{bmatrix} sx & nx & ax & px \\ sy & ny & ay & py \\ sz & nz & az & pz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

1.10. CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a donné une introduction générale sur la robotique, nous avons examiné les manipulateurs et ensuite décrit la configuration globale d'un robot manipulateur, ainsi que la classification des différents modèles disponibles, ensuite on a présenté les domaines d'application de ces robots dans la vie quotidienne. En fin on a terminé ce chapitre par la modélisation géométrique du robot manipulateur à commander.

Chapitre II : Présentation Générale Du Projet

II.1. INTRODUCTION

Pour concrétiser un projet, en particulier dans le domaine de la robotique, il est essentiel de disposer à la fois d'un robot et d'un ensemble d'équipements électroniques et électriques.

Le projet se divise principalement en deux aspects fondamentaux : le matériel et le logiciel (software & hardware).

Du côté matériel, nous avons besoin d'un robot articulé, ainsi que de divers équipements électroniques et électriques nécessaires à son fonctionnement.

Logicielle : les applications androïde comme Bluetooth Electronics, Arduino.

Pour mener à bien un projet dans ce domaine, il est crucial de combiner à la fois les aspects matériels et logiciels pour obtenir un système complet et fonctionnel.

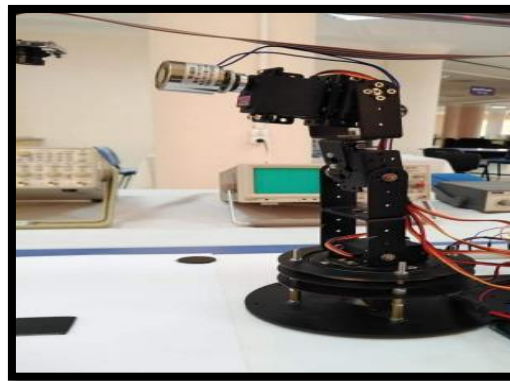


Figure II.1: Le robot articulé 4ddl.

II.2.ARCHITECTURE FONCTIONNELLE

La figure suivante présente l'Architecture fonctionnelle de la communication entre l'application Android et le Module HC-06.

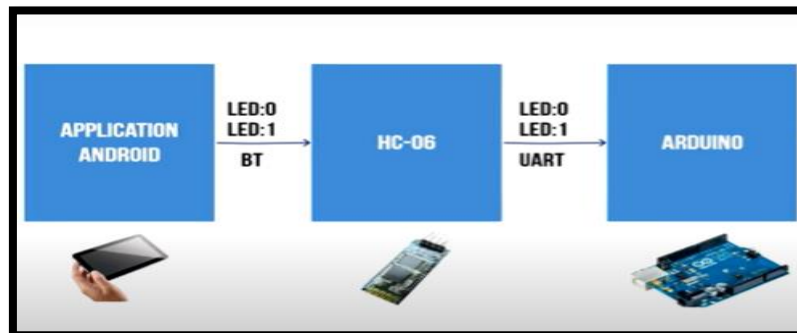


Figure II.2: Architecture fonctionnelle.

II.3.2 L'ELECTROAIMANT

Les électroaimants sont les composants essentiels utilisés comme outils par notre robot.



Figure II.5: L'électroaimant[17].

II.3.3 LE RELAIS DE COMMANDE

Le relais de commande joue un rôle crucial en permettant de contrôler l'activation et la désactivation de l'électroaimant, qui représente l'outil principal utilisé par notre robot.



Figure II.6:le relais de commande[17].

II.3.4 LES FILS DE CONNEXION

Pour nos montages électriques, nous avons besoin de différents types de fils de connexion : des fils mâle/mâle, mâle/femelle et femelle/femelle. Ces fils sont essentiels pour établir les connexions appropriées entre les composants de notre projet.

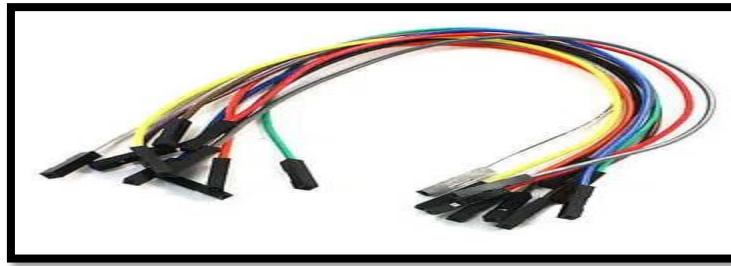


Figure II.7: Les fils de connexion.

II.3.5 LES CARTES ELECTRONIQUES PROGRAMMABLES

II.3.5 .1. LA CARTE ARDUINOMEGA

La carte Arduino est une plateforme de développement électronique open-source basée sur un microcontrôleur, qui a été créée pour faciliter la création de projets électroniques interactifs. La carte Arduino est équipée d'entrées/sorties (E/S) numériques et analogiques qui peuvent être utilisées pour connecter différents types de capteurs, d'actionneurs et d'autres composants électroniques. Elle peut être programmée à l'aide d'un langage de programmation basé sur Wiring, qui est similaire au langage C++ et qui est facile à apprendre. La communauté Arduino est très active et propose une grande variété de projets, de tutoriels et de bibliothèques de code pour aider les utilisateurs à démarrer rapidement avec cette plateforme de développement électronique[18].

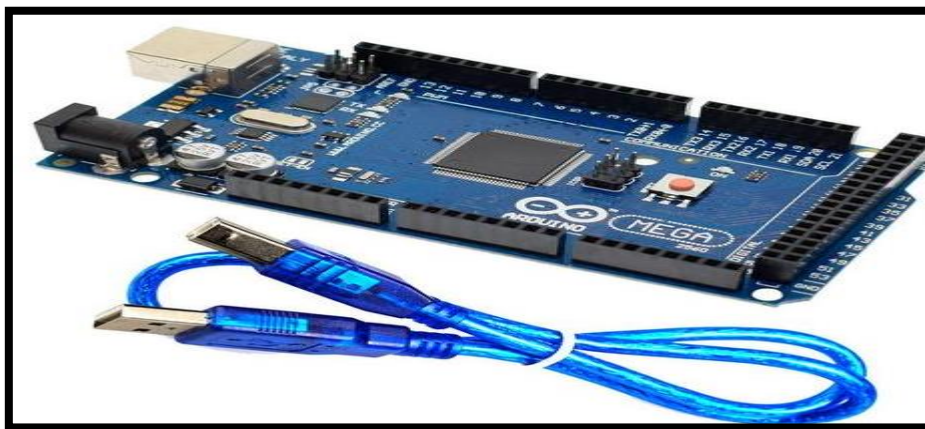


Figure II.8: La carte Arduino Méga

La carte ArduinoMéga2560 est une carte à microcontrôleur basée sur un ATmega2560.

II.3.5 .2. DESCRIPTION GENERALE DE L'ARDUINO MEGA2560 [19]

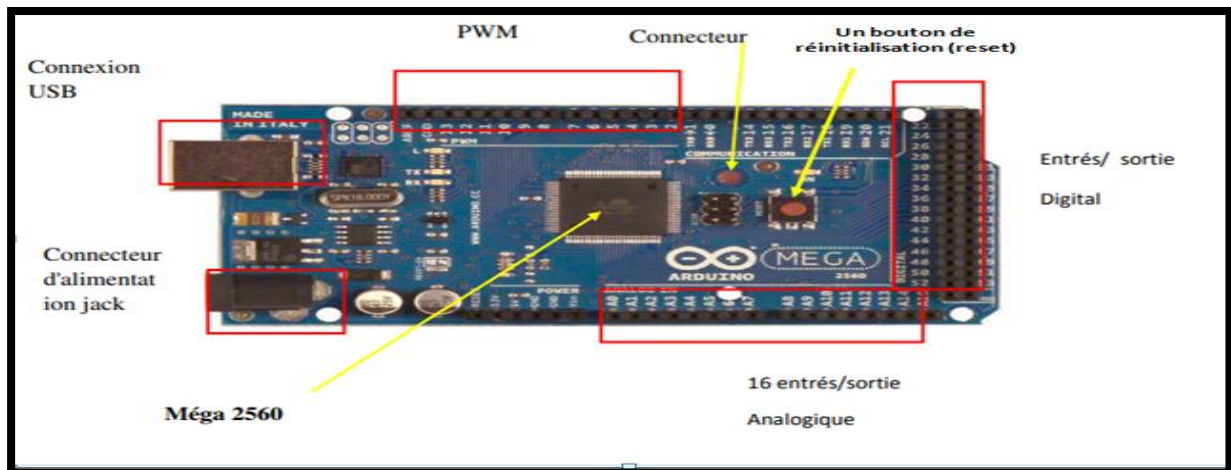


Figure II.9 :Description de la carte Arduino Méga2560[19].

Cette carte dispose :

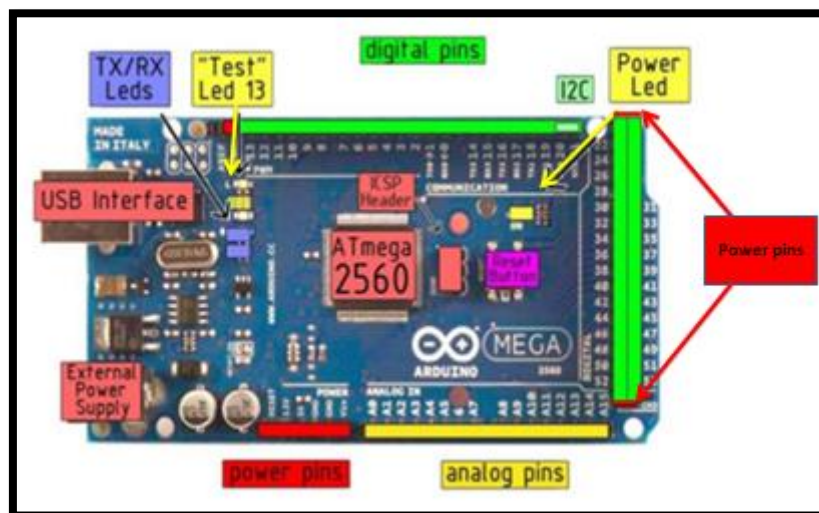


Figure II.10: les constituants de la carte Arduino Méga2560

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

-Synthèse des caractéristiques[20]

Tableau II. 1 : les caractéristiques de la carte Arduino Méga2560.

Tension de fonctionnement	5 V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12 V
Tension d'alimentation (limites)	6-20 V
Broches E/s numérique	54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	16(utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5v)	40 mA (ATTENTION : 200 mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3 V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5 V	Fonction de l'alimentation utilisée-500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	256 KB dont 8 KB sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM(mémoire volatile)	8 KB
Mémoire EEPROM(mémoire non volatile)	4 KB
Vitesse d'horloge	16MHz

II.3.5. 2. ARDUINOSHIELDS

Les shields Arduino sont des cartes d'extension conçues pour se connecter facilement, sans nécessiter de soudure, aux cartes Arduino ou à d'autres shields Arduino. Ils permettent d'augmenter les capacités de ces cartes en ajoutant des fonctionnalités telles que des écrans, du Bluetooth ou des servomoteurs. Les shields Arduino préservent l'essence originale d'Arduino en offrant une facilité de production et d'utilisation.

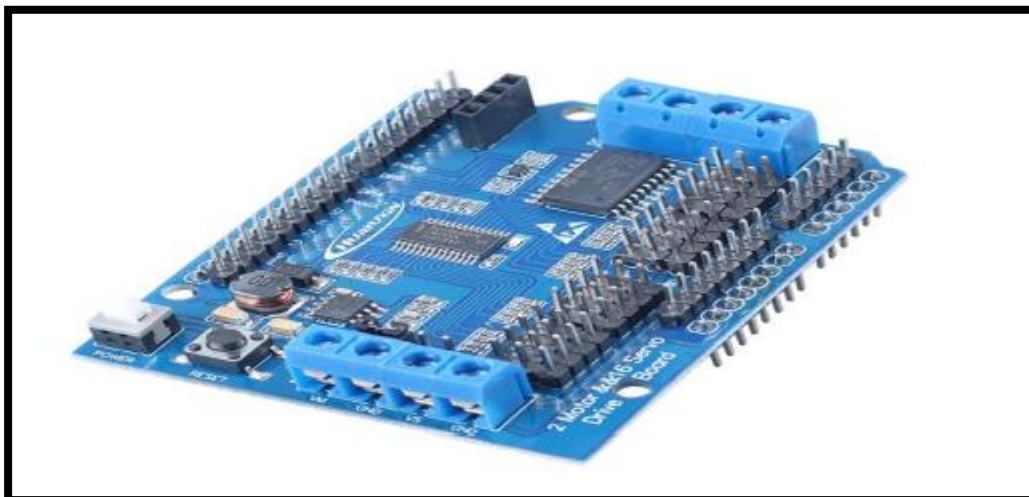


Figure II.11: Arduino shields[17].

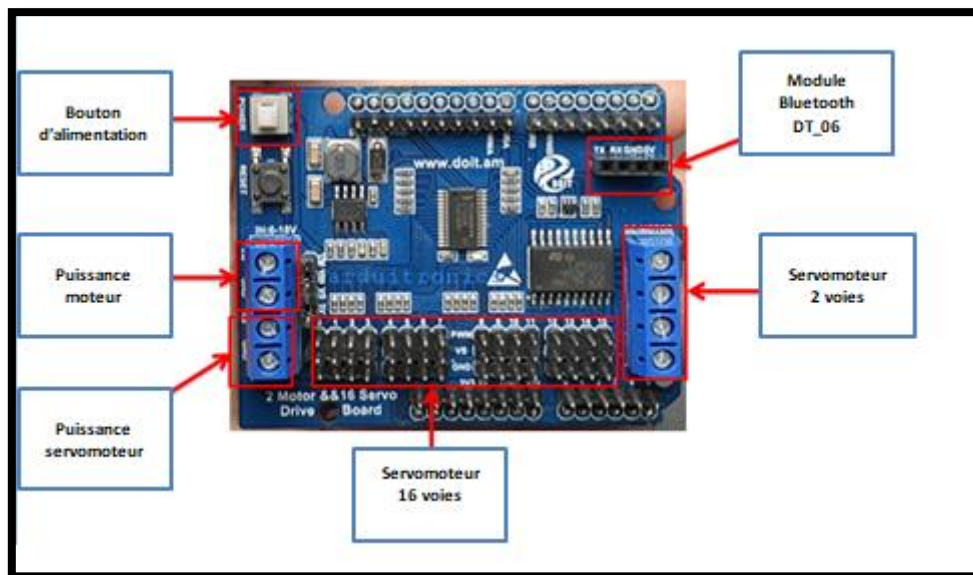


Figure II.12: Les composants du shield.

II.3.5. 3. MODULE BLUETOOTH HC-06

Le module Bluetooth HC-06 est un module de communication sans fil qui utilise la technologie Bluetooth pour établir une connexion entre des appareils électroniques. Il est conçu pour être facilement intégré à des projets électroniques et est souvent utilisé avec des cartes de développement telles que les cartes Arduino. Le module HC-06 est équipé d'une puce Bluetooth qui permet de communiquer avec d'autres appareils compatibles Bluetooth, tels que des smart phones ou des ordinateurs. Il peut être configuré pour fonctionner en tant que module maître ou esclave en utilisant des commandes AT, et il peut transmettre des données entre les appareils connectés en utilisant une liaison série. Le module HC-06 est très populaire en raison de sa facilité d'utilisation, de son faible coût et de sa compatibilité avec de nombreux appareils électroniques.



Figure II.13: Le module Bluetooth HC-06

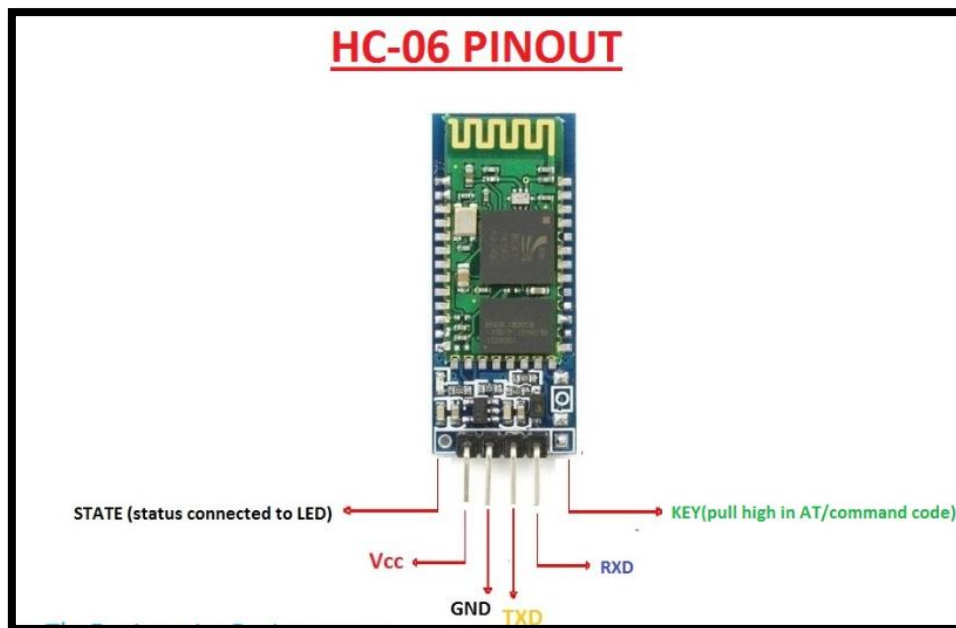


Figure II.14: Brochage HC-06

II.3.6. LES SERVOMOTEURS

II.2.6.1 DEFINITION DE SERVOMOTEUR

Les actionneurs utilisés dans notre robot articulé sont des servomoteurs.



Figure II.15: Servomoteur utilisé dans le robot.

Un servomoteur est un type de moteur utilisé pour maintenir une position spécifique en fonction d'une mesure continue. Son nom vient du latin "servus" qui signifie "esclave", car le moteur est essentiellement esclave de la commande qu'il reçoit. Les servomoteurs sont couramment utilisés pour actionner les parties mobiles des robots, des drones et d'autres dispositifs similaires.

Le servomoteur est composé d'un ensemble mécanique et électronique qui comprend plusieurs éléments :

- Un moteur à courant continu : Le moteur fournit la puissance nécessaire pour faire tourner l'axe de sortie du servomoteur.
- Un réducteur : Le réducteur est situé en sortie du moteur et a pour fonction de réduire la vitesse de rotation tout en augmentant le couple. Cela permet d'obtenir une plus grande précision et une meilleure résolution de positionnement.

- Un potentiomètre : Le potentiomètre est un dispositif électrique qui agit comme un diviseur résistif. Il génère une tension variable proportionnelle à l'angle de l'axe de sortie du servomoteur. Cette tension est utilisée pour mesurer la position actuelle du servomoteur.
- Un dispositif électronique d'asservissement : Ce dispositif électronique est chargé de comparer la position mesurée par le potentiomètre à la position souhaitée et de corriger en conséquence la commande envoyée au moteur. Il permet de maintenir la position désirée en effectuant les ajustements nécessaires.
- Un axe dépassant du boîtier : L'axe de sortie du servomoteur dépasse du boîtier et est généralement équipé de différents bras ou roues de fixation. Ces éléments permettent de connecter le servomoteur à d'autres parties du système, comme les articulations d'un robot ou les hélices d'un drone.

II.3.6. 2. FONCTIONNEMENT DES SERVOS[21]

Pour le bon fonctionnement d'un servomoteur, il est nécessaire d'effectuer trois connexions à l'aide de fils spécifiques. Deux fils sont utilisés pour l'alimentation électrique, tandis que le troisième fil est réservé à la réception du signal de commande :

- La connexion d'alimentation positive, généralement identifiée par la couleur rouge, assure une tension de 4.5V à 6V en général.
- La connexion à la masse, qui peut être de couleur noire ou marron, permet d'établir un potentiel de référence à 0V.
- Enfin, l'entrée du signal de commande est réalisée à l'aide d'un fil de couleur orange, jaune, blanc, ou toute autre couleur spécifique prévue par le fabricant.

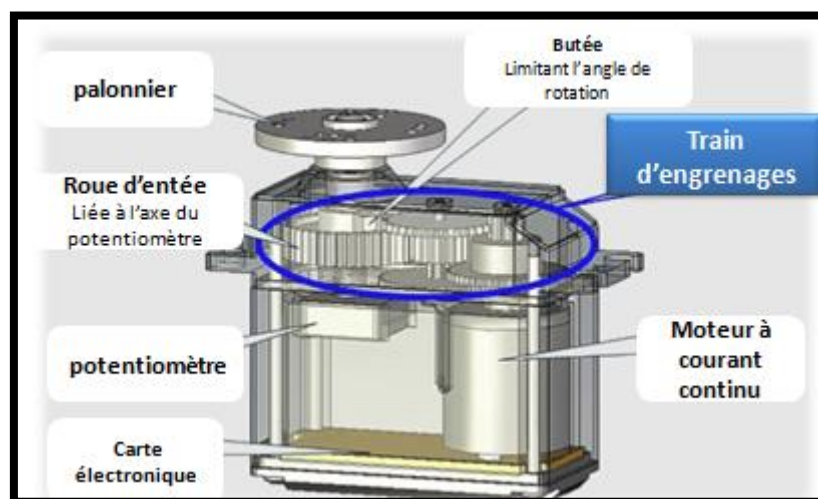


Figure II.16: Composition d'un servomoteur [22].

Le potentiomètre est fixé sur le pignon final ou l'arbre de sortie du servomoteur. Ainsi, lorsque le moteur est en rotation, le potentiomètre se déplace également, générant une tension proportionnelle à l'angle absolu de l'arbre de sortie. Dans le circuit de commande, cette


tension est comparée à celle provenant de la ligne de signal. Au besoin, le contrôleur active un pont en H intégré, permettant au moteur de tourner dans l'un ou l'autre sens jusqu'à ce que les deux tensions s'équilibrent et atteignent une différence de zéro.

La commande d'un servomoteur s'effectue en envoyant une série d'impulsions à travers la ligne de signal. La fréquence du signal de commande doit être de 50 Hz, ce qui équivaut à une impulsion toutes les 20 ms. La durée de chaque impulsion détermine la position angulaire du servo. En général, ce type de servomoteur peut pivoter sur un angle de 180 degrés (avec une limite physique de déplacement).

Il est essentiel de respecter ces paramètres de fréquence et de durée d'impulsion pour contrôler efficacement le servomoteur et obtenir les positions souhaitées.

II.2.6.3. CARACTERISTIQUE DE SERVOMOTEUR[20]

Tableau II.2 : Caractéristique de servomoteur.

Caractéristique Type	 Servomoteur SG90
Dimensions	40 mm × 19mm × 43mm
Poids	56 gr
Tension d'alimentation	4.8 V à 7.2 V
Vitesse	0.17 60°/s sous 4.8 V
Couple	13 kg / cm sous 4.8V

Généralement, les servomoteurs sont contrôlés par un câble de commande et alimentés par deux autres câbles, qui sont habituellement regroupés dans une prise conforme à un format standard.

Le câble rouge est connecté à l'alimentation positive (+5V ou +6V en fonction du servo), le câble noir est relié à la masse (GND), et le câble jaune est utilisé pour le contrôle. Bien qu'il y ait beaucoup à dire sur le fonctionnement des servomoteurs, leurs composants, leur moteur et le petit potentiomètre qui permet de déterminer leur position, ce document se concentrera sur leur utilisation spécifique avec l'Arduino[20].

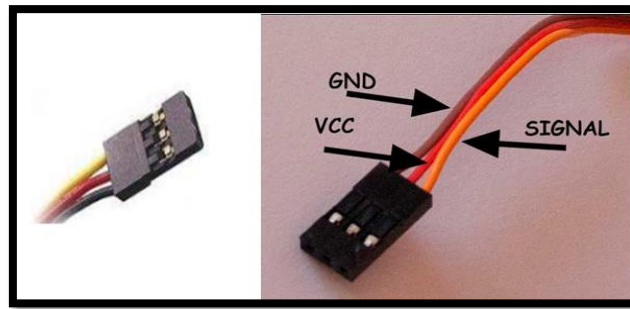


Figure II.17: Les trois fils de servomoteur.

II.4.PARTIE LOGICIEL

De nos jours, on observe une tendance croissante où l'électronique programmée prend de plus en plus le pas sur l'électronique traditionnelle, permettant ainsi de réaliser les fonctionnalités à l'aide de logiciels plutôt que de composants électroniques physiques.

II.4.1.ARDUINOIDE :

Disponible en téléchargement gratuit sur le site officiel d'Arduino, il s'agit d'un logiciel open source. Il propose un environnement de développement intégré (IDE) puissant, permettant aux programmeurs de développer des logiciels. Compatible avec Windows, Mac OS X et Linux, cet environnement est écrit en Java et repose sur Processing ainsi que d'autres logiciels open source. Il offre une compatibilité avec toutes les cartes Arduino, permettant ainsi une utilisation polyvalente.

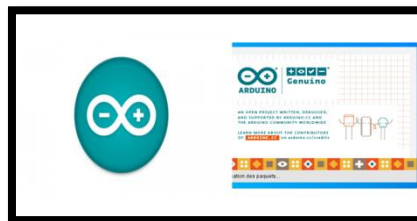


Figure II.18: Logo du logiciel IDE Arduino.

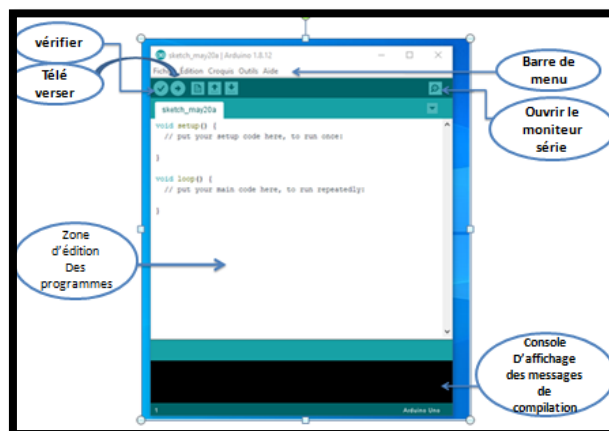


Figure II.19: fenêtre de logiciel Arduino IDE.

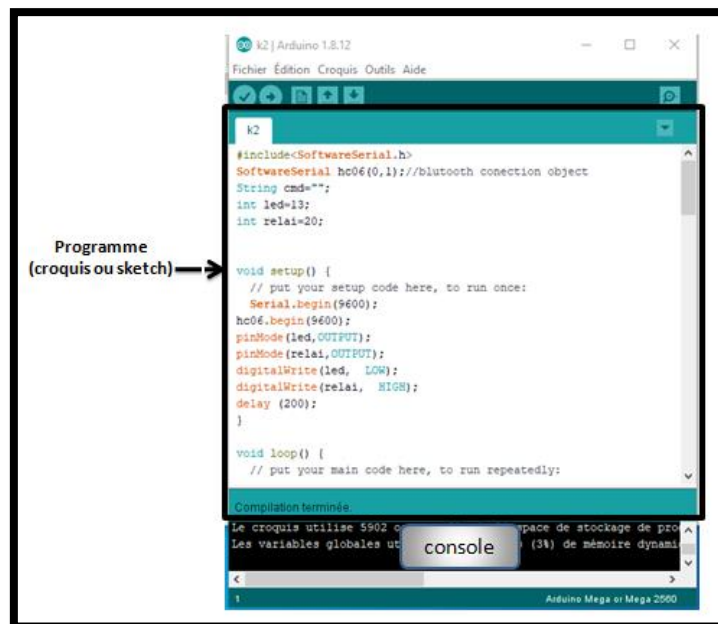


Figure II.20:Vue d'écran du logiciel Arduino IDE sous Windows.



Figure II.21:La barre des boutons

Ce logiciel nous permet d'éditer des croquis en respectant la structure du code, puis de les téléverser dans la mémoire de l'Arduino une fois le programme compilé en langage machine.

De plus, il offre la possibilité d'établir une communication avec la carte Arduino via le terminal intégré.

II.4.2. BLUETOOTH

II.4.2.1 DEFINITION

Le Bluetooth est une technologie de communication sans fil qui permet l'échange de données bidirectionnelles (entre un appareil maître et un appareil esclave) sur de courtes distances (jusqu'à 10 mètres). Cette technologie utilise des ondes radio UHF sur une fréquence de 2,4 GHz. Son objectif principal est de simplifier les connexions entre différents appareils électroniques en éliminant les câbles. Par exemple, il peut remplacer les câbles utilisés pour connecter des ordinateurs, des tablettes, des haut-parleurs, des téléphones mobiles entre eux ou avec des imprimantes.

II.4.2.2 APPLICATION ANDROID :(BLUETOOTH ELECTRONICS)

Dans ce projet, Nous avons utilisé l'application Androïde de type Terminal et nous apprendrons à la configurer pour aboutir à une solution de pilotage sans fil du robot en mode pilotage "bas niveau", c'est-à-dire piloté par un opérateur humain qui adresse des ordres élémentaires. Dans ce mode de pilotage, le robot n'est pas autonome et ne peut réagir à lui seul à des situations complexes. Il s'agit d'implémenter dans l'application "Bluetooth Electronics" des objets graphiques qui permettent de mettre en œuvre les actionneurs et capteurs du robot mobile pour interagir. Le robot sera donc piloté à distance par l'intermédiaire de smart phone.



Figure II.22: Bluetooth Electronics.

L'application Androïde Bluetooth Electronics facilite la création d'interfaces graphiques interactives sur des appareils mobiles. Elle offre une gamme variée d'éléments tels que des boutons, du texte, des curseurs, des graphiques, et bien plus encore. Cette application permet une communication bidirectionnelle avec différents dispositifs électroniques en utilisant le module Bluetooth HC-06.

Chaque fois qu'un objet est placé sur l'interface, l'application envoie un code personnalisable par l'utilisateur via la connexion Bluetooth.

Cette application est extrêmement conviviale et permet de créer rapidement des interfaces sans avoir besoin de connaissances en Java, le langage de programmation utilisé pour coder les applications Androïde.

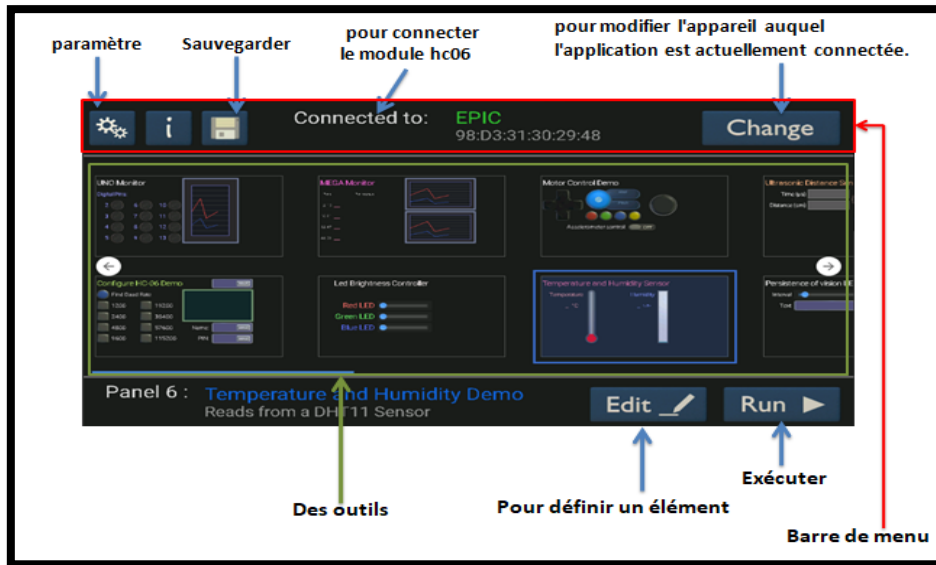


Figure II.23: l'interface de l'application Bluetooth Electronics

II.5.CONCLUSION :

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les logiciels utilisés ainsi que les composants essentiels pour démarrer notre projet. Nous avons montré ces composants et expliqué leur fonctionnement, ce qui nous permettra d'aborder le chapitre suivant.

Chapitre III : Réalisation Pratique et Résultats

III.1. INTRODUCTION :

Pour mener à bien notre projet et contrôler l'installation décrite dans le chapitre précédent, il est crucial de développer un programme qui gère les différentes étapes du processus. Ce programme sera responsable de la liaison, de la coordination et de la compatibilité des composants dans leurs fonctions respectives, tout en supervisant les différentes étapes du processus. Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur la programmation et la supervision du processus, en détaillant tout le travail accompli jusqu'à présent. Nous présenterons les différents blocs de programme et les variables utilisées, ainsi que les interfaces spécifiquement conçues pour la supervision. Une fois que nous aurons examiné tous les composants de notre bras manipulateur (mécanique et logiciel), nous mettrons en œuvre les programmes en utilisant le logiciel Arduino, qui est spécialement conçu pour la conception de programmes destinés à la commande de notre robot.

III.2. Le principe de fonctionnement global :

La figure suivante présente une vue globale sur les différentes parties du projet avec diverses connexions possibles entre ces composants:

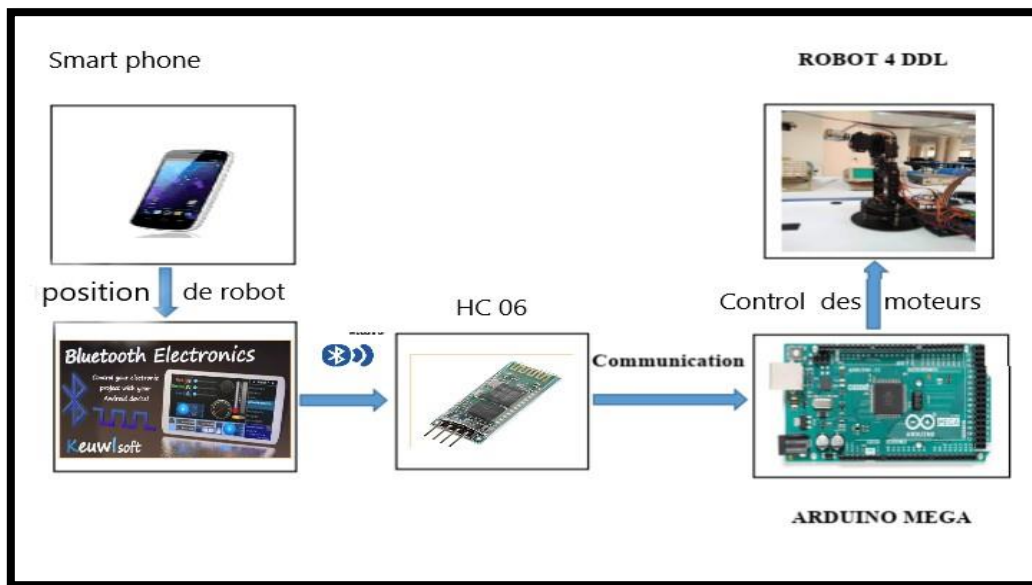


Figure III. 1: Schéma synoptique expliquant les différentes parties du projet.

III.2.1. Bluetooth Electronics :

On va commencer par créer l'application mobile en utilisant l'application électronique Bluetooth, on crée une interface utilisateur simple qui permet de contrôler les mouvements du bras robotique en utilisant les boutons ou les curseurs.

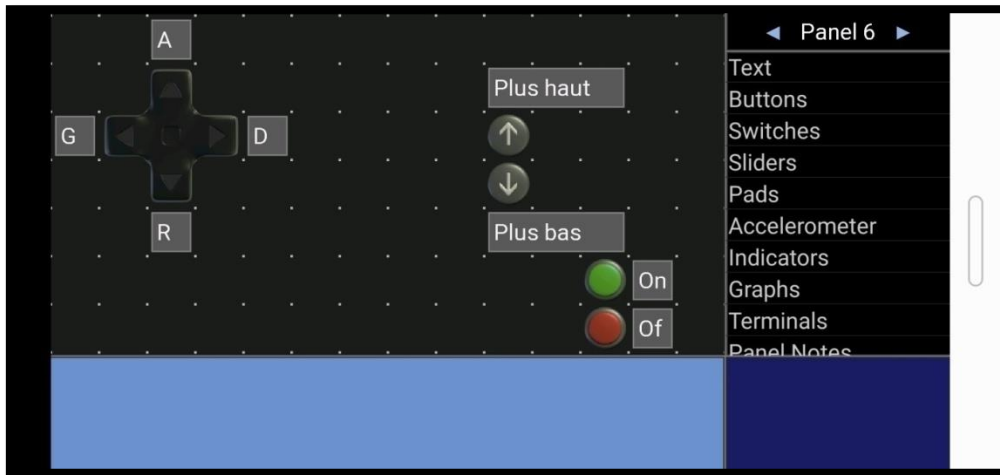


Figure III.2: l'interface graphique utilisée pour notre projet.

III.2.2 communication Bluetooth :

Pour communiquer la carte ARDUINO par liaison Bluetooth en utilisant un module hc06. Cela nous permet de connecter la carte ARDUINO à Smartphone afin d'envoyer et de recevoir des données. La communication par Bluetooth permet de piloter notre robot via une application Smartphone.

III.2.2 .1 Branchement le module Bluetooth HC-06 ARDUINO :

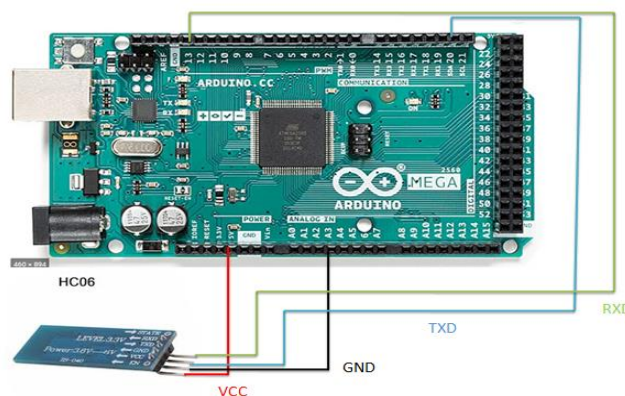


Figure III. 3: Les interconnexions Arduino - HC-06.

III.1.2 .2. Branchement shields, carte Arduino Méga et les servomoteurs

La figure suivante présente le Branchement shields avec les servomoteurs et la carte Arduino Méga.

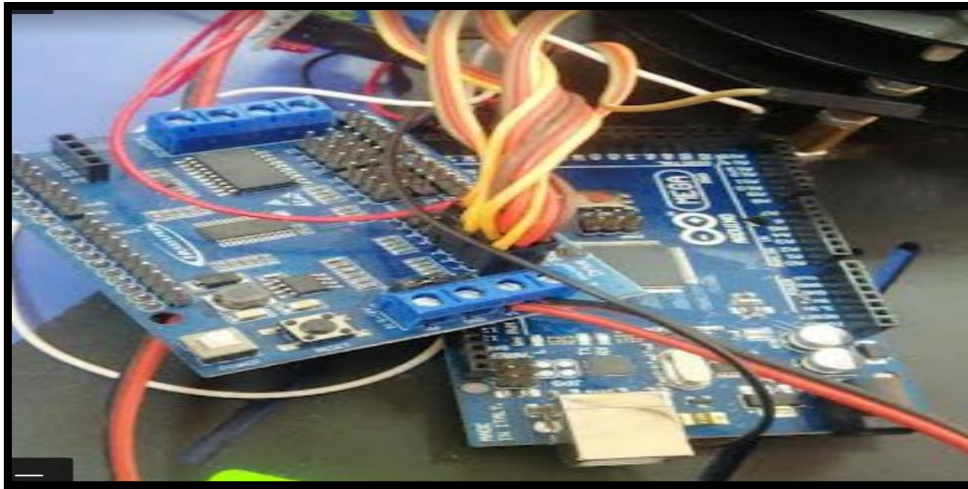


Figure III. 4: Branchement shields avec les servomoteurs du robot.

III.3. L'ORGANIGRAMME GENERAL DE NOTRE PROJET :

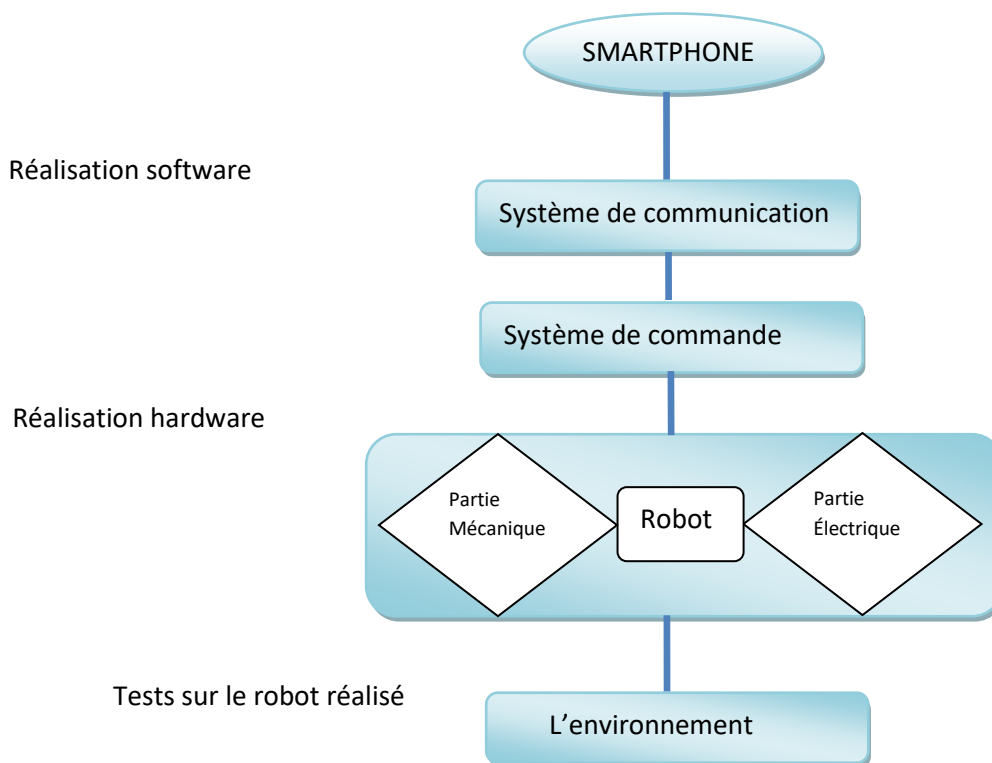


Figure III. 5 : Principe de fonctionnement global de notre Projet

III.4. LA Partie de programmation :

III.4.1. l'organigramme de programme réalisé :

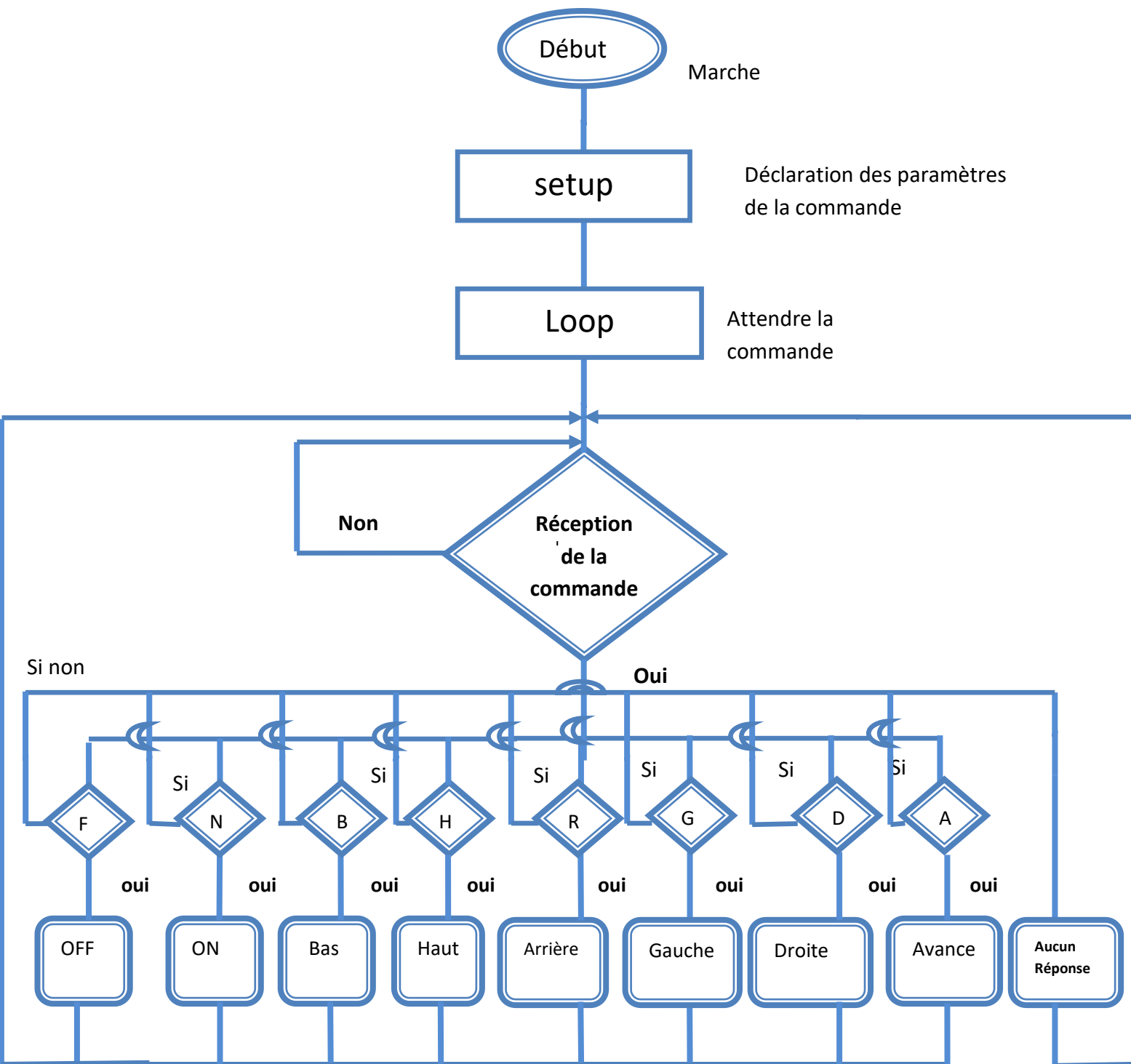


Figure III.6 : Organigramme descriptif de fonctionnement

III.5. Description de la réalisation de notre bras manipulateur :

III.5.1. Elaboration de prototype :

Ce schéma a pour objectif de faciliter la compréhension pratique du fonctionnement du robot manipulateur que nous souhaitons réaliser :

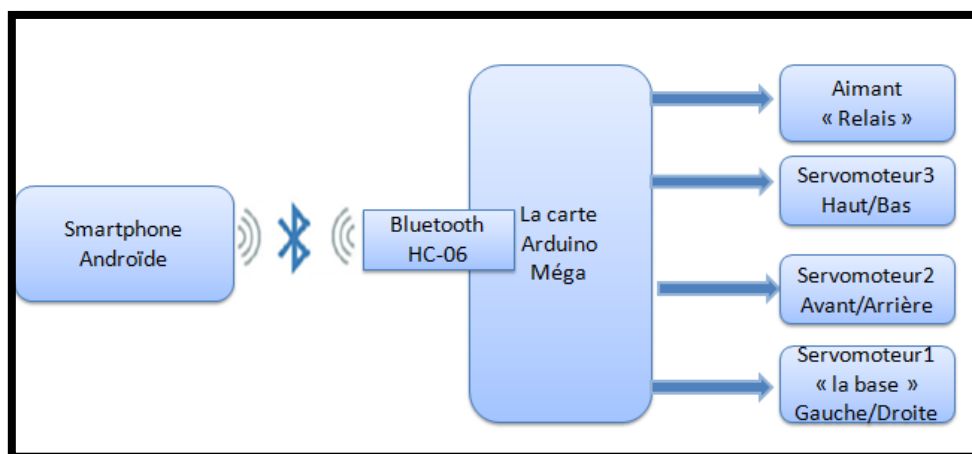


Figure III. 7 : Principe de fonctionnement de notre projet.



Figure III. 8 : photo réelle de notre bras projet.



Figure III.9 : Notre bras manipulateur dans leur état initial.

Le bras manipulateur dans sa position initiale, en attente de commande, présente une aura de calme et de prêt. Ses articulations sont soigneusement alignées, prêtes à se mouvoir

avec précision et puissance. Dans cette posture, il dégage une certaine anticipation, prêt à se mettre en action pour exécuter les instructions qui lui seront données. C'est une véritable démonstration de la combinaison entre la puissance mécanique et le potentiel d'intelligence qui réside en lui. À cet instant, le bras manipulateur incarne la promesse de réaliser des tâches complexes avec une efficacité remarquable et une précision sans faille.

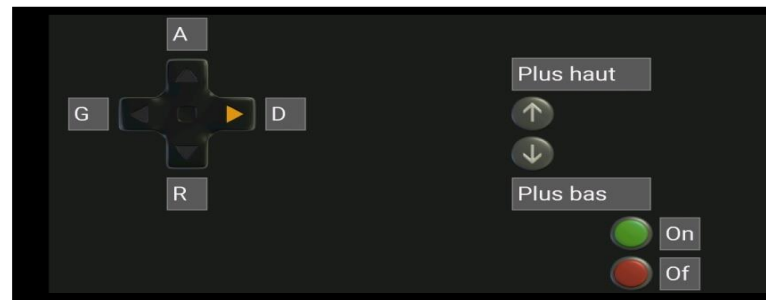


Figure III.10 : L'interface graphique du pilotage de notre bras manipulateur.

La commande de notre bras manipulateur, via une application Bluetooth électronique, ouvre un monde de connectivité et de contrôle intuitif. Grâce à cette technologie sans fil, nous pouvons interagir avec le bras manipulateur de manière pratique et efficace. L'application offre une interface conviviale qui nous permet de programmer des séquences de mouvements, ajuster la vitesse et la précision, ainsi que d'effectuer des tâches spécifiques à distance. C'est une fusion harmonieuse entre l'électronique et la robotique, offrant une flexibilité et une commodité inégalée. La commande de notre bras manipulateur via une application Bluetooth électronique nous ouvre un monde de possibilités de contrôle intuitif et flexible.



Figure III.11 : Notre bras manipulateur avec une commande **Avancer** pour obtenir la pièce.

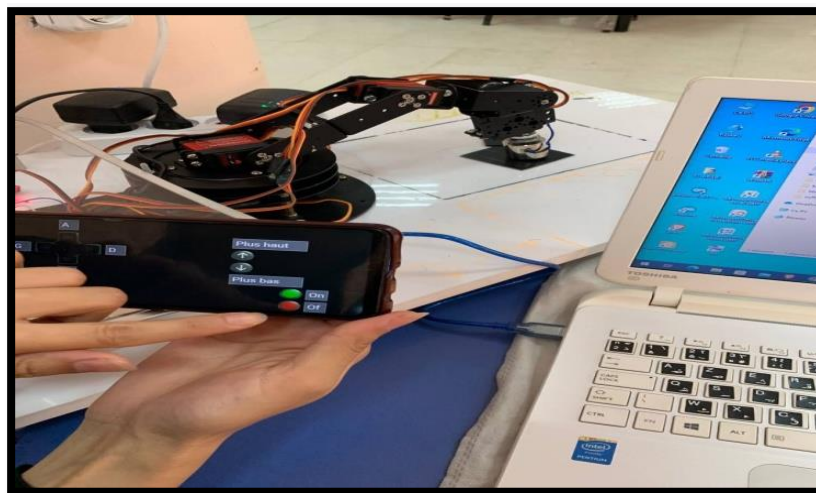


Figure III.12 : Notre bras manipulateur avec la commande **saisir** la pièce.



Figure III.13 : Notre bras manipulateur dans l'état de **déplacement** de la pièce..



Figure III.14 : Déplacement du bras manipulateur.

La figure III.14 représente Le bras se déplace tout en portant la pièce, car il nous permet d'aller à l'endroit que nous voulons et celui où nous menons.



Figure III.15 : Le bras manipulateur quitte la pièce.

En utilisant l'électroaimant, le bras manipulateur peut attirer et saisir des objets métalliques sur son passage.

III.6. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail les multiples aspects (hardware et software) liés à la réalisation de notre projet, en mettant l'accent sur le matériel et le logiciel utilisés. Nous avons également étudié les divers composants constituant notre bras, ainsi que les techniques de commande utilisées pour manipuler le bras manipulateur. Dans notre approche, nous avons choisi d'utiliser un ARDUINO MEGA comme moyen de contrôle des articulations via une application Bluetooth.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

Dans ce projet, nous avons présenté et réussi à concevoir et à réaliser un bras manipulateur à cinq degrés de liberté, que nous avons contrôlé à l'aide d'une carte Arduino Mega.

Dans le premier chapitre de notre travail, nous avons introduit les différents types de robots manipulateurs tels que les robots sacra et articulés..., en détaillant leurs caractéristiques distinctives. Notre étude se concentre spécifiquement sur le manipulateur articulé, Nous avons également abordé le modèle géométrique direct dans le contexte de la commande du bras manipulateur. Ce modèle sera pris en compte pour la planification et le contrôle des mouvements du bras.

Dans le deuxième chapitre, nous avons abordé la conception des aspects matériels et logiciels de notre étude. Nous avons défini en détail le matériel nécessaire ainsi que les logiciels(hardware et software)qui seront utilisés dans notre projet.

Dans le dernier chapitre, nous avons exposé le logiciel développé pour la commande de ce système.

Ce projet nous a offert l'opportunité d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques, de renforcer nos compétences à divers niveaux, et de mettre en pratique la gestion de projet.

Enfin, nous aspirons à ce que notre travail constitue une solution améliorée pour la problématique abordée, et qu'il serve de fondement solide pour notre future carrière professionnelle. Nous espérons également qu'il apportera des bénéfices significatifs aux promotions à venir.

Bibliographies

BIBLIOGRAPHIES:

- [1] Y. BAAZIZI, N. MEROUANE, "Modélisation et Commande d'un Robot Industriel de Type SCARA à Trois degrés de Liberté", Ecole Supérieure des Sciences Appliquées Alger Binôme N° : 18/Mémoire Master/2020.
- [2] N.BENDALI, "Généralités sur les robots manipulateurs", These de Doctorat, Université SAAD DAHLAB ,BLIDA ,2018.
- [3] L. Matignon, "Introduction a la robotique" Cours Licence 1 ère années, Université de Caen, France, pp. 1–61, 2012.
- [4] A. BOUABDALLAH, "Réalisation et Commande à Distance d'un Robot Mobile Type Voiture avec Evitement d'Obstacle par Arduino", Université de Biskra, Mémoire Master, 2022.
- [5] M.CHAAL, "Modélisation cinématique d'un robot manipulateur à chaîne continue ouverte." , Mémoire Master , Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.
- [6] M. Ben Amoud, "Conception et réalisation d'un bras manipulateur avec degrés de liberté commandé par la carte arduino UNO." , Mémoire Master , University of M'sila, 2022.
- [7] HAMIDI, Mokhlis, Diwane, Hassan, "Analyse Cinématique pour manipulateurs SCARA à 4d. dl", Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, 2022.
- [8] R. SAADI , N. SALHI, "Réalisation de carte à microcontrôleur pour le contrôle de bras manipulateur via un pc." , Mémoire Master, Université Mohamed Khider Biskra, 2010.
- [9] www.interface-z.com, version 01/03/2004
- [10] A. BOUGHELLABA , I. CHEBBOUT, "Réalisation d'un bras manipulateur commandé par une carte Arduino." , Mémoire Master, Université Ghardaia, 2018.
- [11] A. E. DJOKHRAB, "Planification et Optimisation de Trajectoire d'un Robot Manipulateur à 6 DDL par des Techniques Neuro-Floues." , Mémoire Master, Université Mohamed Khider-Biskra, 2015.
- [12] S.lamri, A.Mohammedi, "Modélisation d'un système UAV de type Quadrotor hybride" , Mémoire Master, Ecole supérieure en sciences appliquée, Tlemcen, 2020.
- [13] A. Moussaoui, "Conception et réalisation d'un bras manipulateur commandé par l'Arduino Méga 2560," Mémoire, Fac. des Sci. l'ingénieur, Département Génie Mécanique, Mémoire Master, Université Mohamed Bougara Boumerdes, 2017.
- [14] les robots industriels, Bahloul, "la commande des robots manipulateurs industriels en co-manipulation robotique" Thèse Doctorat, Université Paris Sclay (com UA), 2018.
- [15] D. Etienne, *Analyse et modélisation des robots manipulateurs (Traité IC2, série systèmes automatisés)*. Lavoisier, 2001.

Bibliographies

[16] D. Chablat, P. Wenger, “Séparation des solutions aux modèles géométriques direct et inverse pour les manipulateurs pleinement parallèles,” *Mech. Mach. Theory*, vol. 36, no. 6, pp. 763–783, 2001.

[17] A.ZEMOURI, A.BAKHTI, ” LA COMMANDE D ’ UN ROBOT MANIPULATEUR À BASE D ’ UNE CAMÉRA ARDUINO”, Mémoire Master, Université Msila,2022.

[18] Z. , F. ,”Réalisation d’un module de distribution d’énergie à base d’une carte Arduino méga 2560” Mémoire Master, Université Moloude Meameri Tiziouzou,2017.

[19] Yi ZHANG, ”Modélisation et simulation numérique robuste de l’endommagement ductile ”, de l’Université de recherche Paris Sciences et Letters PSL Research University. Préparée à MINES ParisTech,2017.

[20] B.Bouderhem , M.Salhi, ”conception et réalisation d’un hacheur Boost MPPT à base d’une carte Arduino application PV”, Mémoire Master,Université Kasdi Merbah Ouargla,2017.

[21] A.SADOUDI, F. DOUMA, “Conception et réalisation d’un bras Robot manipulateur piloté par application Android,”, Mémoire Master,Université Yahia Fares de Medea, 2020.

[22] S. Mezzah, N. Saadi, “Réalisation d’une maquette didactique de robotique et Arduino.” , Mémoire Master,Université Abderrahmane Mira, 2017.