**République Algérienne Démocratique et Populaire**
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**
**Université YAHIA FARES de Médéa**

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département du Génie Mécanique

**Mémoire De Fin D'étude**

Spécialité : Mécatronique

---

# THEME :

# Commande d'un bras manipulateur à 3 degrés de liberté par une carte arduino méga (Conception et réalisation)

---

**Réalisé par :**

- **Nechachda ahmed dhia eddine**
- **Tougari Rabah**

**Dirigé par :**

**- Mr. Abudura Salam**

**Promotion Juin 2021**

# Remerciments

***De par le nom de Dieu tout miséricordieux et tout compatissant.***

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant, de nous avoir armés de courage, de patience et santé pour y parvenir au bout de ce modeste travail. Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Monsieur Abudura Salam pour nous avoir encadré durant notre projet de fin d'études et nous conseillé tout le long de notre travail.

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptent d'évaluer notre projet. Nous présentons enfin, notre profonde gratitude à notre famille, ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près à réaliser ce travail.



# Dédicaces

C’est avec profonde gratitude que je dédie cet humble travail :

A ma famille, aucune dédicace ne saura exprimer ma reconnaissance pour tout ce qu’ils ont fait pour moi, pour les valeurs qu’ils m’ont inculqué, je dédie particulièrement ce modeste travail à ma très chers maman sans elle je ne serais pas là, pour son soutien et ses conseils judicieux qui m’ont éclairez le chemin, que dieu les protège tous pour moi.

A tous mes amis, mes collègues et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail.

*Àhmed Dhia Eddine*





# Dédicaces

C’est avec profonde gratitude que je dédie cet humble travail :

A ma famille, aucune dédicace ne saura exprimer ma reconnaissance pour tout ce qu’ils ont fait pour moi, pour les valeurs qu’ils m’ont inculqué, je dédie particulièrement ce modeste travail à ma très chers maman sans elle je ne serais pas là, pour son soutien et ses conseils judicieux qui m’ont éclairez le chemin, que dieu les protège tous pour moi.

A tous mes amis, mes collègues et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réaliser ce travail.



*RaBeh*

# Résumé

## Sommaire

**Remerciement**

**Dédicaces**

**Résumé**

**Liste des Tableaux**

**Liste des Figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale** ..... 1

# Chapitre I: Généralité sur la robotique

**Introduction** : ..... 3

**I.1.Définitions** : ..... 4

**I.1.1.Définition d'un automate** : ..... 4

**I.1.2.Définition de robot :** ..... 4

**I.1.2.1.Boucle de décision :** ..... 4

**I.1.3.Définition de robotique :** ..... 5

**I.1.3.1.Différents domaines d'application de la robotique actuelle.** ..... 5

**I.2.Une brève histoire des robots :** ..... 6

**I.2.1.Naissance de la robotique** ..... 6

**I.2.2.Les robots de première génération** ..... 7

**I.2.3.Des machines plus intelligentes : la 2e génération** ..... 8

**I.2.4.La troisième génération : les robots autonomes** ..... 8

**I.2.5.Les générations futures de robots** ..... 9

**I.3.Les composants d'un système robotique :** ..... 10

**I.4.Les Capteurs** ..... 11

**I.5.Quelque typesdes robots :** ..... 11

**I.5.2.robots mobiles :** ..... 12

**Fig.I.4.Robot mobile** ..... 12

**I.6.le robot dans l'industrie :** ..... 12

**I.6.1.bras manipulateur** ..... 12

**I.6.2.le rôle de la robotique industrielle** ..... 13

Quel est le rôle de la robotique industrielle? ..... 13

**I.6.3.Application de la robotique industrielle** ..... 14

**Conclusion :** ..... 17

# Chapitre II: Conception et réalisation du bras manipulateur

**Introduction** ..... 19
**II. Description de la partie mécanique du bras manipulateur :** ..... 20
**II.1.Partie hardware :** ..... 20
**II.1.1La structure mécanique du bras :** ..... 20
**II.1.2.Matériel utilise :** ..... 23
**II.1.2.1.Description et définition de l'Arduino MEGA :** ..... 24
**II.1.2.2.Les actionneurs (servomoteurs)** ..... 26
**II.1.2.3.Caractéristique de chaque servomoteur** ..... 27
**II.1.2.4.Fonctionnement d'un servomoteur standard** ..... 28
**II.1.2.5.Les fils de connexion** ..... 29
**II.1.2.6.bouton poussoir :** ..... 29
**II.1.2.7.Potentiomètre :** ..... 30
**II.1.2.8.KY-032 Capteur d'obstacles IR :** ..... 30
**II.2.Partie Software :** ..... 31
**II.2.1.Présentation du logiciel :** ..... 31
**Conclusion :** ..... 33

# Chapitre III: Modélisation et commande du bras manipulateur

**Introduction :** ..... 35
**III.1.organigramme de notre bras :** ..... 36
**III.1.1.Fonction record :** ..... 37
**III.1.2 Fonction running** ..... 38
**III.2. Schéma électrique** ..... 39
**III.3. Schéma synoptique** ..... 40
**III.3.1.positions limites des servomoteurs :** ..... 40
**III.4.l'organigramme de notre projet** ..... 41
**III.5.LA Partie de programmation :** ..... 42
**III.5.1.le programme arduino :** ..... 42
**Conclusion :** ..... 46
**Conclusion général** ..... 47
**Conclusion général :** ..... 48
**Référence bibliographique** ..... 49
**Références bibliographiques** ..... 50

# Résumé


## ملخص

لقد قمنا في هذا العمل فيسبيل إعداد مذكرة للتخرج تحت عنوان و موضوع بحث يقوم على إعداد نموذج لروبوت مناور ذو ثلاثة درجات للحرية. يعتمد هذا الروبوت على خاصيته في التحرك السلس و السليم و بنيته المدروسة و المهيئة و كذا يقوم بواسطة محركات سرفوموتور بالتحرك في جميع الإتجاهات للحصول على المنطقة المرجوة و يتحكم بهذا الروبوت بطاقة أردوينو .



**الكلمات المفتاحية** :

أردوينو، سرفوموتور، روبوت ، الكتف، القاعدة

## Résumé

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude et à la réalisation du prototype d'un bras manipulateur à 3 dégrée de liberté c'est une structure mécanique articulée, actionnée par des servomoteurs et commandée par la carte Arduino.



**Mots clés :**

Arduino ,Servomoteur, Bras manipulateur, épaule , base.

# Résumé


## Abstract

In thiswork, we are interested in the study and realization of the prototype of a manipulator arm with 3degrees of freedom. It is an articulatedmechanical structure, actuated by servomotors and controlled by the Arduinoboard



## Key words :

Robotic arm, servomotor, manipulateur arm,shoulder, based

# Liste des tableaux


| Tableaux | N°page |
|---|---|
| Tab.**III.**1. **positions limites des servomoteurs** | |
| **Tab.II.9.Caractéristique de chaque servomoteur** | |
| **Tab.II.1.Synthèse des caractéristiques** | |

# Table des Figures


| Figures | N°page |
|---|---|
| Fig.I.1.Boucle de décision | |
| Fig.I.2.Structure fonctionnelle d'un robot | |
| Fig.I.3.robot intégré en environnement propre | |
| Fig.I.4.Robot mobile | |
| Fig.I.4.bras manipulateur simulé par le logiciels soliddeworks | |
| Fig.I.5.COVID-19-role-robots-face-crise-sanitaire | |
| Fig.I.6.Le robot industriel | |
| Fig.I.7.Robots à bras articulé assurant des tâches de manipulation flexibleset un traitement précis des pièces | |
| Fig.I.8.Supervision de robots via internet | |
| Fig.II.1.La partie mécanique de notre bras | |
| Fig.II.2.La base du bras | |
| Fig.II.3.L'épaule | |
| Fig.II.4.Le coude | |
| Fig.II.5. La pincète | |
| Fig.II.6.la partie électronique dans la conception de notre bras | |
| Fig.II.7.La carte arduino méga | |
| Fig.II.8.La carte arduino dans notre projet | |
| Tab.II.1.Synthèse des caractéristiques | |
| Fig.II.8.Servomoteurs | |
| Fig.II.10.Les Trois Files. | |
| Tab.II.11.Montage électrique. | |
| Fig.II.12.Synoptique de fonctionnement servomoteur. | |
| Fig.II.13.Les fils de connexion | |
| Fig.II.14.figure bouton poussoir | |
| Fig.II.15.figure potentiomètre | |
| Fig.II.16.KY-032 Capteur d'obstacles IR | |
| Fig.II.17.Arduino logiciel | |
| Fig.II.18.Description de logiciel Arduino | |
| Fig.III.1.Le Schéma synoptique de notre projet | |
| Fig.III.2.Schématisation de l'organigramme. | |
| Fig.III.3.Bras manipulateur et sa carte de commande | |
| Fig.III.4.La partie commande de bras | |

## Liste des abréviations :

| Abréviation | Signification |
|---|---|
| AFRI | Association Française de Robotique Industrielle |
| ddl | degrés de liberté |
| ISO | International Standard Organization |
| USB | universal serial bus |
| AFNOR | association française de normalisation |

# Introduction Générale

## Introduction générale

La robotique est l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques ou de robots donc c'est une discipline a marqué l'évolution du monde technologique. L'avènement des robots dans l'industrie a permis de soulagerl'homme des travaux répétitifs et difficiles tels que : le déplacement d'objets lourds, les taches d'assemblages, les microsoudures… etc.

Le robot industriel est une machine capable d'effectuer des tâches dès lors que l'on manipule sa programmation. Trois composants le caractérisent : une partie mécanique, une autre électronique, faite de capteurs dans le système de commande, et la dernière informatique qui permet de le relier à l'utilisateur et à son environnement. Ils sont utilisés pour de nombreuses missions dans le secteur industriel : assemblage, conditionnement, inspections en zones sensibles, découpe laser, vérifications de pièces. Selon leur niveau de technicité, ils sont plus ou moins multitâches.

Dans ce travail de mémoire, nous nous sommes intéressés aux robots manipulateurs pour des applications en robotique industrielle .L'objectif de notre travail est de réaliser et commander un bras manipulateur à 3 degrés de liberté en développant une carte de commande autour d'une carte Arduino.

# Chapitre I

# Généralité sur la robotique

## Introduction :

Il s'agit d'un terme facile à définir, mais dont la réelle portée est souvent difficile à appréhender. La robotique désigne l'ensemble des techniques mises au point et exécutées pour fabriquer des robots. Derrière cette signification se cachent des possibilités infinies et un grand, un très grand éventail de champs d'application.

La robotique regroupe par conséquent toutes les techniques développées pour créer ces machines réelles ou virtuelles. Dans le domaine industriel, la robotique produit des automates réalisant des fonctions précises sur des chaînes de montage. La robotique produit aussi des engins capables de se mouvoir dans différents milieux : dangereux (pollués, radioactifs...), aérien, sous-marins, spatiaux... Outre l'industrie, la robotique concerne ainsi aujourd'hui la recherche scientifique, l'exploration spatiale et les activités de défense militaire ou de maintien de l'ordre. Elle intéresse également le secteur médical, pour les prothèses, les assistance aux chirurgiens ou aux infirmiers.

Dans ce chapitre, nous donnons un bref définition sur l'évolution de la robotique industrielle et un aperçu non exhaustif sur les robots.

## I.1.Définitions :

### I.1.1.Définition d'un automate :

Un automate est une machine programmée pour effectuer une tache précise dans un environnement donné.

### I.1.2.Définition de robot :

Un robot est un automate doté de capteurs et d'effecteurs lui donnant une capacité d'adaptation et de déplacement proche de l'autonomie. Un robot est un agent physique réalisant des taches dans l'environnement dans lequel il évolue.

#### I.1.2.1.Boucle de décision :

Un robot est capable d'extraire de l'information à partir de son environnement et d'utiliser ses connaissances pour décider comment agir. Un robot est équipé de capteurs et d'effecteurs.

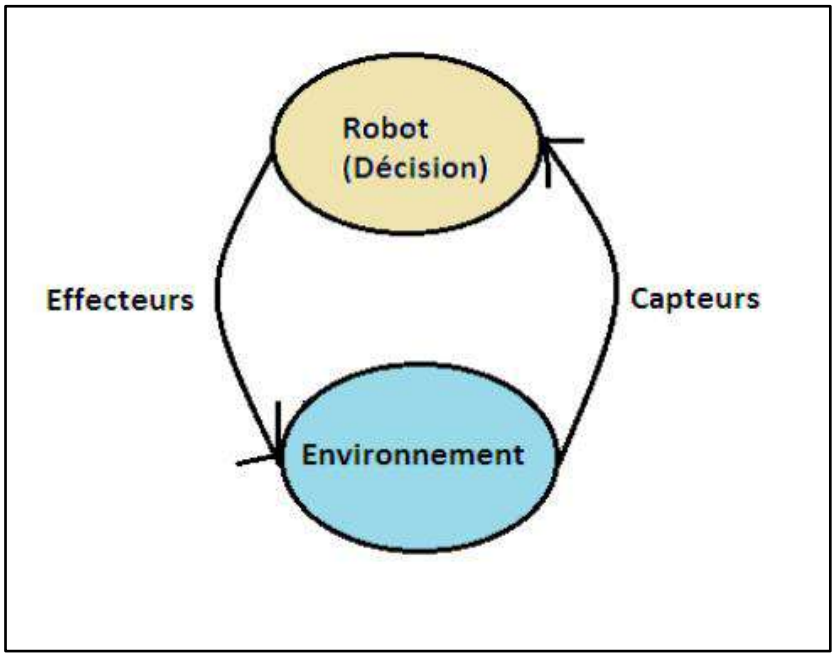



**Fig.I.1.Boucle de décision**

D'après l'association Française de Normalisation (AFNOR) : « Un robot est un manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent, à plusieurs degrés de libertés, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des dispositifs spécialisés, au cours du mouvements variables et programmés pour l'exécution

d'une variété de tâches. Il a souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances ».Aujourd'hui, il existe plusieurs types de robots conçus pour des tâches bien spécifiques.

Dans cette définition, on retrouve les différentes composantes d'une cellule robotisée :

- Le mécanisme : ayant une structure plus ou moins proche de celle du bras humain, il permet de remplacer ou de prolonger son action. Sa motorisation est réalisée par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques qui transmettent leurs mouvements aux articulations par des systèmes appropriés.

- La perception : qui 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, mesure de distance ).
- La commande : qui synthétise les consignes des asservissements pilotant les actionneurs. A partir de la fonction de perception et des ordres de l'utilisateur,elle permet d'engendrer les actions de robot.

L'interface homme-machine à travers laquelle l'utilisateur programme les tâches que le robot doit exécuter.
- Le poste de travail et les dispositifs qui constituent l'environnement dans lequel évolue le robot.

### I.1.3.Définition de robotique :

La robotique est l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de machines automatiques ou de robots.

#### I.1.3.1.Différents domaines d'application de la robotique actuelle.

- L'industrie. Le but premier des **robots** est de remplacer l'homme dans des activités fastidieuses ou onéreuses pour l'employeur. ...
- Le domaine militaire. ...
- La santé. ...
- Utilisation civile. ...
- L'usage domestique.

## I.2.Une brève histoire des robots :

### I.2.1.Naissance de la robotique

La transition entre les automates et les robots va devenir possible grâce à George Boole. Ce professeur du Queen'sCollege de Cork (Irlande) établit en 1854 le système d'algèbre booléenne, fait de zéro et de un, qui permettra un siècle plus tard l'apparition du premier ordinateur.

Le premier à employer le terme robot est Karel Capek, écrivain et dramaturge tchèque du XXème siècle. Il utilisa le terme robot dans sa pièce de science-fiction *Rossumoviuniverzálníroboti* (RUR) écrite en 1920. Il inventa le mot robot à partir du mot «*rabota*» qui signifie «corvée» en slave ancien. De nos jours encore, le mot «*robotnik*» est utilisé en slovaque et polonais pour désigner l'ouvrier. Il faut noter que dans la pièce de Capek, le terme robot désigne un cyborg, c'est-à-dire un être bionique fait à la fois de parties organiques et artificielles, et non pas une créature mécanique.

Enfin, le terme de « robotique » fit sa première apparition dans la nouvelle *Liar* d'Isaac Asimov, publiée en 1941, où le célèbre auteur essaye de trouver les limites des trois lois de la robotique qu'il a lui-même créées.

C'est précisément dans les années 1940 que l'arrivée de l'électronique puis de l'ordinateur vont bouleverser l'évolution de la robotique. Dès 1936, Alan M. Turing énonce le principe de «machine à penser» dans un article intitulé On Computable Numbers, où il décrit un système capable de traiter un très grand volume d'informations à une vitesse vertigineuse. De nombreux mathématiciens et informaticiens vont approfondir la question et en 1956, un professeur de l'université de Carnegie Mellon (Pittsburgh), Herbert Simon, conçoit un programme informatique capable de résoudre des théorèmes mathématiques simples. C'est la première fois qu'un système non vivant parvient à simuler un raisonnement logique, marquant ainsi les débuts de l'intelligence artificielle. Allen Newell l'épaulera dans ses travaux d'élaboration de programmes capables de modéliser les activités intellectuelles humaines, notamment grâce à des mécanismes issus de la psychologie.

Parallèlement, des groupes de réflexion se constituent dans le monde entier et donnent naissance à des rencontres scientifiques entre 1942 et 1953 : les conférences de Macy. A intervalles réguliers, mathématiciens, logiciens, anthropologues, psychologues et économistes se rencontrent à New York pour définir les contours d'une science étudiant les mécanismes de

l'esprit humain. De ces congrès naîtra la cybernétique, fondée par un professeur du MIT de Boston, Norbert Wiener, dans son ouvrage *Cybernetic, or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cette discipline, définie comme étant la «science générale de la régulation et des communications dans les systèmes naturels et artificiels», a pour objectif l'étude du contrôle automatique des machines.

La cybernétique permet de comprendre les mécanismes sous-jacents à l'exécution d'une tâche. William Grey Walter applique cette théorie à une machine autonome pour étudier les comportements des animaux. Il fabrique Elsie et Elmer, deux tortues mobiles, capables de se déplacer de manière autonome et de se repérer grâce au son et à la lumière par le biais de capteurs photoélectriques.

### I.2.2.Les robots de première génération

L'usage de l'intelligence artificielle se démocratise peu à peu et le premier secteur à bénéficier de ces avancées technologiques est l'industrie. Energétique tout d'abord, avec le bras téléopéré du français Georges Goertz pour le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) ; puis automobile, lorsqu'en 1962, la General Motors acquiert le premier robot industriel de l'histoire dans son usine du New Jersey. L'Unimate 001 (abréviation de Universal Automation) est un bras mécanique inventé par Georges Devol et Joseph F. Engelberger. Cet outil, de près de deux tonnes et programmé à partir de quelques lignes de code, permettait de déplacer des pièces métalliques lourdes issues de machines de moulage sous pression.

À partir de cette date et jusqu'aux années 1980, la course à la robotique industrielle va se mettre en place aux Etats-Unis. Les laboratoires de recherche du MIT et de Stanford s'y mettent eux aussi et développent leurs versions du bras articulé. Des entreprises de robotique spécialisées dans les peintures ou les opérations de soudage se créent également : American Machine and Foundry (AMF), Tralfa, Vicarm…

La concurrence asiatique ne tarde pas à pointer le bout de son nez. Des entreprises nippones comme Kawasaki, épaulées par des politiques d'aide à la filière robotique, commencent à produire en série des bras hydrauliques.

Les Asiatiques à l'inverse des Américains ne se préoccupent pas des débats que suscitent l'avènement des robots et créent dès 1971 une association pour le développement de ces machines qui regroupe quarante-six société membres. L'objectif du gouvernement

japonais est clair : devenir le n°1 mondial de la robotique industrielle des dix prochaines années.

### I.2.3.Des machines plus intelligentes : la 2e génération

Au même moment aux Etats-Unis, la méfiance s'installe. Les machines vont-elles remplacer l'homme ? Ou pire, le dépasser ? Pourraient-elles un jour se retourner contre nous ? Certains philosophes et sociologues comme Gilbert Ryle et Hubert Dreyfus s'opposent à ce genre de théories jugées irréalistes tandis qu'Herbert Simon estime que « dès 1985, les machines seront capables d'accomplir n'importe quel travail qu'un humain puisse effectuer ». En 1966 le film de Stanley Kubrick, *2001 : l'odyssée de l'espace*, n'a pas arrangé les choses. Le public découvre sur grand écran HAL 9000, un ordinateur paranoïaque qui prend le dessus sur les hommes.

Les robots industriels se perfectionnent et gagnent en fiabilité. En revanche, quelles que soient leurs performances, cela reste des machines mono-tâches qui ne s'adaptent pas à leur environnement. C'est justement ce point qu'une branche de la recherche va pouvoir creuser à partir des années 1960. Grâce à la percée des capteurs, l'homme commence à fabriquer des robots mobiles capables de réagir face à une situation donnée (et identifiée dans le programme).

Au début, ces robots ressemblent plutôt à un amas hétérogène de composants assemblés ingénieusement. L'ensemble avance, se dirige dans toutes les directions et détecte ce qui l'entoure grâce à une caméra, un télémètre et des cellules photo-électriques.

Les premières plateformes mobiles expérimentales sont baptisées Beast, Shakey ou Cart. Elles déambulent dans les couloirs des laboratoires de recherche de Stanford ou Johns Hopkins (Baltimore). Elles sont loin d'être des bêtes de course puisqu'il leur faut environ une heure de calcul avant d'effectuer un mouvement.

### I.2.4.La troisième génération : les robots autonomes

Ce n'est qu'au milieu des années 1970 avec l'arrivée des micro-ordinateurs et des micro-processeurs, que les robots vont pouvoir gravir un échelon supplémentaire de l'intelligence artificielle. Les robots embarquent désormais des composants de taille raisonnable sur lesquels tournent des logiciels de plus en plus perfectionnés, grâce notamment à l'apparition de langages spécifiques comme le Robot Basic en 1984.

Les machines à penser savent enfin développer des comportements face à des situations. Plus qu'agir, leurs caméras, capteurs, logiciels et actionneurs leur permettent d'interagir par eux-mêmes, voire, pour les plus avancés d'entre eux, de modifier leur propre programme.

Wabot-1, le premier robot autonome de l'histoire, a été inventé au Japon, à l'université de Waseda. C'est un robot humanoïde, sans grande ressemblance avec un humain, certes, mais il est capable de marcher, de saisir des objets, d'échanger quelques mots en japonais.

C'est dans cette catégorie que les robots actuels se situent. Ils se diffusent dans tous les domaines et il devient difficile de citer un secteur d'activité qui ne fasse pas appel à eux. Leurs performances (contrôle, comportements, précision, autonomie...) s'améliorent avec l'avancée en parallèle des nouvelles technologies. Dernier exemple en date, cette pile à base de graphène, qui surclasse les batteries existantes en termes d'autonomie, temps de recharge et empreinte écologique (elle est biodégradable).

Au fur et à mesure que la société les accepte et que les technologies avancent, nous pouvons entrevoir l'avenir des robots.

### I.2.5.Les générations futures de robots

Sans nous en rendre compte, nous nous déplaçons tous avec un concentré de technologie en poche, nos téléphones mobiles. Il y a là les deux clés de la robotique du futur : miniaturisation et connectivité.

En ce qui concerne la miniaturisation des composants électroniques, cette tendance s'est accélérée ces dernières années grâce à l'avènement des nanotechnologies. On grave désormais les microprocesseurs à une échelle de quelques nanomètres (vingt-deux précisément, pour les Core i3/i5/i7 d'Intel), et des machines d'un nouveau genre devraient faire leur apparition dans le futur : les ordinateurs quantiques. Basée sur les qubits, la mémoire de l'ordinateur ne serait plus constituée uniquement de zéro ou de un, mais de quatre-vingt-onze états distincts. Cette nouvelle génération, plutôt destinée aux chercheurs, aura une capacité de calcul phénoménale.

Un autre point à ne pas négliger du côté des processeurs actuels : l'arrivée des solutions dites open-source, comme la puce Raspberry Pi, l'équivalent d'un ordinateur dans un circuit imprimé de la taille d'une carte de crédit. Pour vingt euros, n'importe qui peut commencer à

programmer un robot. Près de mille unités sont vendues chaque seconde, ce qui laisse présager la naissance de nouvelles vocations chez les jeunes générations.

En termes de connectivité, nous commençons à peine à exploiter les possibilités de l'univers du tout-connecté. Wi-Fi, 4G, WiMax, Bluetooth, RFID, sont les protocoles sur lesquels se basent les objets intelligents de demain. Certains robots exploitent déjà les ressources offertes par les smartphones, commecette main bionique contrôlable à partir d'une application à télécharger sur son mobile ou ce bras robot contrôlé à partir de gestes (vidéo) effectués avec un terminal Android dans les mains.

Avec Internet, notre relation à l'information a complètement bouleversé nos habitudes. En permanence, l'homme est au cœur de l'information et participe à son accroissement. Des robots toujours plus puissants l'aident dans sa recherche de données et on assiste à l'émergence d'un super cerveau omniscient, souvent assimilé au géant Google, qui pourrait, un jour, être implanté dans le corps humain à travers une puce électronique. L'homme du futur sera peut-être celui-là...

Le courant transhumaniste défend l'idée que la technologie s'accélère de façon exponentielle. Pour que l'homme puisse la suivre, il faudra qu'il soit augmenté et passera peut-être par une espèce d'homme artificiel hybride. La prudence est de mise puisque cela reposera avant tout sur les découvertes technologiques des trente années à venir et une réflexion éthique profonde.

## I.3.Les composants d'un système robotique :

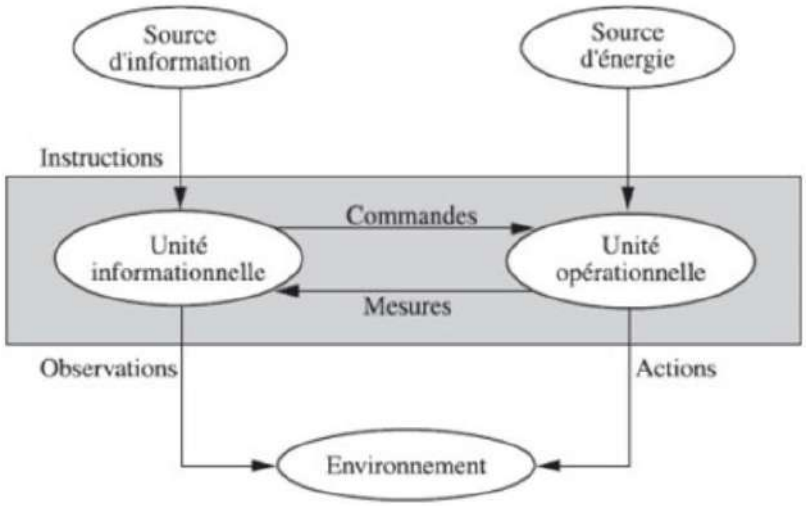



**Fig.I.2.Structure fonctionnelle d'un robot**

## I.4.Les Capteurs

**Définition de Capteurs :** Les robots sont équipés de capteurs leur permettant de percevoir l'environnement dans lequel ils évoluent :

• **proprioceptifs :** mesurent l'état du robot lui-même (capteur de position (GPS), capteur de vitesse, capteur de charge de batteries, ...)

• **extéroceptifs** : renseignent sur l'état de l'environnement (capteur de température, télémètre (RADAR, LIDAR), boussole, détecteur de chaleur/lumière, ...)

## I.5.Quelque typesdes robots :

Les deux grandes catégories de robots sont :

### I.5.1.robots manipulateurs :

robots ancres physiquement à leur place de travail et généralement mis en place pour réaliser une tâche précise ou répétitive.



**Fig.I.3.robot intégré en environnement propre**

### I.5.2.robots mobiles :

robots capables de se déplacer dans un environnement. Ils sont équipés ou non de manipulateurs suivant leur utilisation.



**Fig.I.4.Robot mobile**

## I.6.le robot dans l'industrie :

**Comment fonctionne un robot industriel** ?

Un système robotisé possède trois composantes majeures : Une partie mécanique : le bras en lui-même composé de moteurs à chaque axe. Une partie électronique : l'armoire de commande avec son unité centrale assurant l'asservissement, ses capteurs et variateurs de vitesse.

**Quel est le rôle des robots dans l'industrie ?**

Un **robot est** un outil **industriel** programmé pour effectuer des tâches de façon automatique. Il supplée à l'homme dans **les** tâches dangereuses, génératrices de TMS ou rébarbatives. ... En automatisant votre production, le **robot industriel** vous permet d'augmenter votre productivité et d'améliorer la qualité de vos produits.

### I.6.1.bras manipulateur

**définition du bras manipulateur :** Un **bras manipulateur** est le bras d'un robot généralement programmable, avec des fonctions similaires à un bras humain. Les liens de ce manipulateur sont reliés par des axes permettant, soit du mouvement de rotation (comme dans un robot articulé) ou de translation (linéaire) de déplacement.

Il peut être autonome ou contrôlé manuellement et peut être utilisé pour effectuer une variété de tâches avec une grande précision.

Les bras manipulateurs peuvent être fixes ou mobiles (c'est-à-dire à roues) et peuvent être conçus pour des applications industrielles.

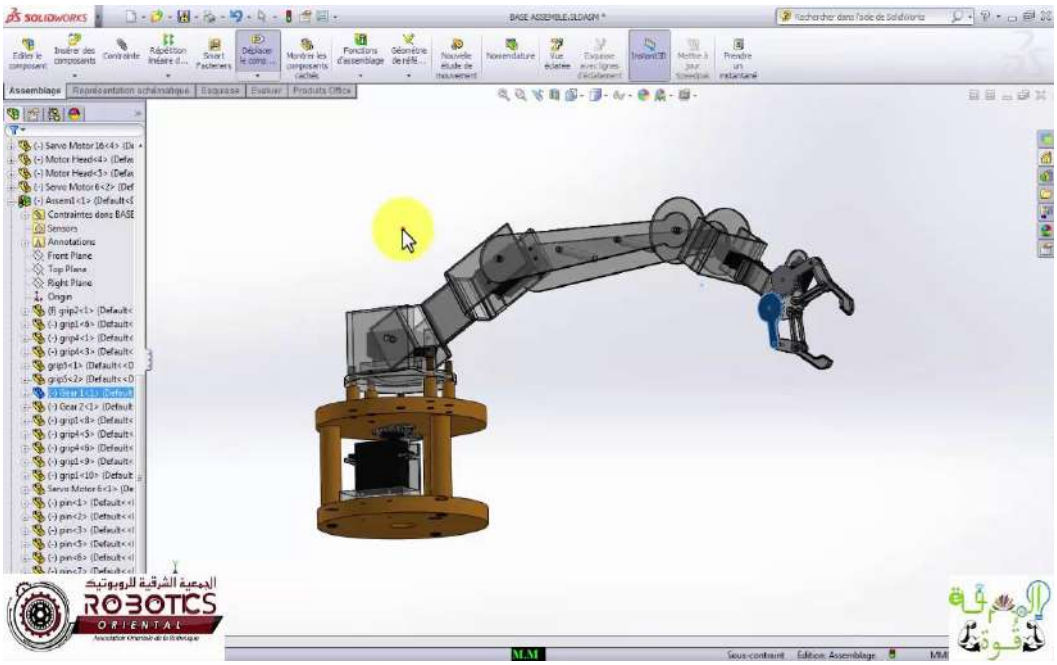



**Fig.I.4.bras manipulateur simulé par le logiciels soliddeworks**

### I.6.2.le rôle de la robotique industrielle

**Quel est le rôle de la robotique industrielle?**

Du moment où les robots industriels sont extrêmement versatiles et peuvent s'adapter à différentes tâches, différentes catégories de robots ont été développés, comme par exemple :

- robots pour l'**assemblage**
- robots pour le **soudage et la peinture**
- robots de **support à l'opérateur**

Ce sont les fonctions principales qui, selon la typologie d'industrie, se déclinent en suite en différentes variantes, pour créer un produit unique pour chaque exigence. Les robots, selon le rôle au sein de l'entreprise, appartiennent à trois niveaux qui prennent en compte la typologie de fabrication à effectuer et l'autonomie :

1. Robots de **premier niveau** : ces robots industriels conçus pour réaliser un seul type de fabrication avec une **extrême rapidité et précision**;

2. Robots de **deuxième niveau** : il s'agit surtout de bras robotiques travaillant avec **plus de flexibilité** car ils s'adaptent aux variations de conditions. Pour ce faire, ils sont généralement dotés de senseurs et de systèmes de vision intégrées, mais ils agissent toujours en respectant une programmation bien spécifique
3. Robots de **troisième niveau** : ces robots qui véritablement arrivent à prendre des **décisions de façon autonome** grâce à des systèmes de **Machine Learning** et d'Intelligence Artificielle.

Pour découvrir la typologie de robot pouvant répondre à vos exigences, parlez-en avec nos experts.

### I.6.3.Application de la robotique industrielle

L'application des robots s'étend à presque chaque secteur, et en particulier s'occupe de :

- industrie lourde
- Automobile
- Aérospatial
- Énergie
- Food &Beverage
- Packaging
- Logistique
- Recherche & Développement




**Fig.I.5.COVID-19-role-robots-face-crise-sanitaire**



**Fig.I.6.Le robot industriel**

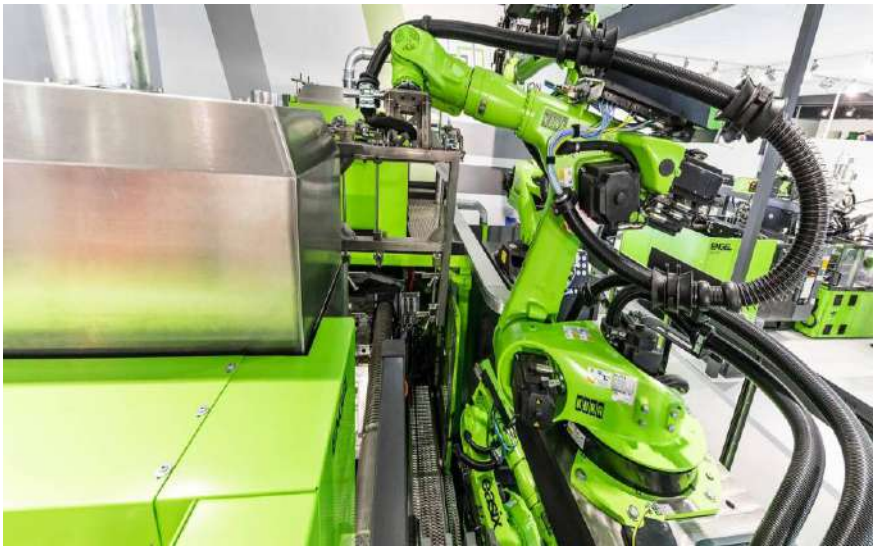


**Fig.I.7.Robots à bras articulé assurant des tâches de manipulation flexibleset un traitement précis des pièces**



**Fig.I.8.Supervision de robots via internet**

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur la robotique : la définition des robots, leurs structures, leurs utilisations, leurs différents types, leurs classifications ainsi que leurs domaines d'application ce qui va nous servir pour la construction de notre bras.

# Chapitre II : Conception et réalisation du bras manipulateur

## Introduction

Un robot est un manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent, à plusieurs degrés de libertés, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils et des dispositifs spécialisés, au cours du mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches. Il a souvent l'apparence d'un ou plusieurs bras se terminant par un poignet. Son unité de commande utilise, notamment un dispositif de mémoire et éventuellement de perception et d'adaptation à l'environnement et aux circonstances. Ces machines polyvalentes sont généralement étudiées pour effectuer la même fonction de façon cyclique et peuvent être adaptées à d'autres fonctions sans modification permanente du matériel. L'objectif de notre travail est de réaliseret commander un bras manipulateur à 3 degrés de liberté en utilisant une carte Arduino méga. Dansce chapitre, on va d'abord décrire la partie mécanique de notre bras manipulateur, puis on vapasser à la modélisation, qui consiste à représenter le schéma synoptique (bloc) et le schéma électrique.

# II. Description de la partie mécanique du bras manipulateur :

## II.1.Partie hardware :

### II.1.1La structure mécanique du bras :

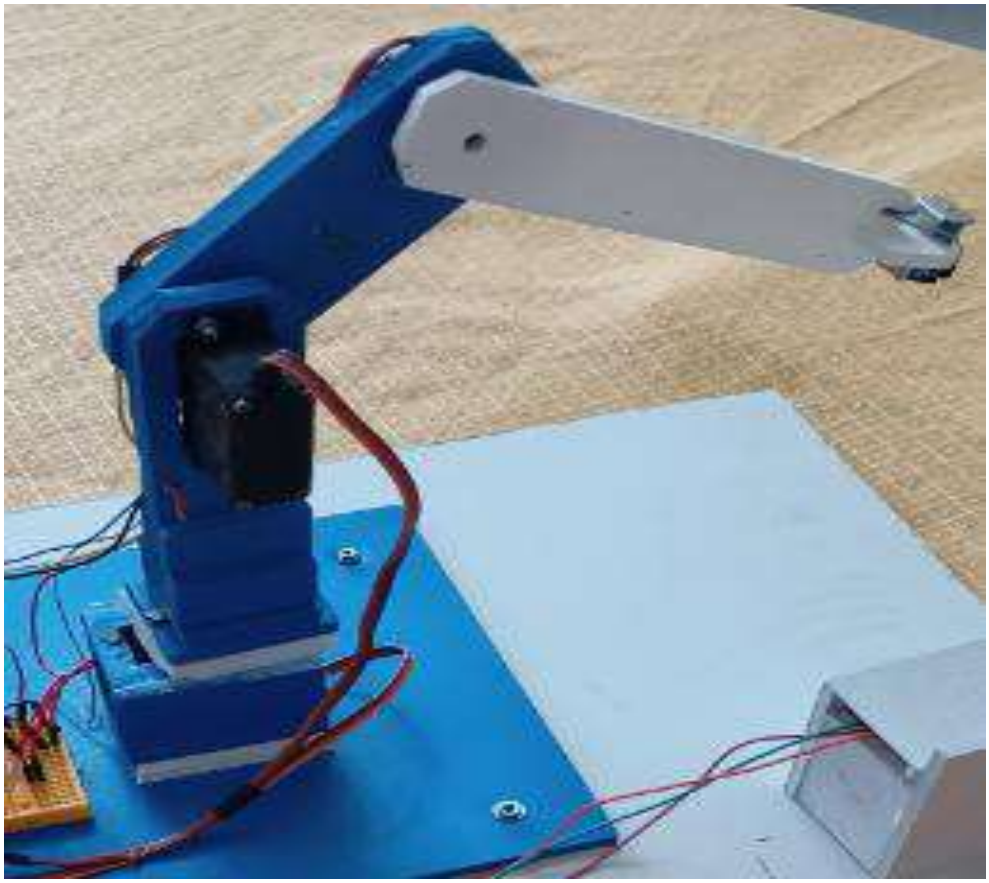


**Fig.II.1.La partie mécanique de notre bras**

**Donc notre bras est composé de :**

- **La base**

La base est le socle fixe du bras, elle contient un servomoteur qui permet la rotation du bras de 0° à 180°.Lorsque nous avons assemblé tout le bras, nous avons remarqué une légère inclinaison de la base à cause du poids exercé sur elle. Comme le montre la figure suivante :

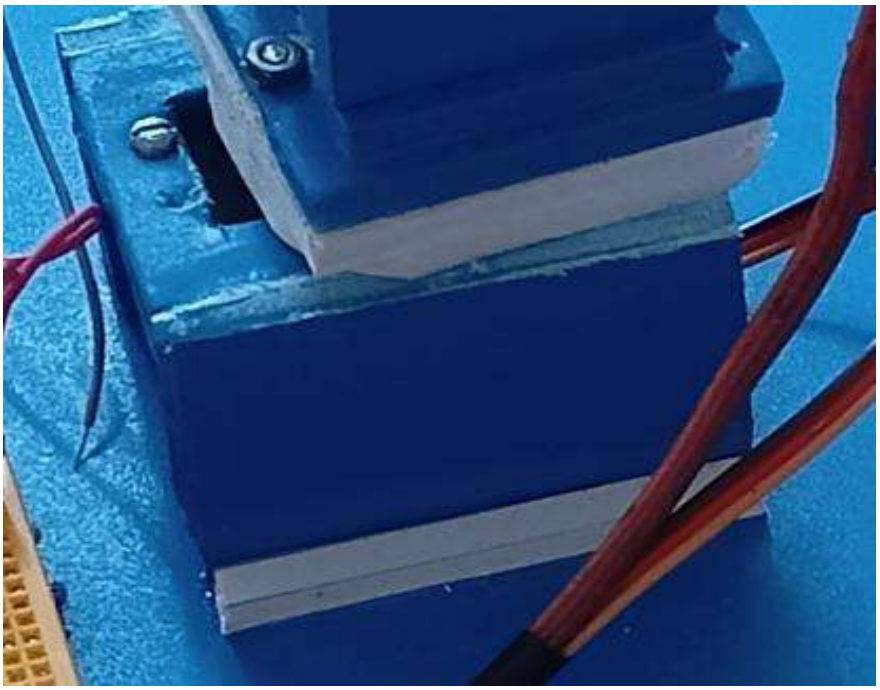


**Fig.II.2.La base du bras**

- **L’épaule**

  Elle est liée à la base à travers la deuxième articulation (servomoteur),qui permet la rotation de 0° à 180°

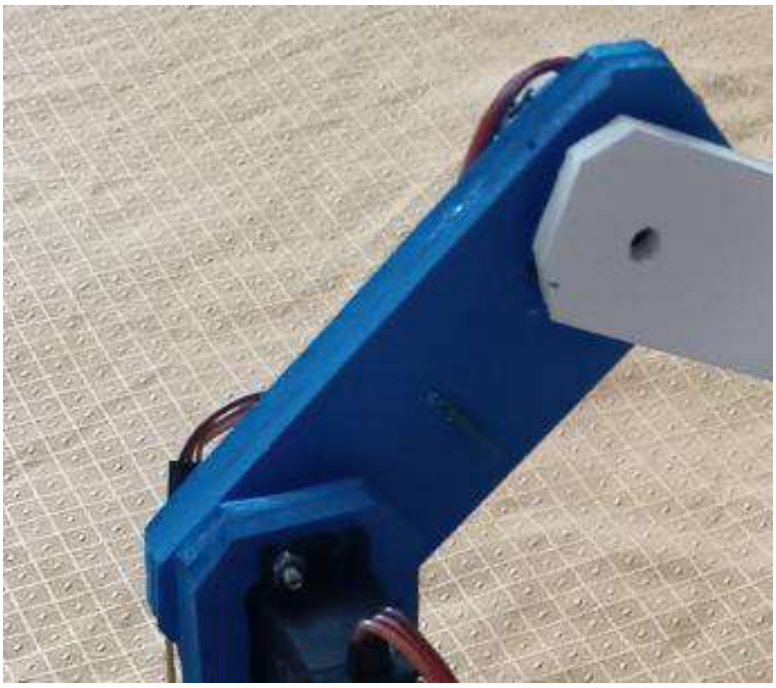


**Fig.II.3.L’épaule**

- **Le coude**

Il est lié à l'épaule par la troisième articulation, qui permet la rotation de 0° à 180



**Fig.II.4.Le coude**

- **La pincète :**

c'est l'organe terminale du bras manipulateur , un servomoteur qui permit la rotation, il assure l'ouverture et la fermeture de la pince on a utilisé une pincette a aimant :

il utilise un courant cc de valeur suffisante pour attirer les objet en métal.

appliqué le courent pour avoir un champ magnétique suffisant.

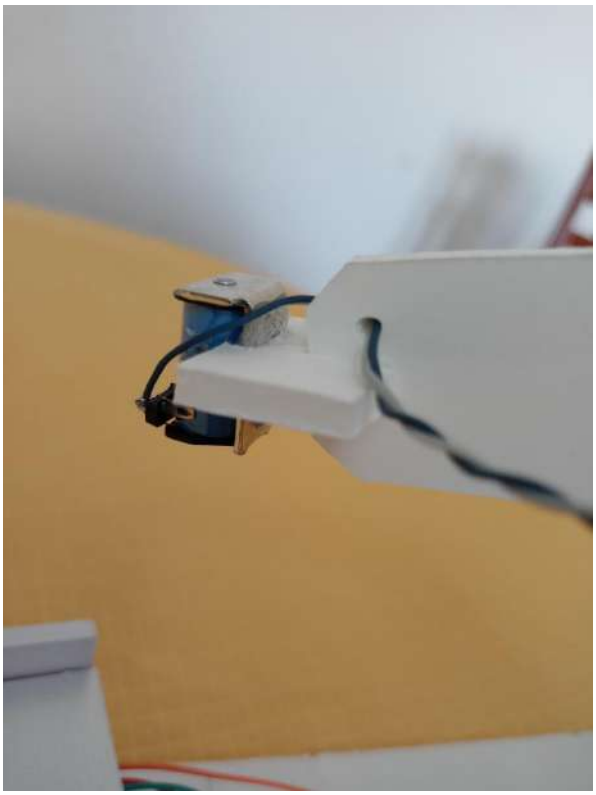


**Fig.II.5. La pincète**

### II.1.2.Matériel utilise :

dans la conception de notre bras la partie électronique joue un rôle très important dans la fonctionnement du système en effet pour permettre au robot de ce déplacer et communiquer avec l'extérieur, **Le système est fait d'un Arduino méga, des servomoteurs standard et des fils et vis de liaison, des résistances et des LEDS.**

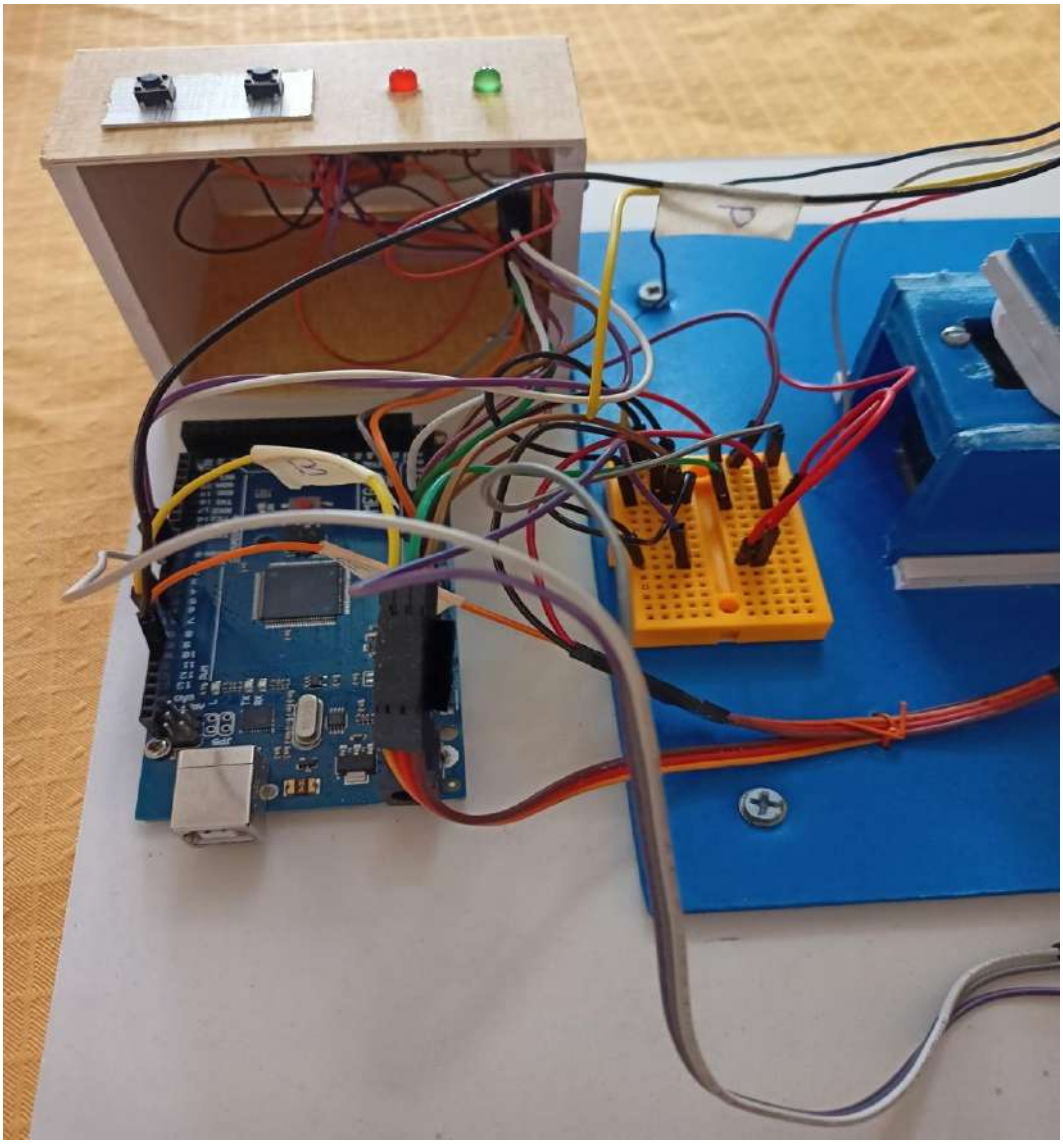


**Fig.II.6.la partie électronique dans la conception de notre bras**

### II.1.2.1.Description et définition de l'Arduino MEGA :

L'Arduino Mega est une carte électronique basée sur le microcontrôleurATmega2560. Elle dispose de 54 broches numériques d'entrée/sortie (dont 14 peuvent êtreutilisés comme sorties PWM), 16 entrées analogiques, 4 UART (ports série matériels), un oscillateur cristal de16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, et un bouton de remise à zéro. Elle contient tout le nécessaire pour soutenir le microcontrôleur.

**pourquoi nous avons choisi cette carte ?**

Arduino installé il est possible de s'atteler directement au codage ou a l'apprentissage. L'Arduino Mega est la carte la plus complète pour notre projets Que ce soit grâce à sa puissance ou à sa facilité d'utilisation.

Son logiciel de programmation l'Arduino IDE est disponible.



**Fig.II.7.La carte arduino méga**

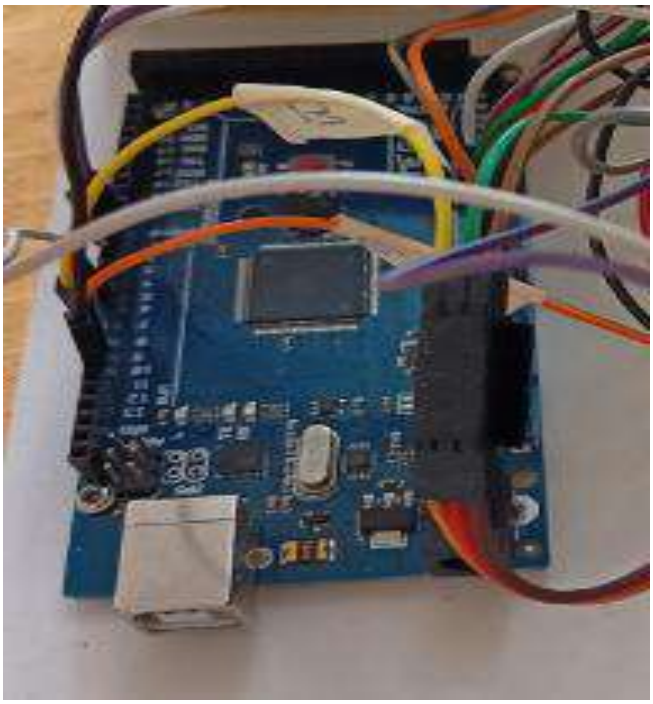


**Fig.II.8.La carte arduino dans notre projet**

- **Synthèse des caractéristiques**

| | |
|---|---|
| Tension de fonctionnement | 5V |
| Tension d'alimentation (recommandée) | 7-12V |
| Tension d'alimentation (limites) | 6-20V |
| Broches E/S numériques | 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 : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S) |
| Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V | 50 mA |
| Intensité maxi disponible pour la sortie 5V | 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 | 16 MHZ |

**Tab.II.1.Synthèse des caractéristiques**

### II.1.2.2.Les actionneurs (servomoteurs)

Un servomoteur est tout simplement un moteur à courant continu qui est asservi exposition à l'aide d'un capteur de position (typiquement un potentiomètre) et un circuit électronique interne au moteur. Ils sont pilotés par un fil de commande et alimentés par deux autres fils, le premier est relié à l'alimentation positive +5 ou +6 V selon le servo, le deuxième est relié à la masse (GND).

Le signal de commande est quant à lui de type modulation de largeur d'impulsion (PWM). En modifiant le rapport cyclique de ce signal, on indique au moteur quelle est la position désirée dans une plage de positions possibles, généralement [0,180°].

On a utilisé :

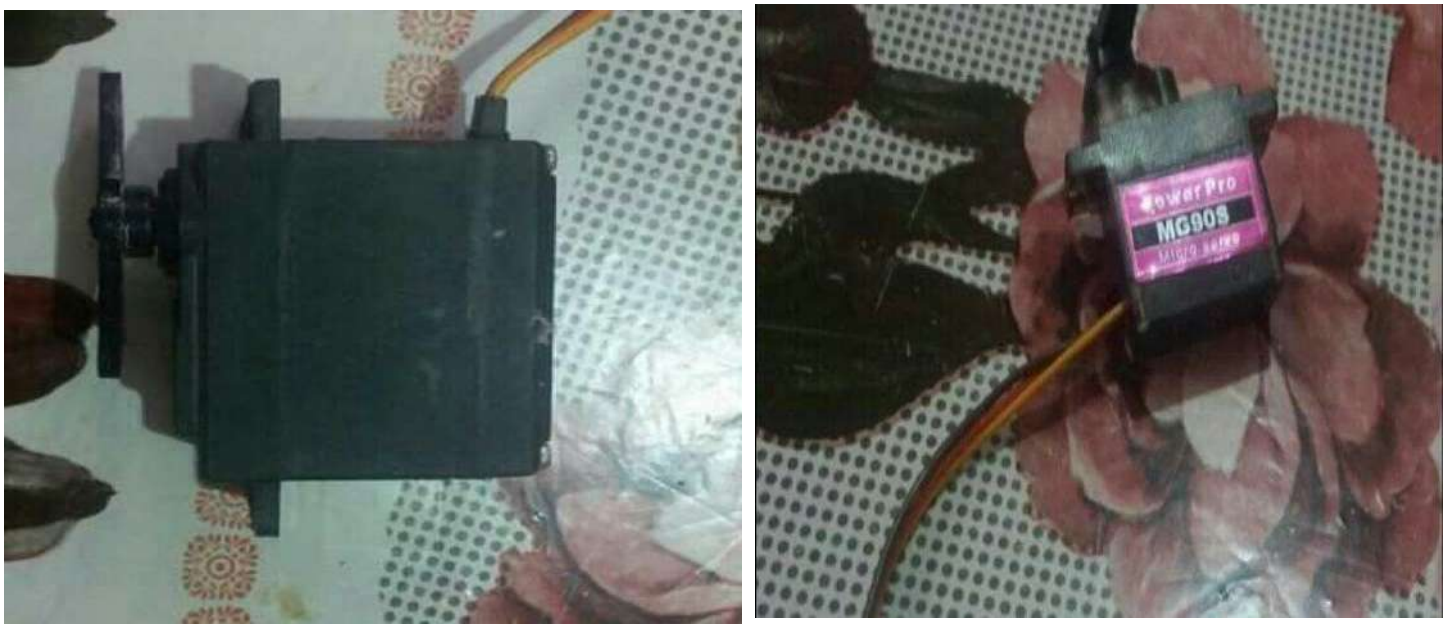



**Fig.II.8.Servomoteurs**

### II.1.2.3.Caractéristique de chaque servomoteur

| Caractéristique<br>Type | <br>**Servomoteur SG90** | <br>**Servomoteur SG90** |
|---|---|---|
| **Dimensions** | 22 x 11.5 x 27 mm | 40mm x 19mm x 43mm |
| **Poids** | 9 gr | 56gr |
| **Tension d'alimentation** | 4.8V à 6v | 4,8V à 7,2v |

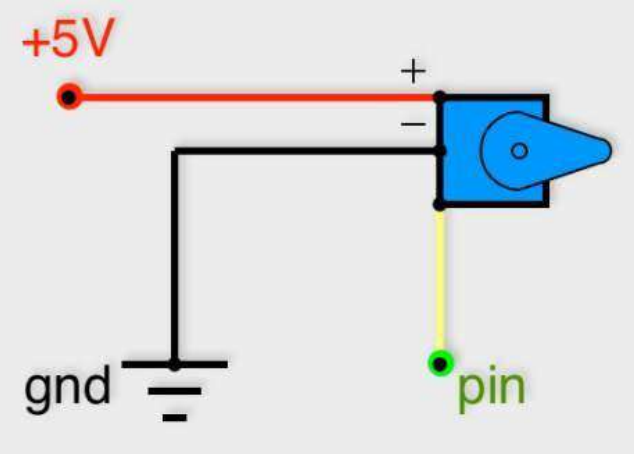
**Tab.II.9.Caractéristique de chaque servomoteur**

Les servomoteurs sont pilotés par un fil de commande et alimentés par deux autres fils. Habituellement, ces 3 fils sont rassemblés dans une prise au format.



**Fig.II.10.Les Trois Files.**

Un fil rouge est relié à l'alimentation positive (+5 ou +6 V selon le servo), le fil noir est relié à la masse (GND) et le fil jaune est utilisé pour la commande. Il y aurait beaucoup à dire sur le fonctionnement d'un servomoteur, ses composants, son moteur et le petit potentiomètre qui permet de connaître sa position mais cette fiche va droit au but et se limitera à son utilisation avec l'Arduino.




**Tab.II.11.Montage électrique.**

### II.1.2.4.Fonctionnement d'un servomoteur standard

Mécaniquement, il s'agit d'un moteur avec réducteur. Le mouvement de sortie est une rotation. Lorsque le moteur tourne, l'axe du servomoteur change de position, cequi modifie la résistance du potentiomètre. Le rôle de l'électronique est alors de commander le moteur pour que la position de l'axe de sortie soit conforme à la consigne reçue.

La commande se fait via une petite impulsion dont la durée est comprise entre 0,5ms et2,5ms. La valeur de 1,5ms donne au servomoteur la position centrale. Les ordres de positions sont transmis sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion, répété périodiquement, en général toutes les 50 ms, ce qui permet à l'électronique de contrôleet de corriger continuellement la position angulaire de l'axe de sortie (en général, courselimitéeà90°ou120°).

L'augmentation de l'amplitude des impulsions agit sur le contrôle de la vitesse jusqu'au moment où le bras du servomoteur se trouve dans les positions ou habitée. Durant larotation, le potentiomètre indique au circuit électronique le moment où la position désirée est obtenue. Les impulsions diminuent l'amplitude jusqu'à ce que plus aucun et tension soit appliquée au moteur du Servomoteur tout en conservant le bras dans sano

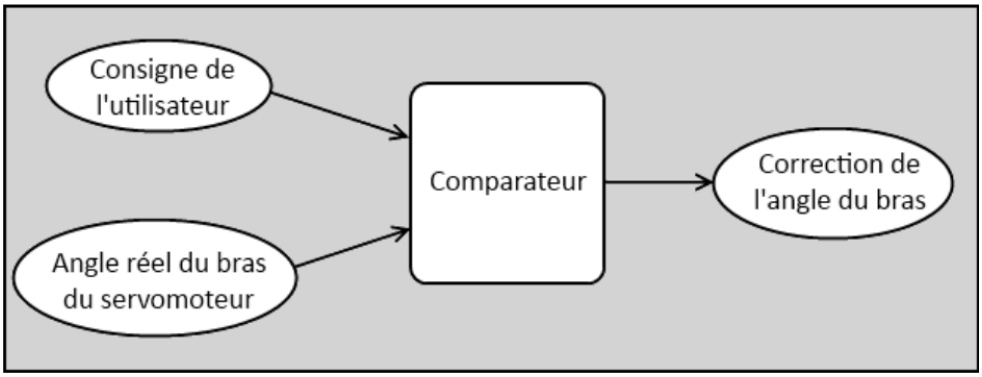



**Fig.II.12.Synoptique de fonctionnement servomoteur.**

### II.1.2.5.Les fils de connexion

La fig. suivant montre les fils de connexion Arduino avec son environnement.

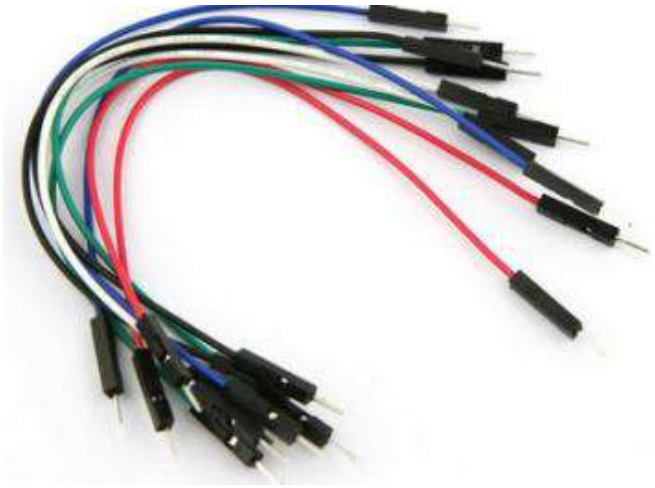


**Fig.II.13.Les fils de connexion**

### II.1.2.6.bouton poussoir :

- Dispositif de commande d'un appareil électrique destiné à être actionné manuellement et possédant un ressort de rappel.
- Bouton de condamnation situé dans le centre du bouton de certaines serrures.



**Fig.II.14.figure bouton poussoir**

### II.1.2.7.Potentiomètre :

- Dispositif formé de résistances électriques étalonnées, servant initialement à la comparaison d'une tension avec la f.é.m. d'une pile étalon.
- Rhéostat à trois bornes permettant d'obtenir une tension variable à partir d'une source à tension constante.



**Fig.II.15.figure potentiomètre**

### II.1.2.8.KY-032 Capteur d'obstacles IR :

Ce capteur permet de détecter des obstacles, une diode infrarouge émet un signal et en cas de présence d'un obstacle, un récepteur infrarouge reçoit le signal réfléchi par cet obstacle. La portée de détection est réglable.

Ce module peut être utilisé pour construire un robot autonome détecteur d'obstacles.

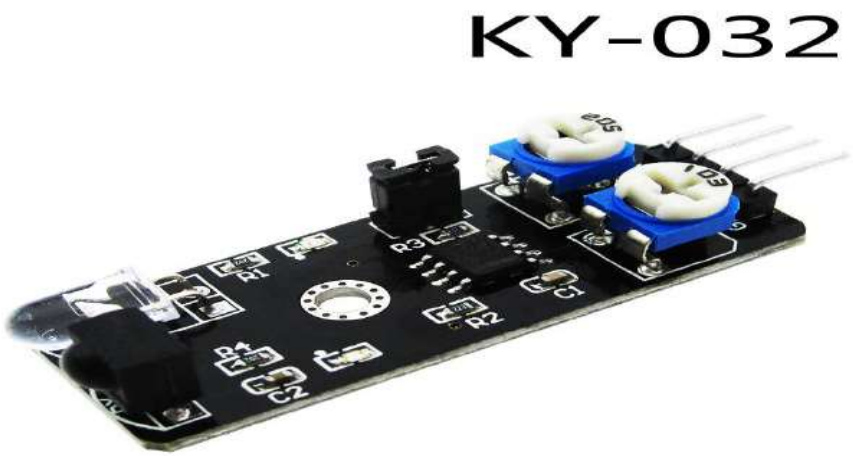



**Fig.II.16.KY-032 Capteur d'obstacles IR**

## II.2.Partie Software :

### II.2.1.Présentation du logiciel :

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multi-plateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler et uploader les programmes via l'interface en ligne de commande .

Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec avr-g++ , et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino à toute personne maîtrisant le C ou le C++.

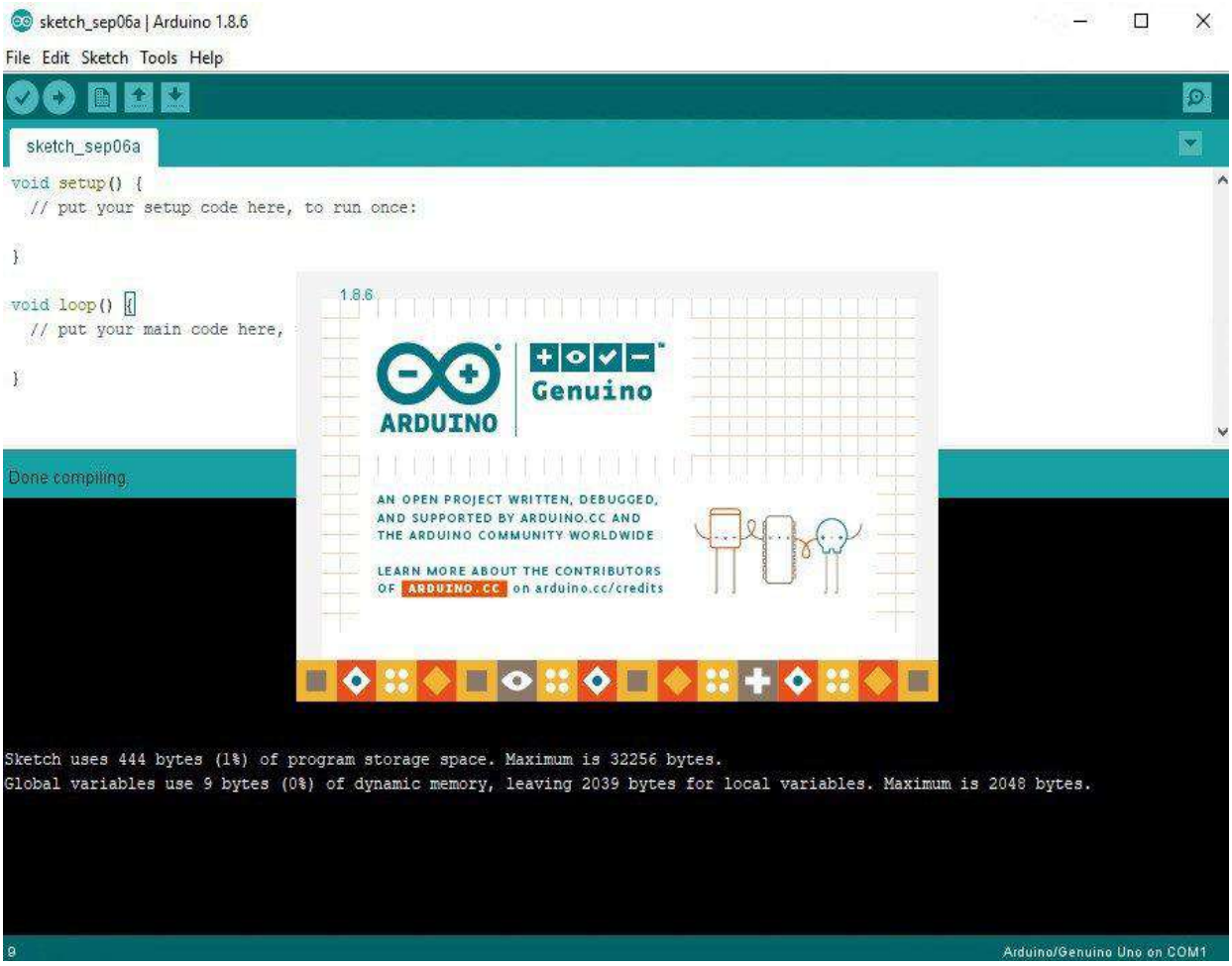



**Fig.II.17.Arduino logiciel**

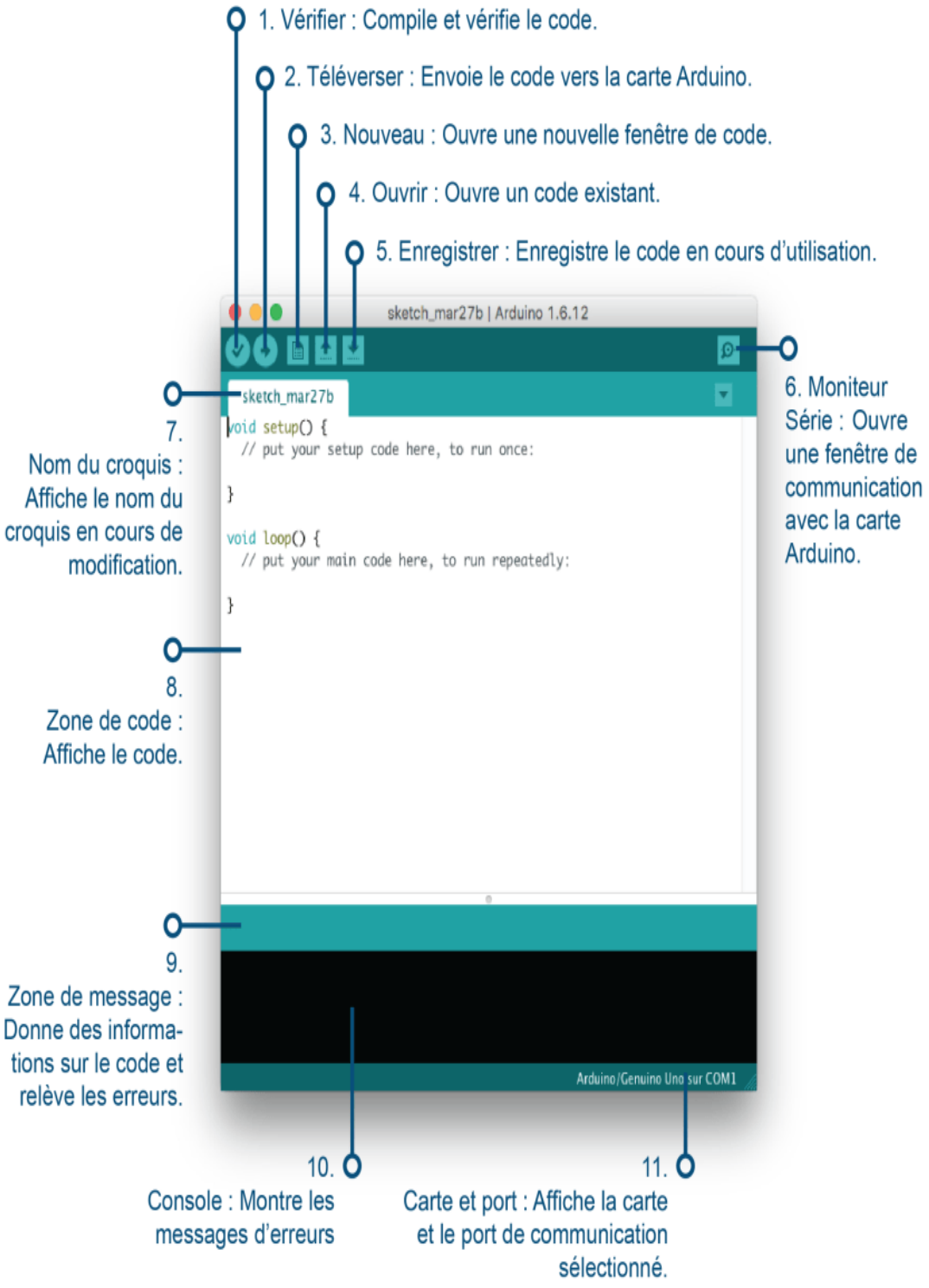



**Fig.II.18.Description de logiciel Arduino**

## Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur les actionneurs, On a limité notre étude à un type des moteurs : les servomoteurs. On a étudié leurs principes de fonctionnement ainsi que les avantages et les inconvénients de ces moteurs.

En effet nous avons exposé dans ce chapitre les différentes composantes de notre projet et ses principaux caractéristiques ainsi les programmes utilisés.

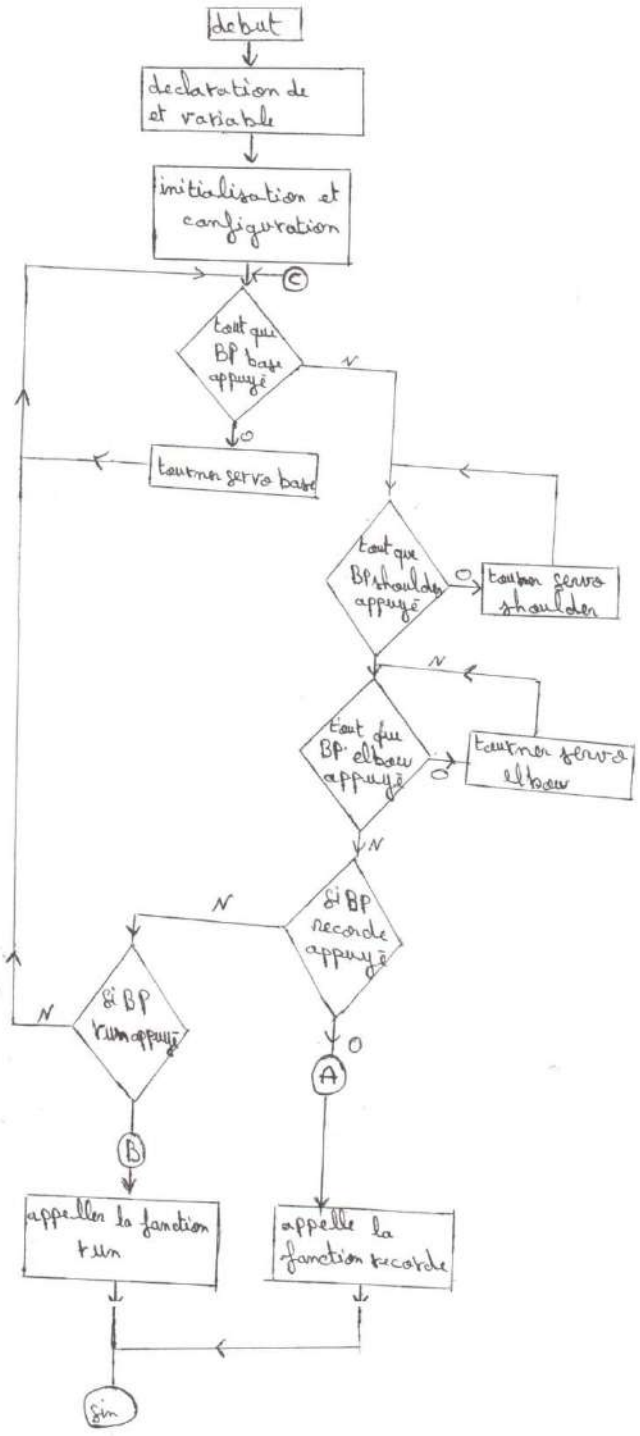
# Chapitre 3 :

# Modélisation et commande du bras manipulateur

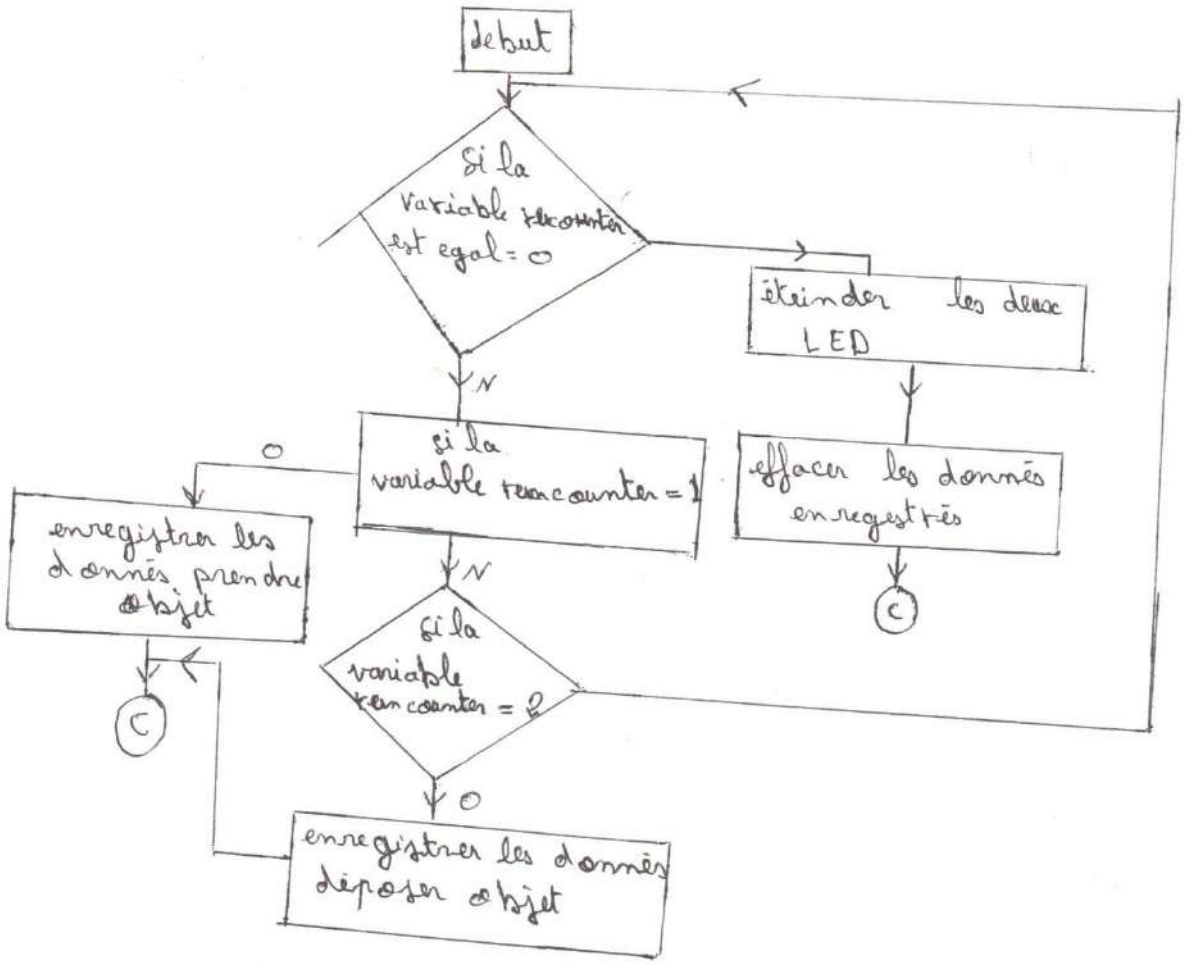
## Introduction :

Afin d'effectuer notre projet, et pour commander l'installation présentée dans le chapitre précédent, on doit élaborer un programme qui gère les déférentes étapes de procès. Mais aussi supervisé cette installation avec ses déférentes composantes. Dans ce chapitre nous allons entamer la programmation et la supervision de notre procès, nous allons aussi détailler tous notre travail établie jusque ici, en présentant les déférents blocs de programme et les variables utilisé ainsi que les déférentes vue qui ont été conçu pour la supervision. Donc Après avoir vu toutes les parties composants de notre bras manipulateur (mécanique et logiciel)les programmes seront implémentés grâce au logiciel de conception de programmes pour des systèmes d'automatisation «Arduino».

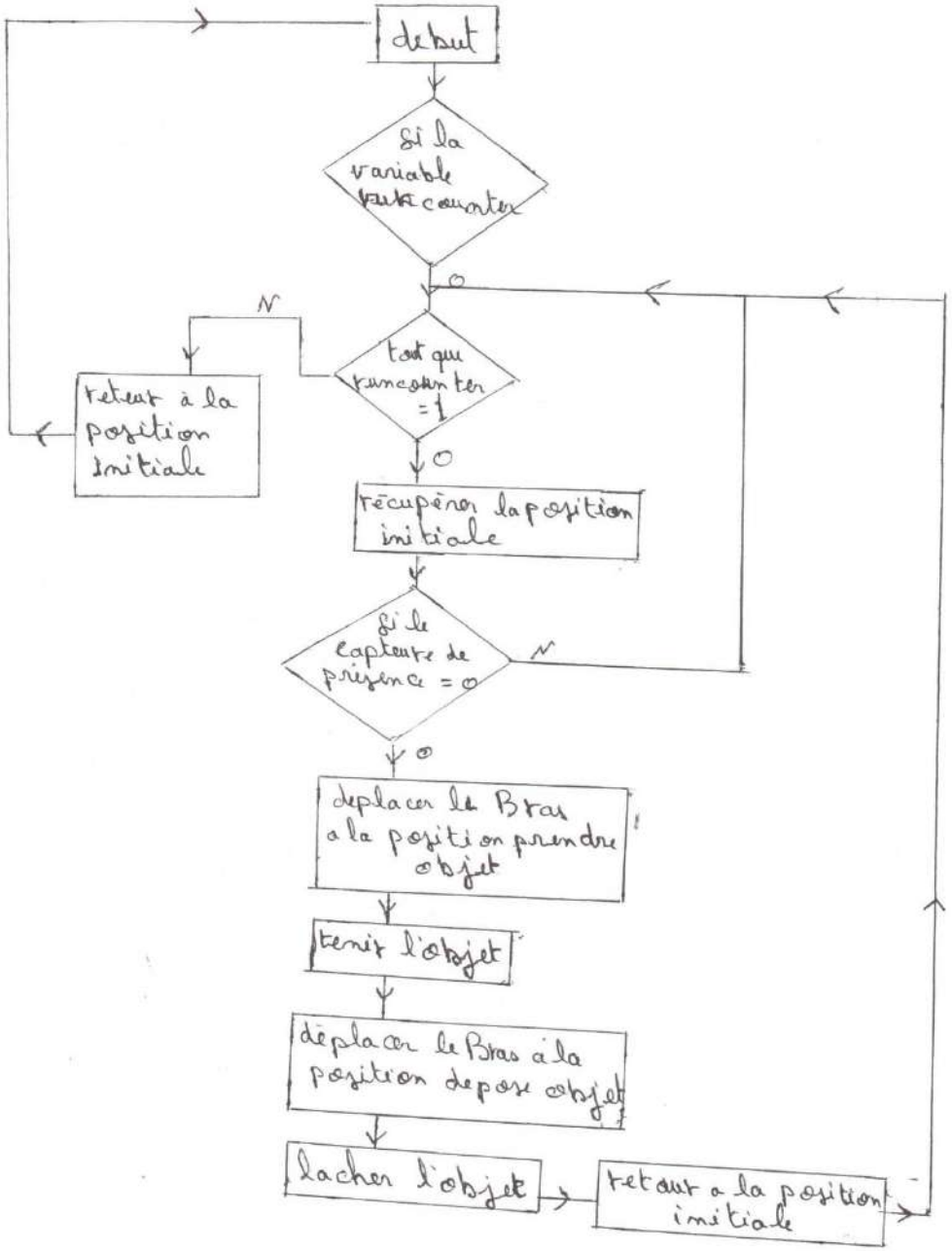
## III.1.organigramme de notre bras :



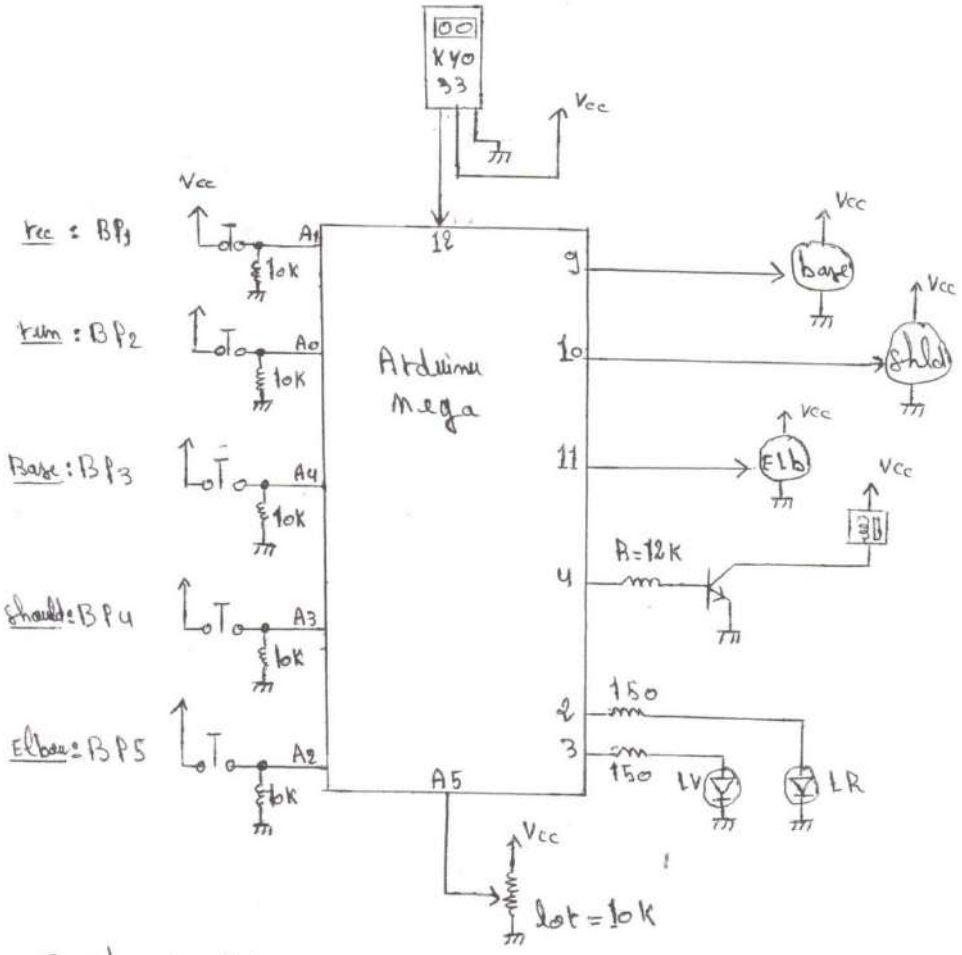
### III.1.1.Fonction record :



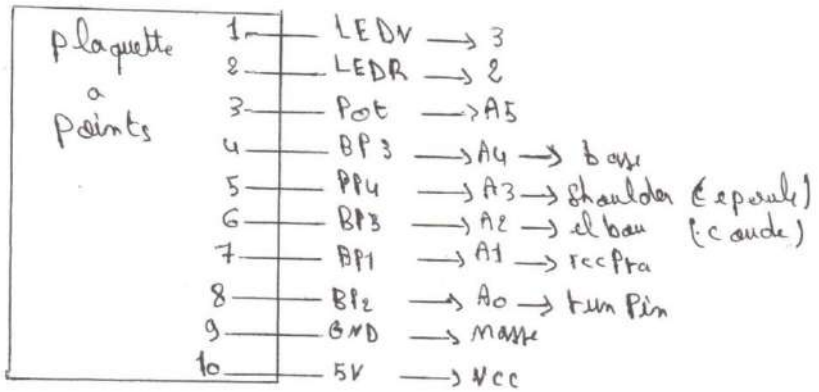
### III.1.2 Fonction running



## III.2. Schéma électrique




Carte à points



## III.3. Schéma synoptique

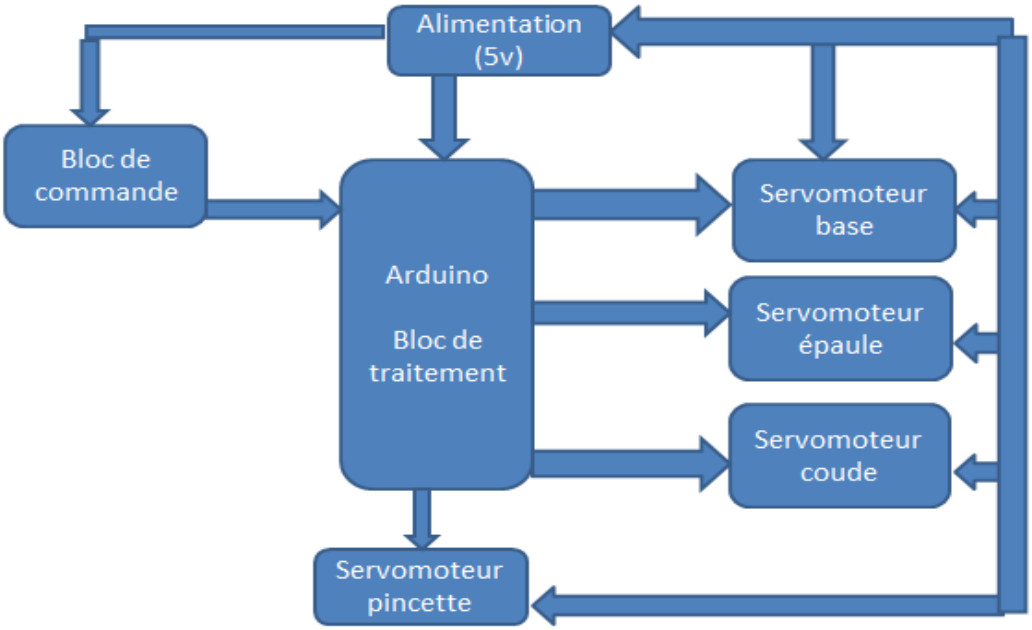



**Fig.III.1.Le Schéma synoptique de notre projet**

### III.3.1.positions limites des servomoteurs :

| | Pos min | Pos max |
|---|---|---|
| base | 24 | 80 |
| shoulder | 50 | 160 |
| elbow | 85 | 130 |

**Tab.III.1. positions limites des servomoteurs**

## III.4.l'organigramme de notre projet

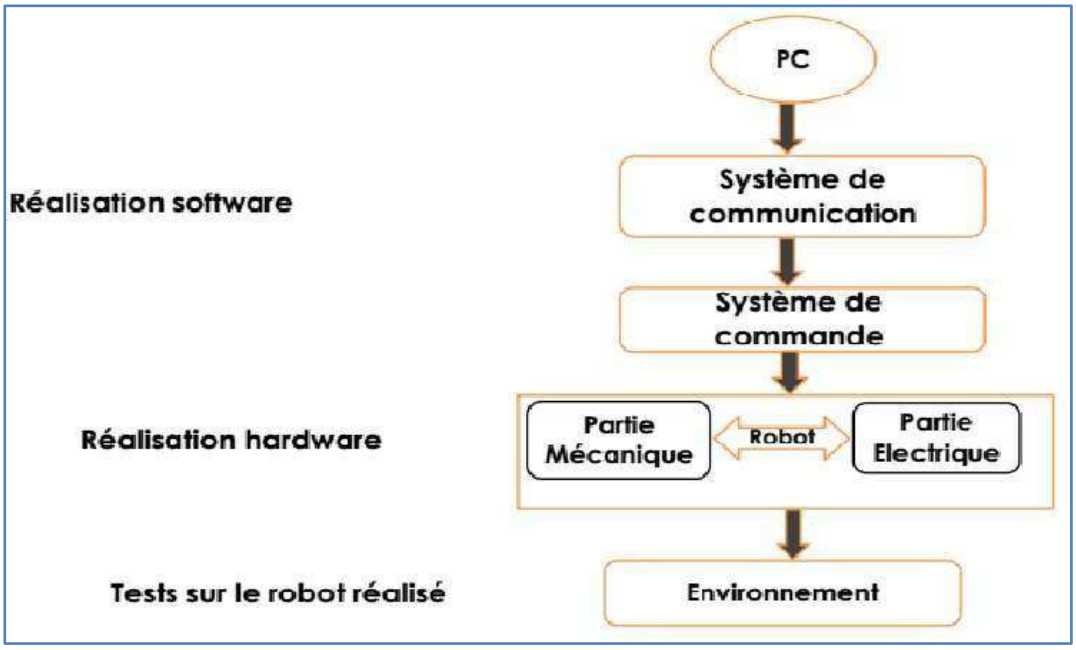



**Fig.III.2.Schématisation de l'organigramme.**

## III.5.LA Partie de programmation :

### III.5.1.le programme arduino :

```
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
#define GazPin A2
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int chk;
float hum;
float temp;
float gaz;

char msg;
int val ;
float flamme;

int capt_num_F = 3; //  Capteur Flamme digital
int capt_ana_F = A1; //  Capteur Flamme analog
int CH_I=11;
int CH_II=12;
int CH_III=13;
const int buzPin  = 4;

void setup(){
    Serial.begin(9600);
    pinMode(capt_num_F, INPUT);
    pinMode(CH_I,OUTPUT);
    pinMode(CH_II,OUTPUT);
    pinMode(CH_III,OUTPUT);
    digitalWrite(CH_I,LOW);
    digitalWrite(CH_II,LOW);
    digitalWrite(CH_III,LOW);
    dht.begin();
}
//.................Tonalité sirène .................
void alarme() {
```

```
}
//.................Tonalité sirène .................
void alarme() {
    delay(300);
    noTone(buzPin);
    tone(buzPin,494,500);
    delay(300);
    noTone(buzPin);
    tone(buzPin,523,300);
    delay(200);
    digitalWrite(7,HIGH);
    delay(50);
    digitalWrite(8,HIGH);
    delay(50);
    noTone(buzPin);
}

void loop(){

     if (Serial.available()>0) {
    // on lit les données reçue (dans la variable "donnee")
    msg=Serial.read();


    //allumer
    if (msg=='1') {
      Serial.println("Allumee");
      digitalWrite(CH_I,HIGH); //intensité lumineuse de 0 à 255
    }
     if (msg=='2') {
      Serial.println("eteinte");
      digitalWrite(CH_I,LOW);
    }
    if (msg=='3') {
      Serial.println("Allumee");
      digitalWrite(CH_II,HIGH); //intensité lumineuse de 0 à 255
    }
     if (msg=='4') {
      Serial.println("eteinte");
      digitalWrite(CH_II,LOW);
    }
    if (msg=='5') {
      Serial.println("Allumee");
      digitalWrite(CH_III,HIGH); //intensité lumineuse de 0 à 255
```

```
    }
     if (msg=='4') {
      Serial.println("eteinte");
      digitalWrite(CH_II,LOW);
    }
    if (msg=='5') {
      Serial.println("Allumee");
      digitalWrite(CH_III,HIGH); //intensité lumineuse de 0 à 255
    }
     if (msg=='6') {
      Serial.println("eteinte");
      digitalWrite(CH_III,LOW);
    }
  }
    val = digitalRead (capt_num_F) ;
    while (digitalRead (capt_num_F)==HIGH) {            // Quand le capteur détecte une flamme,
        alarme();
    }
    flamme = analogRead(capt_ana_F);
    gaz=analogRead(GazPin);
    hum = dht.readHumidity();
    temp= dht.readTemperature();
    Serial.print("{\"Temperature\": ");
    Serial.print(temp);
    Serial.print(",\"Humidity\": ");
    Serial.print(hum);
    Serial.print(",\"readingGaz\": ");
    Serial.print(gaz);
    Serial.print(",\"readingFlamme\": ");
    Serial.print(flamme);
    Serial.println("}");
    delay(1000);
}
```

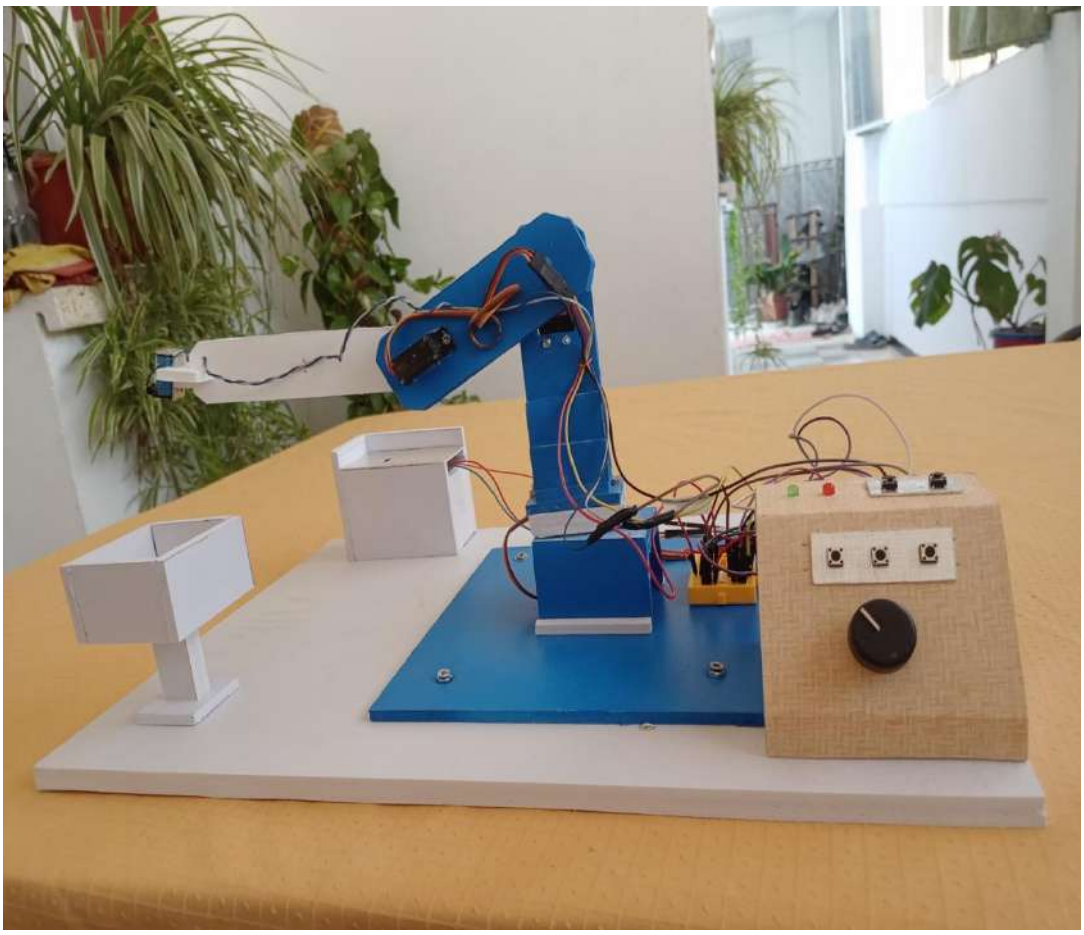


**Fig.III.3.Bras manipulateur et sa carte de commande**

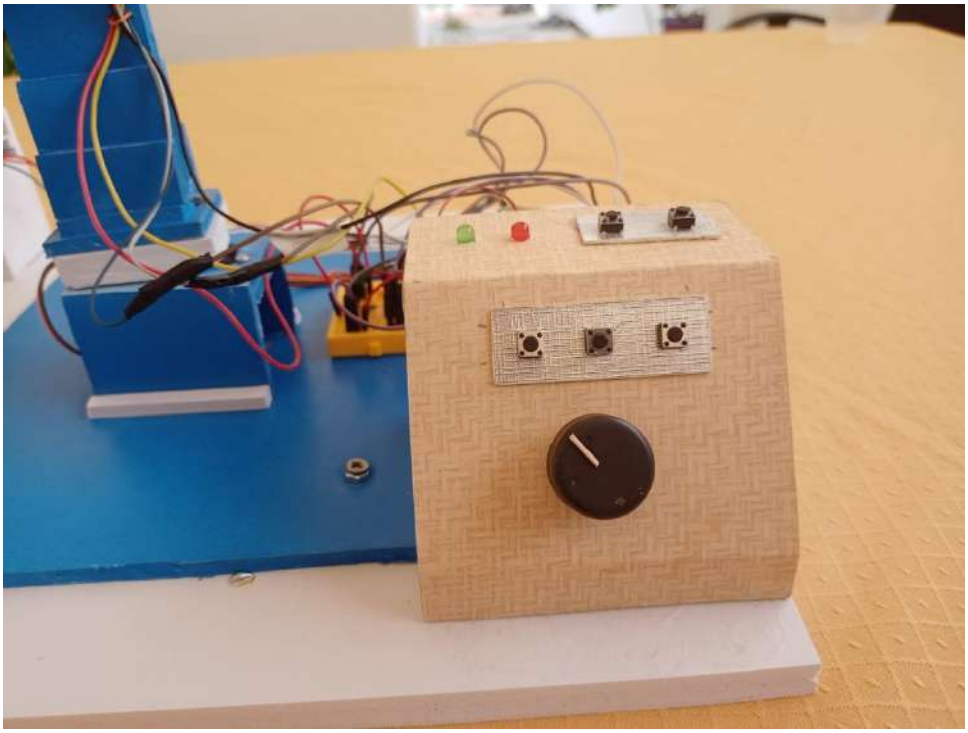


**Fig.III.4.La partie commande de bras**

## Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les déférents programmes qui nous permettent d'effectuer la régulation , ainsi que les programmes d'analyse et de contrôle.

Ce chapitre nous a permis d'expliquer de façon détaillée la stratégie que nous avons suivie afin de réaliser le robot manipulateur. La première étape a été de définir les structures proposées à partir des quelle nous avons choisi la structure de notre bras de et dimensionnées pièces. Les plans des pièces donnés mettent en évidence leur simplicité. Celle-ci nous permis de réaliser le robot dans des délais raisonnables ce qui est en fait l'une de nos priorités de conception, ainsi nous avons montré les différents mouvements que notre bras doit faire et les différentes position et action

# Conclusion général

## Conclusion général :

dans ce travail, nous avons présenté et nous avons pu concevoir et réaliser un bras manipulateur àtrois degrés de liberté qu'on a commandé avec une carte Arduino UNO.

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

Dans le deuxième chapitre nous avons parlé de partir hardware et software de notre projet ou nous avons détaillé la structure mécanique et le matériel utilisé pour compléter notre projet.

Donc Ce projet a été abordé sur trois fronts :

- Réalisation mécanique du bras manipulateur
- Réalisation de la carte électronique de commande ;Programmation.

Enfin dans le dernier chapitre nous avons présenté le programme utilisé pour contrôler ce système.

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques, d'améliorer d'autre niveau et aussi de toucher le côté pratique grâce à la réalisation et surtout la gestion de projet.

Enfin, nous espérons que notre travail sera une meilleure solution à la problématique posée et servira comme base de départ pour notre vie professionnelle, et être bénéfique aux promotions futures.

# Référence bibliographique

## Références bibliographiques


**[1]** « Robot », dans Dictionnaire de français Larousse, [En ligne]. Disponible : http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/robot/88768#QjzRfwFzCqu4WDCJ.99

**[2]**« Introduction à la Robotique » dans FANCU. 2014. [En ligne].Disponible :http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/4836/4836-fanuc-introduction-la-robotique-juin-2014.pdf

**[3]**Melle. Fodil Rosa Melle. Sayah Kenza«Master enGénie ElectriqueRéalisation et Commande d'un Bras Manipulateur à Quatre Degrés de Liberté», Mémoire de Master,Faculté des Sciences de l'Ingénieur Département de maintenance industrielle

**[4]**Rafik MANSOURI. Ali KHELID«Conception et réalisation d'un brasmanipulateur à trois degrés de libertécommandé par la carte Arduino UNO»,Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE,FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUEDEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

**[5]**« ArduinoMega » dans Arduino. [En ligne]. Disponible : https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega.

**[6]**« Arduino PS2 Joystick Schematic » dans Henry'sBench. [En ligne]. Disponible : http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-sensors-and-input/arduino-ps2-joystick-tutorial-keyes-ky-023-deek-robot/

**[7]**https://fr.wikipedia.org/wiki/Bras_manipulateur. Disponible enligne sous licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions .

**[8]**« Robot », dansle site comaurobotic.fr disponible en ligne **https://comaurobotics.fr/robot-manipulateur/**

**[9]**« Arduino», définition dans le site disponible en ligne **https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php**

**[10]**http://www.arduino.cc

**[11]** http://www.mon-club-elec.fr

**[12]** article dans Paris Innovation Reviewdisponible en ligne sous-titre Les robots du quotidien

**[13]**R. Abdelmoumen, "Conception, Réalisation et Command D'un Robot Mobile ", Mémoire de Master. Université KasdiMerbah (Ouargla), 2016.

**[14]**Ait Dahmane Kahina Ait Ziane Meziane, “Conception et Réalisation d'un Bras Manipulateur Commandé par API”. Mémoire de Master, Faculté des Sciences et de la Technologie. Université de KHEMIS MILIANA, 2015.

**[15]**Industrie and Technologies. Unimate le doyen de l'industrie. [En ligne]. Disponible sur : https://www.industrie-techno.com/unimate-le-doyen-de-l-industrie.32925

**[16]**B. ALLOUCHE, “Modélisation et commande des robots : nouvelles approches basées sur les modèles Takagi-Sugeno”, thèse de Doctorat, spécialité Automatique. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, France, septembre 2016.

**[17]**B. Lionel, Mécatronique coure avec exercices corrigées, Dunod, Paris 5me Laromiguière75005, 2016.

**[18]**JEAN-LOUIS BOIMOND « Robotique » ISTIA, Université