

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

FACULTE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

N° : .....



FILIERE : ELEQTONIQUE

OPTION : ESEM

*MEMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION*  
*DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE*

**Par:**  
*Ben Amoud Mustapha*  
*Kikane said*

**THEME**

**Conception et réalisation d'un bras  
manipulateur avec degrés de liberté  
commandé par la carte arduino UNO**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. ZERDOUMI Zohra

Université M<sup>ed</sup> Boudiaf –M'sila Président

Dr LALAOUI Lahouaoui

Université M<sup>ed</sup> Boudiaf –M'sila Rapporteur

Dr. Ali Khalfa.

Université M<sup>ed</sup> Boudiaf –M'sila Examineur

**Année universitaire : 2021 /2022**

## Sommaire

REMERCIEMENT

DEDICACE

Introduction générale..... Erreur ! Signet non défini.

### CHAPITRE I

I.1 Introduction ..... Erreur ! Signet non défini.

I.2 Historique ..... Erreur ! Signet non défini.

I-3 Définition Général ..... Erreur ! Signet non défini.

I-3-1 le Robot ..... Erreur ! Signet non défini.

I.3.2 le Robot Industriel..... Erreur ! Signet non défini.

I.4 Les Taches réalisées par un robot industriel : ..... Erreur ! Signet non défini.

I.5 Les différent type de robot..... Erreur ! Signet non défini.

I.5.1 Les robots mobiles ..... Erreur ! Signet non défini.

I.5. 2 Les robots manipulateurs ..... Erreur ! Signet non défini.

I.6. Les éléments constitutifs d'un robot ..... Erreur ! Signet non défini.

**I.6.1 Unité opérationnelle** ..... Erreur ! Signet non défini.

I.6.2 Unité informationnelle ..... Erreur ! Signet non défini.

I.7 Structure générale d'un robot manipulateur ..... Erreur ! Signet non défini.

Un robot manipulateur est constitué d'un ensemble de composants, ayant chacun un rôle bien spécifique, lesquels nous allons détailler ci-dessous : ..... Erreur ! Signet non défini.

I.8 Structure mécanique des robots manipulateurs..... Erreur ! Signet non défini.

**I.9 Système mécanique articulé** ..... Erreur ! Signet non défini.

I.10. Classification des robots..... Erreur ! Signet non défini.

I.10.1. Classification fonctionnelle ..... Erreur ! Signet non défini.

I.10.2. Classification géométrique ..... Erreur ! Signet non défini.

I.11.Conclusion ..... Erreur ! Signet non défini.

### CHAPITRE II

II-1 Introduction..... Erreur ! Signet non défini.

II-2 Bref historique de l'Arduino ..... Erreur ! Signet non défini.

II-3 Définition d'un microcontrôleur ..... Erreur ! Signet non défini.

II-3 Définition d'arduino ..... Erreur ! Signet non défini.

II-4 Le système Arduino ..... Erreur ! Signet non défini.

II-4 D���rent type d'arduino.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-4-1 Arduino uno.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-4-2 Arduino nano.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-4-3 Arduino mega.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-5 Programmation de l'Arduino.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-6 Applications Le système Arduino.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-7 Bonnes raisons de choisir Arduino.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-8 Conclusion.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

### CHAPITRE III

III-1 Introduction.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-2 Les moteurs pas à pas.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-2-1 Principes de fonctionnement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-2-2 Les types des moteurs pas à pas.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-2-3 Contrôle du moteur pas à pas.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-2-4 Techniques de conduite de moteur pas à pas.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II-3 LE MOTEUR A COURANT CONTINU.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-3 Types de moteurs à courant continu.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-3-1 Moteur à courant continu brossé(brushes dc motor).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-4-2 Moteur à courant continu à excitation s��par��e(Separately Excited DC Motor) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-4-1 Moteur à courant continu à aimant permanent.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III-5 Conclusion.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

### CHAPITRE VI

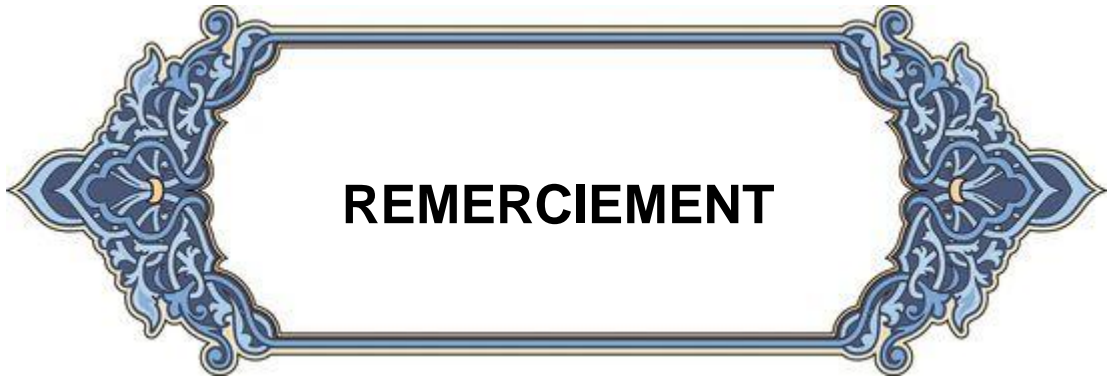
IV-1 Introduction.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-2 Servomoteurs.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-2-1 Avantage des servomoteurs.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-2-2 Inconvénient des servomoteurs.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-2-3 Les moteurs choisis.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3 Comment commende les moteur.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3-1 Arduino UNO.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3-1-1 Les sources de l'alimentation de la carte.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3-1-2 Les entrées / sorties d'Arduino UNO :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3-2 Commande PWM (Pulse Width Modulation).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

IV-3-3	Commande le robot avec Bluetooth module HC-05.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3-3-1	Présentation du module Bluetooth HC-05.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-3-3-3	Code de configuration .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-4	Parté simulation .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-4-1	Le logiciel proteus .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-4-1-1	ISIS .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-4-2	La simulation du projet .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-5	Presentation de bras robot .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV-6	Réalisation de bars robot.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
VI-7	Conclusion .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	Conclusion générale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
	BIBLIOGRAPHIE	
	ANEX	

## Liste de figure

Figure I.1: Structure générale d'un robot industriel. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.2: robots mobiles.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.3 : robots manipulateurs .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.4 : fonctionnement de robot.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.6 : Structure générale d'un robot manipulateur .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.6 : Structure de bars manipulateurs.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.7:Représentation d'une articulation rotor de .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.8:Représentation d'une articulation prismatique.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.9: Type d'articulations .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.10. Manipulateur à commande manuelle .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.11. Manipulateur à cycle pré-réglé.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.12: Robot programmable .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure I.13. Robot intelligent .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II-1 Le microcontrôleur .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II-2 Le système Arduino .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II-3 Arduino uno.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II-4 Arduino nano.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II-5 Arduino mega .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II.6 exemple de démarrage de program Arduino.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-1 : Les moteurs pas à pas .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-2 : Coupe transversale d'un moteur pas à pas.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-3: Étapes du moteur pas à pas .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-4:Moteur pas à pas à aimant permanent .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-5: Hybrid Stepper Motor .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-6 : Enroulement de stator biphasé (à gauche), Enroulement de stator triphasé (à droite) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-7 : Stator biphasé à paire unipolaire (gauche) et stator biphasé à paire dipolaire (droite). Les lettres indiquent le champ magnétique généré lorsqu'une tension positive est appliquée entre A+ et A- .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-8 : Schéma de base du contrôle du moteur .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-9: Étapes du wave mode .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-10: Étapes du full-step mode.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-11: Étapes du full-step mode.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

Figure III-12: moteur à courant continu .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure II-13: moteur à courant continu auto-excités .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-14: Separately Excited DC Motor .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure III-14: Le rotor de moteur .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-1 :SG90 Micro Servomoteur.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-2 : MG996R Servomoteur .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-3 : Carte Arduino UNO .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-4: les entrées/sorties analogiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-5: les entrées/sorties numériques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-6: les signal PWM .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-6: Bluetooth HC-05.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-7: Schéma de câblage de Bluetooth HC-05.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-7: logo proteus .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-8: logo proteus ISIS .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-9: principe de projet.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-10: La simulation du projet .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-11: bras robot simuler avec SOLIDWORK .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-12: vue gauche bras robot .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-13: vue droite bras robot .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-14: vue de face bras robot .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-15: Le Schème racordement du project .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-16 : Le racordement du project .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure VI-17: Le project finale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>



**On tient tout d'abord à remercier en premier lieu Allah, le tout puissant,  
de nous avoir donné autant de courage, de patience**

**et de volonté pour atteindre ce but.**

**On tient à exprimer à notre encadreur**

**Dr : LAHOUAOUI LALAOUI**

**Tous nos remerciements vont également aux membres de jury pour nous  
avoir fait l'honneur de juger ce modeste travail.**

**Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont  
aidés et soutenu de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.**



# DEDICACE

**Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux,**

**le Très Miséricordieux**

**Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail que je dédie :**

**A ma très chère mère : qui n'a jamais cessé de prier pour moi**

**A mon très cher père : pour ses encouragements**

**A mes chers frères**

**A toute ma grande famille**

**A meilleurs amis**

**A mes oncles et tantes**

**A tout les amis à l'université de Msila**



# Résumé

Dans ce projet on a réalisé un système de commande d'un bras robot mobile à 4 servomoteur . Ce système contrôle le robot d'une façon manuelle ou autonome, avec ou sans PC, local ou à distance ( Bluetooth). On a utilisé l'Arduino UNO et des moteurs à courant continue ( servomoteur).

On a pu aussi introduire une technique moderne de commande en utilisant un téléphone portable avec l'application android.

---

# Abstract

In this project we realized a control system of a mobile robot arm with 4 servomotors. This system controls the robot manually or autonomously, with or without a PC, locally or remotely (Bluetooth). We used the Arduino UNO and DC motors (servo).

We were also able to introduce a modern control technique using a mobile phone with the Android application

---

# ملخص

في هذا المشروع ، تم إنشاء نظام تحكم من ذراع روبوت متحرك مع 4 محركات مؤازرة. يتحكم هذا النظام في الروبوت يدويا أو بشكل مستقل ، مع أو بدون جهاز كمبيوتر ، محليا أو عن بعد (Bluetooth). استخدمنا محركات Arduino UNO و DC (أجهزة).

تمكنا أيضا من تقديم تقنية تحكم حديثة باستخدام هاتف محمول مع تطبيق Android.

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## Introduction générale

Le développement dans le domaine de la robotique a été poussé en premier lieu par une motivation d'imitation des capacités basiques de l'être humain , afin de lui faciliter les tâches difficiles et répétitives dans le domaine de l'industrie , telles que le soulèvement de pièces lourdes , serrage , découpage , assemblage , etc. Les premiers robots furent alors des robots à structure série simple : La structure mobile articulée est une chaîne ouverte formée d'une succession de segments reliés entre eux par des liaisons à un seul degré de liberté ; I chaque articulation est commandée par un actionneur situé à l'articulation ou sur l'un des segments précédents.

Ces robots ont pour avantage de disposer d'un grand volume de travail et d'être relativement simples sur le plan des calculs liés à leur commande. Par contre , ces robots présentent des inconvénients quand il s'agit d'effectuer des tâches demandant de la précision ou des tâches devant être exécutées avec rapidité . Depuis le milieu des années 70 , la robotique est devenue une science extrêmement populaire dans les milieux universitaire . Alliant un grand intérêt pédagogique et industriel.

Cette nouvelle science demande beaucoup de créativité et des connaissances pluridisciplinaires (Mécanique, Électronique numérique et analogique, électrotechnique, Programmation, Intelligence artificielle, Temps réel , Automatique ..... Le bras manipulateur est un système de positionnement où les forces agissant au niveau des articulations sont produites par des actionneurs. Ces derniers peuvent être de types électrique, hydraulique ou pneumatique. Dans notre mémoire nous nous intéressons particulièrement au cas des Servomoteur.

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

Le but de notre travail consiste en la conception et la réalisation d'un bras robot de type à trois degrés de liberté en utilisant des 4 servomoteurs permettant ainsi Commander par application androïde

Ce mémoire organisé de la manière suivante :

Le premier chapitre : Dans ce premier chapitre, on va donner un aperçu non exhaustive sur les robots, un bref historique sur l'évolution de la robotique industrielle et présenter les différents types de robots et les éléments constitutifs de ces derniers.

Le chapitre deux : Nous parlons d'Arduino en général, de ses types et de la raison pour laquelle il est utilisé dans les bras de robot

Et le troisième chapitre : Ce chapitre traite des composants nécessaires à la fabrication des robots, le moteur.on et

La dernière chapitre, on va présenter la partie programmation et simulation de bras manipulateur ainsi que la structure et les segments du bras. Dans la partie commande, on va expliquer comment on a commandé le bras manipulateur avec le Bluetooth et ses mouvements.

En fine in conclusion générale

# CHAPITRE I

## **GÉNÉRALITÉ SUR ROBOTS**



## I.1 Introduction :

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

Dans ce premier chapitre, on va donner un aperçu non exhaustive sur les robots, un bref historique sur l'évolution de la robotique industrielle et présenter les différents types de robots et les éléments constitutifs de ces derniers.

## I.2 Historique [1]

- 1920 : Apparition du mot robot : l'origine du mot est la langue tchèque dans laquelle son Ancêtre 'robota' signifie travail forcé. Il a été introduit, en 1920, par l'écrivain tchèque Karel Capek dans la pièce de théâtre Rossum's Universal Robots.

ersel Robots.

- 1961 : Unimation, le 1er robot industriel : descendant direct des télémanipulateurs développés pour les besoins du nucléaire. Il est vendu à partir de 1961 par la société American Unimation (devenu Staubli Unimation), crée par George Devol et Joseph Engelberg. Il est utilisé pour la première fois sur les lignes d'assemblage de General Motors. Ce robot, de 1,5 tonnes, était capable de manipuler des pièces de fonderie pesant 150 kg.

- 1972 : 1er chaîne de production robotisée : Nissan ouvre la première chaîne de production complétement robotisée, selon une étude l'IFR, 2142 de robots ont été fabriqués entre les années 60 et la fin 2010, les analystes

- 1947 : premier manipulateur électrique télé opéré.
- 1954 : premier robot programmable.
- 1961 : apparition d'un robot sur chaîne de montage de général Motors
- 1961 : premier robot avec contrôle d'effort



### I-3 Définition Général :

#### I-3-1 le Robot

La robotique est une science qui utilise les systèmes électromécaniques actionnés et contrôlés par le biais d'un ensemble de logiciels leur conférant une intelligence dite artificielle. [2]

Ce domaine scientifique étudie les mécanismes, les capteurs, les actionneurs, les méthodes de commande et le traitement de l'information nécessaires à la conception et l'utilisation des robots y compris leurs déplacements. [2]

Avec le temps la robotique a été ingérée dans un plusieurs domaines d'utilisation parmi : Robotique Industrielle, Médicale, Domestique, Défense... La robotique s'est également étendue récemment au marché grand-public avec des engins autonomes pour assurer seuls certaines fonctions (aspirateurs, tondeuses à gazon...) ou pour des activités ludiques (robots compagnons robots jouets...). [1]

La robotique désigne donc un ensemble large nombre de processus technologiques pouvant réaliser des activités en suivant une programmation basée sur l'intelligence artificielle.

comme un résumé :

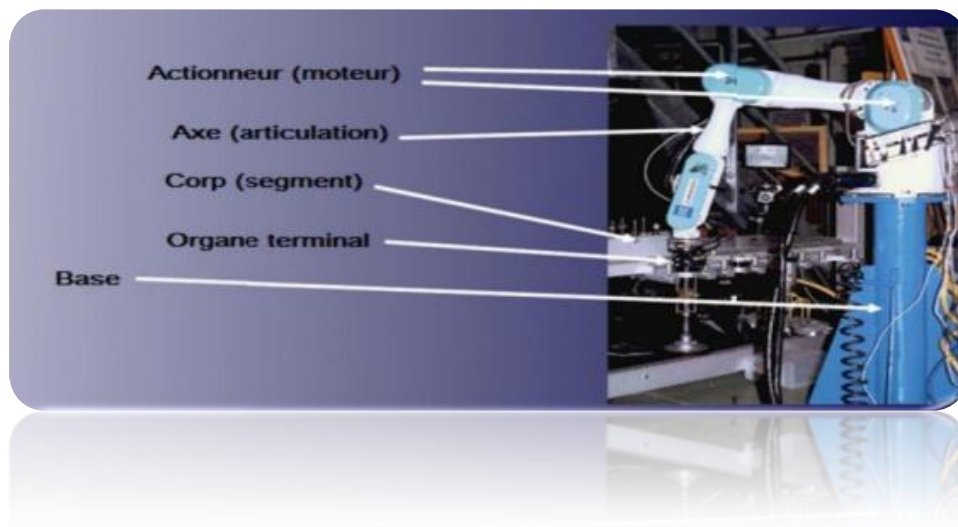
- ✓ Un robot est un système mécanique poly articulé mu par des actionneurs et commandé par un ordinateur qui est destiné à effectuer une grande variété de tâches.
- ✓ Appareil automatique capable de manipuler des objets et exécuter selon un Programme fixe modifiable ou adaptable.
- ✓ Le robot est un système automatique dont la partie opérative est une structure mécanique articulée.



### I.3.2 le Robot Industriel :[3]

Il existe une définition du robot industriel normalisée et publiée par l'AFNOR(association français de normalisation):"Manipulateur commandé en position, reprogrammable, polyvalent, à plusieurs degrés de liberté capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils ou des dispositifs spécialisés au cours de mouvements variables, et programmé 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".

Un robot se compose d'une partie mécanique, le bras lui-même, d'une armoire de commande composée d'une unité centrale qui pilote les électroniques de commande d'un ou plusieurs axes qui en assure l'asservissement, de variateurs de vitesse et d'un langage de programmation spécialisé qui permet de commander le robot (LM développé par « l'Ensimag Grenoble », langage ADEPT type basic) qui intègre un transformateur de coordonnées pour transformer une valeur cartésienne en données codeur du moteur.



**Figure I.1:** Structure générale d'un robot industriel.

Dans le monde il y'a des millions des robots industrielles chacun avec sa ou plusieurs domaine comme :

- ✓ Les robots industriels ont d'abord été développés pour intervenir dans les milieux à risques (nucléaire, forte corrosion...)
- ✓ Ils servent aussi beaucoup dans le maniement d'objets lourds.
- ✓ Le petit assemblage de précision sur des petites séries.



## **I.4 Les Taches réalisées par un robot industriel :[4]**

### **A. Application dans les énergies alternatives**

- Gestion des composants par vision.
- Manipulation de produits dangereux.
- Inspection et test qualité des pièces.
- Transfert précis de pièces.
- Conditionnement et « karting ».

### **B. Applications dans l'automobile**

- Assemblage des composantes et sous-ensembles.
- Opérations de vissage et de serrage.
- Manipulation et transfert de pièces.
- Poste d'inspection et de test des ensembles.
- Dépose de colle et de joints adhésifs.

### **C. Applications médicales**

- Automatisation des procédés en laboratoire (fluides et manipulation de pièces).
- Dépose précise de matériaux divers.
- Changement de machines de tests.
- Positionnement précis de pièces.
- Conditionnement et « karting ».

### **D. Application agroalimentaires**

- Prise de produits en suivi de convoyeur.
- Manipulation de produit (encaissage, équilibrage, tri, assemblage).
- En capsulage.
- Emballage (primaire et/ou secondaire).



### **E. Applications industrielle**

- Chargement et déchargement d'outils.
- Encaissage, changement et déchargement de plateaux.
- Assemblage et conditionnement de pièces et kits.

### **F. Application dans l'électronique**

- Assemblage des composants et sous-ensembles.
- Tri, gerbage, parachèvement.
- Opérations de vissage et serrage.
- Poste d'inspection et de test des ensembles.

## **I.5 Les différents type de robot :**

### **I.5.1 Les robots mobiles :**

Les robots mobiles ont une place particulière en robotique. Leur intérêt réside dans leur mobilité qui ouvre des applications dans de nombreux domaines. Comme les robots manipulateurs, ils sont destinés à assister l'homme dans les tâches pénibles (transport de charges lourdes), monotones ou en ambiance hostile (nucléaire, marine, spatiale, lutte contre l'incendie, surveillance...). [5]

L'aspect particulier de la mobilité impose une complexité technologique et méthodologique qui s'ajoute en général aux problèmes rencontrés par les robots manipulateurs. La résolution de ces problèmes passe par l'emploi de toutes les ressources disponibles tant au niveau technologique (capteurs, motricité, énergie) qu'à celui du traitement des informations par l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle ou de processeurs particuliers (vectoriel, cellulaires). [5]

L'autonomie du robot mobile est une faculté qui lui permet de s'adapter ou de prendre une décision dans le but de réaliser une tâche malgré un manque d'informations préliminaires ou éventuellement erronées. Dans d'autres cas d'utilisation, comme celui des véhicules d'exploration de planètes, l'autonomie est un point fondamental puisque la télécommande est alors impossible par le fait de la durée du temps de transmission des informations. [6]



**Figure I.2: robots mobiles**

Une classification est proposée dans la littérature qui définit le degré d'autonomie du robot mobile.

- Véhicule télécommandé par un opérateur qui lui impose chaque tâche élémentaire à réaliser.
- Véhicule télécommandé au sens de la tâche à réaliser. Le véhicule contrôle automatiquement ses actions.
- Véhicule semi-autonome réalisant sans l'aide de l'opérateur des tâches prédéfinies.
- Véhicule autonome qui réalise des tâches semi-définies. Ce type de véhicule pose des problèmes d'un niveau de complexité élevé de représentation des connaissances, de capacité décisionnelle et de génération de plans qui sont résolus à bord dans la mesure du possible.

### **I.5. 2 Les robots manipulateurs**

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 effectuer une variété de tâches avec une grande précision. Les bras manipulateurs peuvent être fixes ou mobiles (avec ou sans roues) et peuvent être conçus pour des applications industrielles



Figure I.3 : robots manipulateurs

### I.6. Les éléments constitutifs d'un robot

Dans un robot en fonctionnement, on peut distinguer plusieurs ensembles interactifs

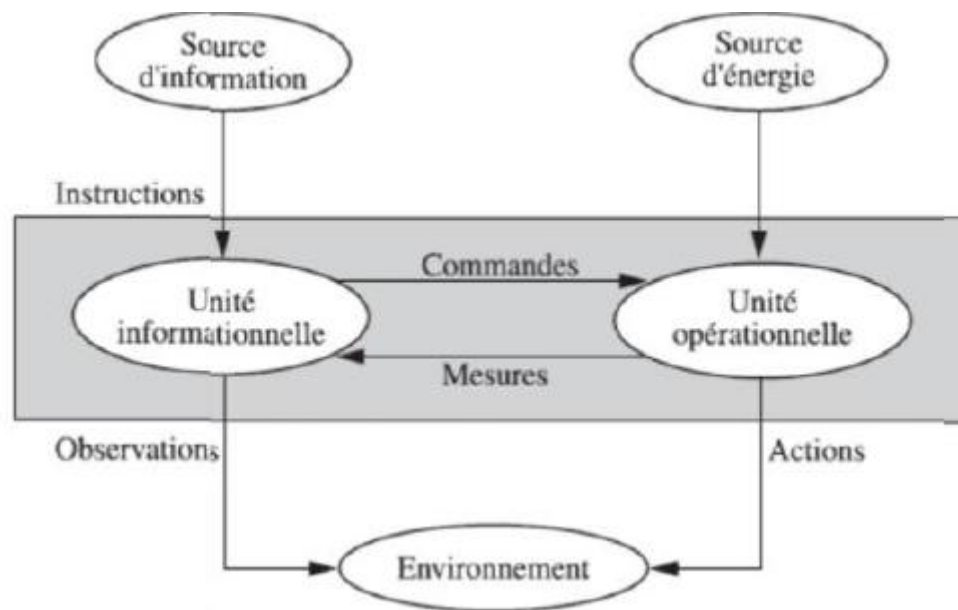


Figure I.4 : fonctionnement de robot



### I.6.1 Unité opérationnelle :

Exerce les actions commandées en empruntant la puissance nécessaire à la source d'énergie. Cette partie, qui constitue le robot physique, intègre la structure mécanique (segments, articulations, architecture,...), les modules d'énergie (amplificateurs, variateurs, servovalves....), les convertisseurs d'énergie (moteurs, vérins....), les chaînes cinématiques de transmission mécanique ( réducteurs, vis à billes, courroies crantées ....), les capteurs de proprioceptifs placés sur chaque axe pour mesurer en permanence leur position et leur vitesse, et enfin l'effecteur, ou organe terminal, qui est en interaction avec l'environnement .[7]

### I.6.2 Unité informationnelle

Reçoit les instructions décrivant la tâche à accomplir, les mesures relatives à l'état interne de la structure mécanique qui constitue le bras manipulateur et les observations concernant son environnement. Elle élabore en conséquence les commandes de ses différentes articulations en vue de l'exécution de ses tâches. Les systèmes actuels fonctionnent en interaction permanente selon le cycle information-décision-action. [8]

### I.7 Structure générale d'un robot manipulateur

Un robot manipulateur est constitué d'un ensemble de composants, ayant chacun un rôle bien spécifique, lesquels nous allons détailler ci-dessous :



**Figure I.6 :** Structure générale d'un robot manipulateur



### I.8 Structure mécanique des robots manipulateurs [9]

Un robot manipulateur est constitué généralement par deux sous-ensembles distincts :

➤ **Organe terminal** : On utilisera indifféremment le terme organe terminal préhenseur, outil ou effecteur pour nommer le dispositif d'interaction fixé à l'extrémité mobile de la structure mécanique. Les tâches qui sont dévolues aux bras sont très variées. Pour chaque opération ou travail spécifique, l'organe terminal prend un aspect particulier.

➤ **Organe terminal** : On utilisera indifféremment le terme organe terminal préhenseur, outil ou effecteur pour nommer le dispositif d'interaction fixé à l'extrémité mobile de la structure mécanique. Les tâches qui sont dévolues aux bras sont très variées. Pour chaque opération ou travail spécifique, l'organe terminal prend un aspect particulier.

Le porteur a pour rôle de fixer la position du point d'intersection, noté P, des axes des 3 dernières articulations (centre du poignet) ; cette position (P) ne dépend que de la Configuration des solides (corps) 1,2 et 3 (i.e., du porteur),

- le poignet est destiné à l'orientation de l'organe terminal (pince outil). Configuration des solides (corps) 1,2 et 3 (i.e., du porteur),

- le poignet est destiné à l'orientation de l'organe terminal (pince, outil).

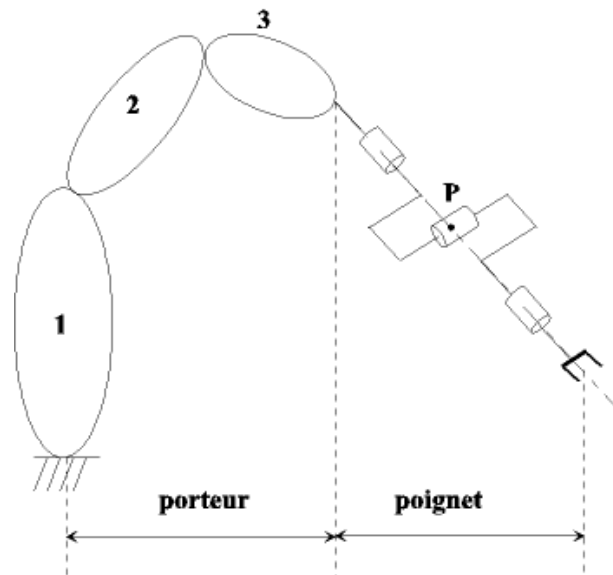


Figure I.6 : Structure de bars manipulateurs



### I.9 Système mécanique articulé [10]

Un système mécanique articulé (SMA) est un ensemble d'éléments solides reliés entre eux par des liaisons animées avec des joints mécaniques

**A- articulation:** c'est un système de motricité qui permet à un corps de se positionner selon les coordonnées attribuées. a. Articulation roto  $\tilde{R}$  de : Il s'agit d'une articulation de type pivot, notée R, réduisant le mouvement entre deux corps à une rotation autour d'un axe commun. La situation relative entre les deux corps est donnée par l'angle autour de cet axe.

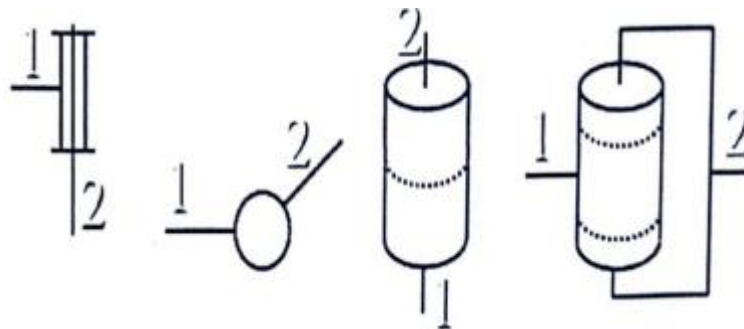


Figure I.7: Représentation d'une articulation roto

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

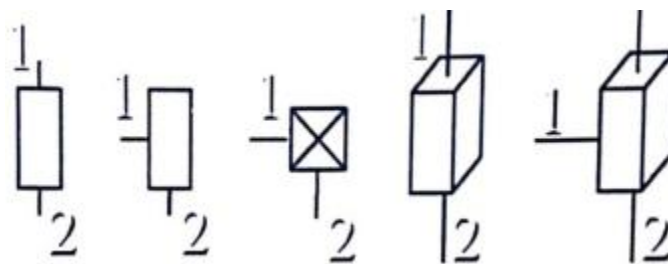
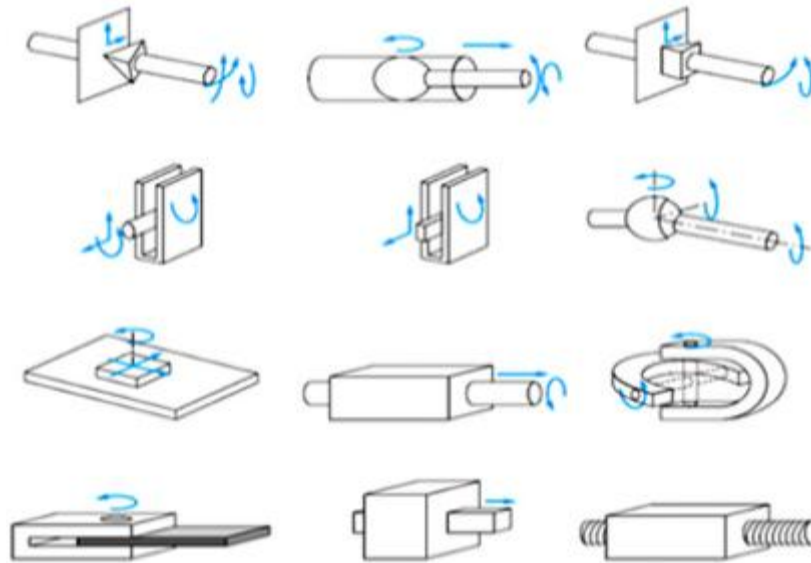


Figure I.8: Représentation d'une articulation prismatique

**c. Articulation rotule :** il s'agit d'une articulation de type sphérique notée S.

**d. Articulation cardan :** il s'agit d'une articulation de type joint universel notée U



**Figure I.9:** Type d'articulations

➤ **L'actionneur :**

Pour être animé, la structure mécanique articulée comporte des moteurs le plus souvent associés à des transmissions (courroies crantées), l'ensemble constitue les actionneurs. Les actionneurs utilisent fréquemment des moteurs électriques à aimant permanent, à courant continu, à commande par l'induit. On trouve de plus en plus de moteurs à commutation électronique (sans balais), ou, pour de petits robots, des moteurs pas à pas. Pour les robots devant manipuler de très lourdes charges (par exemple, une pelle mécanique), les actionneurs sont le plus souvent hydrauliques, agissant en translation (vérin hydraulique) ou en rotation (moteur hydraulique). (Les actionneurs pneumatiques sont d'un usage général pour les manipulateurs à cycles (robots tout ou rien). Un manipulateur à cycles est une structure mécanique articulée avec un nombre limité de degrés de liberté permettant une succession de mouvements contrôlés uniquement par des capteurs de fin de course réglables manuellement à la course désirée (asservissement en position difficile dû à la compressibilité de l'air). [3]

Les robots industriels

➤ **L'organe terminal :**

On regroupe tout dispositif destiné à manipuler des objets (dispositifs de serrage, dispositifs magnétiques, à dépression, ...), ou à les transformer (outils, torche de soudage, pistolet de peinture, ...). En d'autres termes, il s'agit d'une interface permettant au robot d'interagir avec son environnement. Un organe terminal peut être multifonctionnel, au sens où il peut être équipé de plusieurs dispositifs ayant des fonctionnalités différentes. Il peut aussi



être monofonctionnel, mais interchangeable. Un robot, enfin, peut-être multi-bras, chacun des bras portant un organe terminal différent. On utilisera indifféremment le terme organe terminal, préhenseur, outil ou effecteur pour nommer le dispositif d'interaction fixé à l'extrémité mobile de la structure mécanique, exemple : pistolet pour la soudure dans les robots industriels. [3]

### **I.10. Classification des robots [2]**

On peut classer les robots d'un point de vue fonctionnel ou d'après leur structure géométrique.

#### **I.10.1. Classification fonctionnelle**

##### **A. Les Télémanimateurs ou manipulateurs à commande manuelle**

Ils sont commandés à distance et "en temps réel" par un opérateur humain. Cette télécommande se fait à plus ou moins longue distance par signaux mécaniques, hydrauliques, ou le plus souvent électriques. Ces manipulateurs sont employés en forge, fonderie, meulage- ébarbage, milieux "hostiles", etc..., mais nécessitent toujours la présence et l'intervention constante d'un opérateur.



*Figure I.10. Manipulateur à commande manuelle*



## B. Les Manipulateurs automatiques à cycles pré-réglés

Leurs mouvements sont limités par des butées et cames réglables à la main. Ils sont commandés à l'aide de logiques à relais ou pneumatiques (séquences fixes), ou par automates programmables et cartes à microprocesseurs (séquences variables). Généralement modulaires, ces appareils sont conçus pour une application déterminée.



*Figure I.11. Manipulateur à cycle pré-réglé*

## C. Les robots programmables

Ils sont pilotés par des ordinateurs ou des armoires de commande numérique. Leurs mouvements continus dans l'espace sont alors programmés par apprentissage ou en langage symbolique par l'intermédiaire d'un clavier, ou encore sur l'écran d'un poste de CAO. Ils assurent des manipulations complexes, des opérations de soudage, usinage, découpe, peinture et pulvérisation, etc...



*Figure I.12: Robot programmable*



### D. Les robots dits "Intelligents"

Equipés de capteurs (par exemple un système de vision artificielle ou de suivi de joint en soudage), ils peuvent analyser les modifications de leur environnement ou de leur trajectoire et réagir en conséquence. Ces machines appelées robots de "deuxième génération" commencent à être répandus dans l'industrie. La "troisième génération" disposant de capacités de raisonnement grâce à l'intelligence artificielle fait aujourd'hui l'objet de recherches approfondies.



*Figure I.13. Robot intelligent*



### I.10.2. Classification géométrique [5]

On peut aussi classer les robots suivant leur configuration géométrique, autrement dit l'architecture de leur porteur.

Types	Caractéristiques	Schéma équivalent
<b>Robot SCARA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 axes, série, RRP ,3 degrés de liberté.</li> <li>➤ Très rapide.</li> <li>➤ Précis.</li> <li>➤ Espace de travail cylindrique</li> </ul>	
<b>Robot cylindriques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 axes, série, RPP ,3 DDL.</li> <li>➤ Espace de travail cylindrique</li> <li>➤ Très rapide.</li> </ul>	
<b>Robots sphériques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 axes, série, RRT ,3 degrés de liberté.</li> <li>➤ Grande charge utile</li> <li>➤ Espace de travail sphérique</li> </ul>	
<b>Robot cartésiens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 axes, série, PPP, 3 degrés de liberté.</li> <li>➤ Lent</li> <li>➤ Très bonne précision</li> </ul>	
<b>Robots anthropomorphes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reproduisent la structure d'un bras humain.</li> <li>➤ 6 axes, série, 6R, 6 degrés de liberté.</li> </ul>	
<b>Robot parallèles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Plusieurs chaînes cinématique en parallèle</li> <li>➤ Rapide</li> <li>➤ Précis (grand rigidité de la structure).</li> <li>➤ Espace de travail réduit.</li> </ul>	



## **I.11.Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donner une idée générale sur la robotique, l’historique des robots, leurs structures, leurs utilisations et les différents types de robots ainsi que leurs classifications et leurs domaines d'applications et cela va nous servir pour la construction de notre bras manipulateur qui va respecter les classifications et les définitions donner dans ce chapitre .

## CHAPITRE II

# L'ARDUINO

## II-1 Introduction

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée.

L'Arduino est une plateforme électronique (une carte à microcontrôleur à source ouverte qui se base sur des logiciels et du matériel faciles dans leur utilisation. Arduino peut lire les entrées comme elles peuvent en faire des sorties. Au paravent, le cerveau penseur de milliers de projets était Arduino, commençant par des objets quotidiens vers les instruments scientifiques complexes. Des milliers de toutes les catégories mondiales : programmation, décideurs... et même des étudiants se sont disposés autour de cette plateforme à code source ouvert. La contribution de la part de cette communauté a permis d'aider les novices et les experts grâce aux multiples connaissances qu'elle a soumis.

On va en effet parler d'électronique embarquée qui est un sous domaine de l'électronique et qui a l'habileté d'unir la puissance de la programmation à la puissance de l'électronique.

## II-2 Bref historique de l'Arduino

Le projet Arduino est issu d'une équipe d'enseignants et d'étudiants de l'école de Design d'Interaction d'Ivrea (Italie). Ils rencontraient un problème majeur à cette période (2003-2004) ; les outils nécessaires à la création de projet d'interactivité étaient complexes et onéreux (entre 80 et 100 euros). Les outils de prototypage étaient principalement dédiés à l'ingénierie, la robotique et aux domaines techniques.

Leur préoccupation se concentre alors sur la réalisation d'un matériel moins cher et plus facile à utiliser [11].

En 2003, Heranado Barragan, pour sa thèse de fin d'études, avait entrepris le développement d'une carte électronique dénommée « Wiring », accompagnée d'un environnement de programmation libre et ouvert. Cette carte a donc inspiré le projet Arduino (2005) et conçu par une équipe de professeurs et d'étudiants (David Mellis, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Caurtielles, Massimo Banzi et Nicholas Zambetti) [12].

### II-3 Définition d'un microcontrôleur

Un microcontrôleur (en notation abrégée  $\mu\text{c}$ , ou uc ou encore MCU en anglais) est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires (mémoire morte pour le programme, mémoire vive pour les données), unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une plus

faible consommation électrique, une vitesse de fonctionnement plus faible (de quelques mégahertz jusqu'à plus d'un gigahertz) et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels. Par rapport à des systèmes électroniques à base de microprocesseurs et autres composants séparés, les microcontrôleurs permettent de diminuer la taille,

la consommation électrique et le coût des produits. Ils ont ainsi permis de démocratiser l'utilisation de l'informatique dans un grand nombre de produits et de procédés. [13]

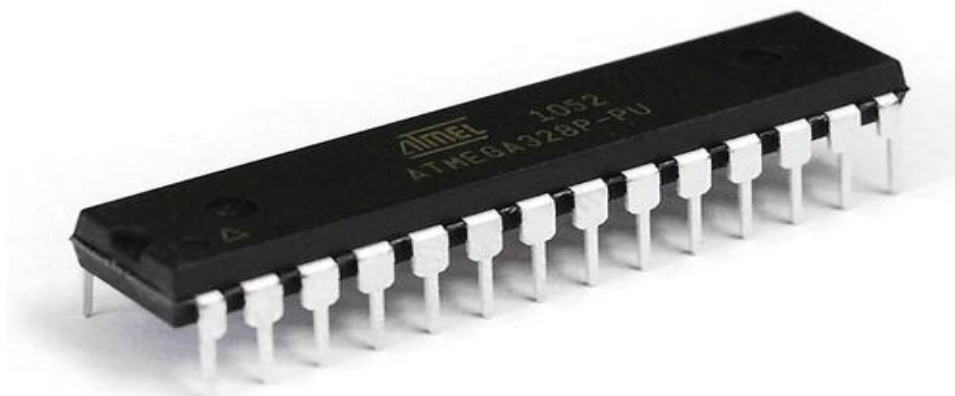


Figure II-1 Le microcontrôleur

### II-3 Définition d'arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en

licence libre. Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartez 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise l'logiciel IDE Arduino. [14]

### II-4 Le système Arduino

L'Arduino est une «plate-forme de prototype électronique open-source» permettant d'utiliser simplement un microcontrôleur ATMEL AVR.

Le système Arduino est une carte électronique (figure II-1) basée autour d'un microcontrôleur et de composants minimum pour réaliser des fonctions plus ou moins évoluées à bas coût. Elle possède un port USB pour la programmer. C'est une plateforme open-source qui est basée sur une carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel, c'est véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur. Arduino peut être utilisée pour développer des applications matérielles industrielles légères ou des objets interactifs (création artistiques par exemple), et peut recevoir en entrées une très grande variété de capteurs. Arduino peut aussi contrôler une grande variété d'actionneurs (lumières, moteurs ou toutes autres sorties matériels). Les projets Arduino peuvent être autonomes, ou communiquer avec des logiciels sur un ordinateur (Flash, Processing ou MaxMSP). Les cartes électroniques peuvent être fabriquées manuellement [14]

ou bien être achetées pré assemblées le logiciel de développement open source est téléchargeable gratuitement.

Par sa simplicité d'utilisation, Arduino est utilisée dans beaucoup d'applications comme l'électronique industrielle et l'informatique embarquée, la modélisation, la robotique et la domotique, et bien plus encore. [15]

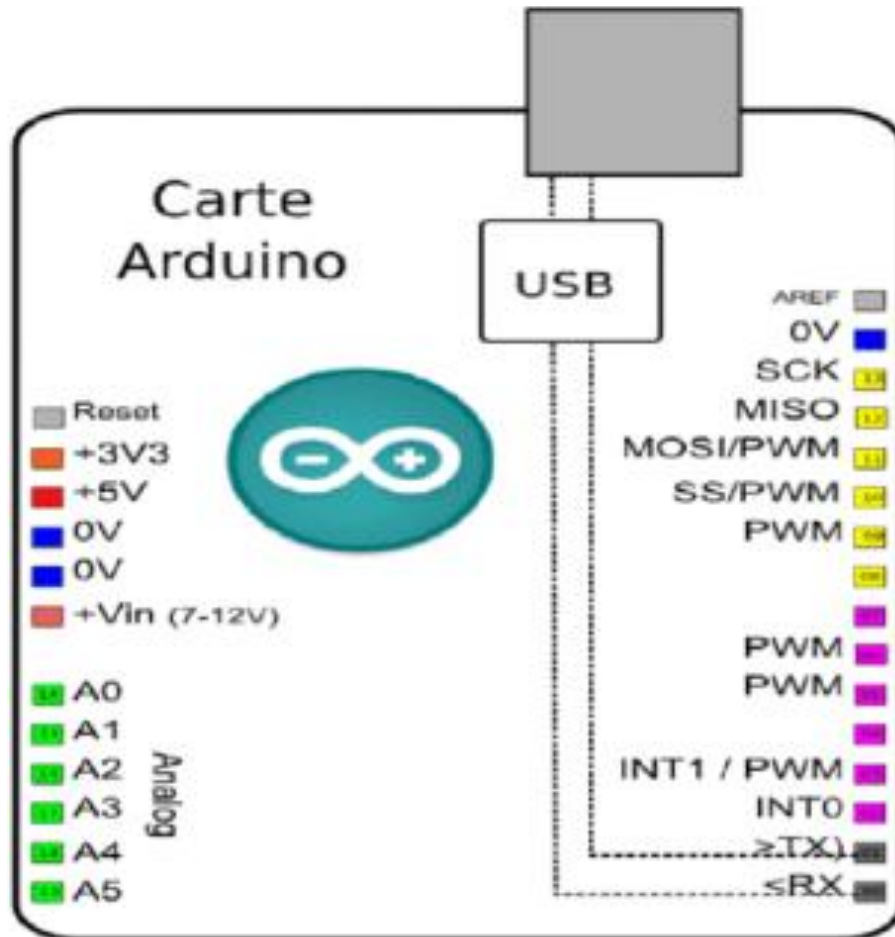


Figure II-2 Le système Arduino

## II-4 Différent type d'arduino

### II-4-1 Arduino uno :



Figure II-3 Arduino uno

### II-4-2 Arduino nano :



Figure II-4 Arduino nano

### II-4-3 Arduino mega

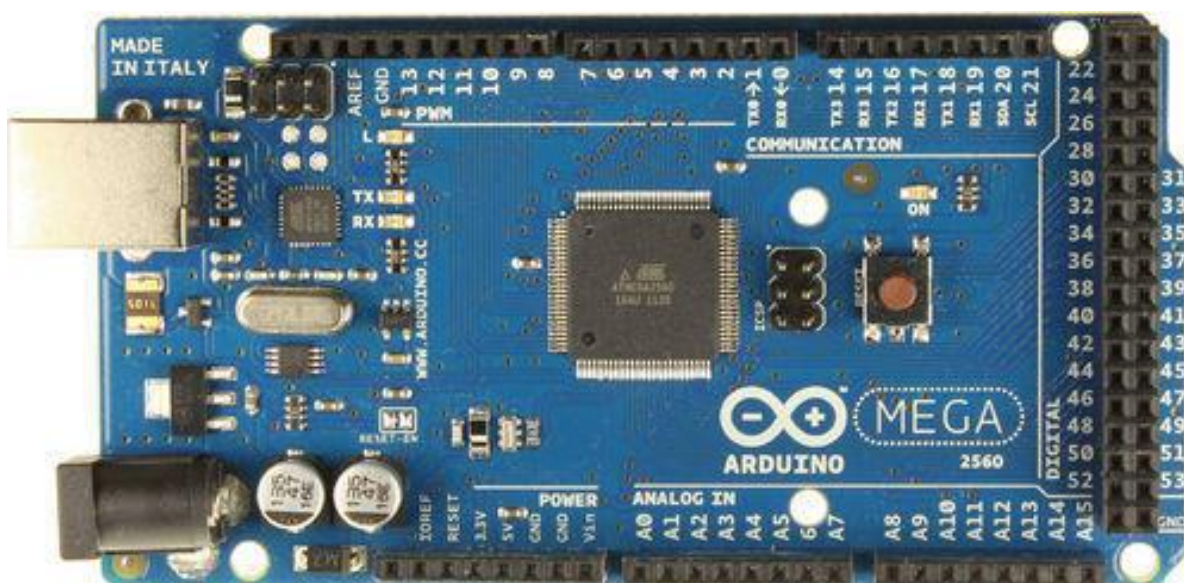


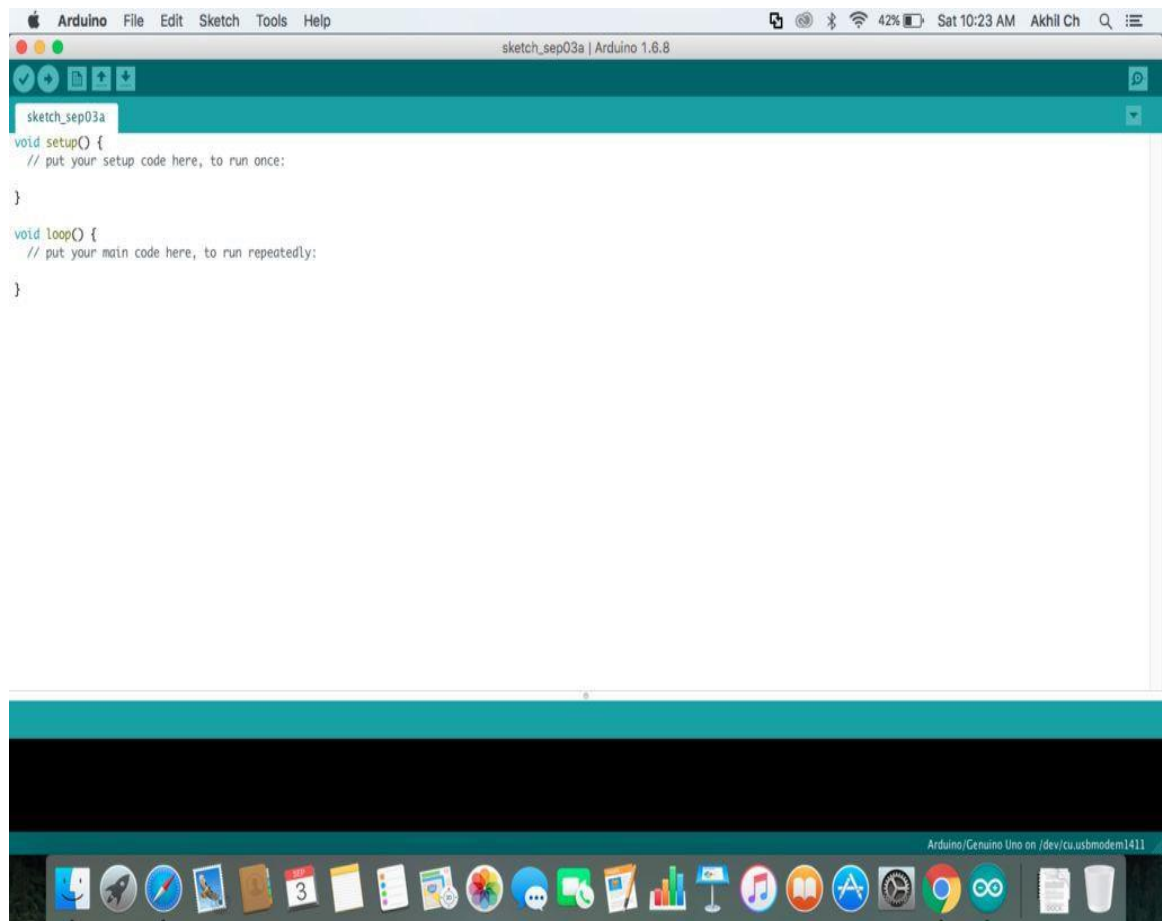
Figure II-5 Arduino mega

### II-5 Programmation de l'Arduino :

En ce qui concerne sa partie programmation, la principale chose que nous devons avoir en tête est le langage de programmation que nous allons utiliser pour la programmation.

Le langage Arduino est simplement un ensemble de fonctions C/C++ pouvant être appelées à partir d'un code. L'esquisse subit des modifications mineures (par exemple, la génération automatique de prototypes de fonctions) et est ensuite transmise directement à un compilateur C/C++. Et pour le compilateur, voici le nouveau terme appelé Carte de développement intégré Arduino (Arduino IDE). L'Arduino / Genuino Uno nano. mega .peut être programmé avec le (logiciel Arduino (IDE)). Sélectionnez "Arduino / Genuino Uno nano. mega dans le menu Outils> Carte (en fonction du microcontrôleur de la carte utiliser).

[16]



**Figure II.6** exemple de démarrage de program Arduino

## II-6 Applications Le système Arduino

nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines, nous pouvons donner quelques exemples :

- ✓ Contrôler les appareils domestiques
- ✓ Faire un jeu de lumières
- ✓ Communiquer avec l'ordinateur
- ✓ Télécommander un appareil mobile (modélisme) etc
- ✓ Fabriquer votre propre robot. Avec Arduino,

nous allons faire des systèmes électroniques tels qu'une bougie électronique, une calculatrice simplifiée, un synthétiseur, etc. Tous ces systèmes seront conçus avec pour base une carte Arduino et un panel assez large de composants électroniques. [15]

## II-7 Bonnes raisons de choisir Arduino [17] :

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose.

Notamment les microcontrôleurs « PIC » du fabricant Micro chip. Nous allons voir pourquoi choisir l'Arduino.

### a. Le prix

En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.

### b. La liberté

C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino.

### c. La compatibilité

Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.

### d. La communauté

La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site [arduino.cc](http://arduino.cc) (en anglais) et [arduino.cc](http://arduino.cc) (en français).

### **II-8 Conclusion :**

Arduino est un outil de programmation qui nous permet de mettre des programmes de circuits électroniques pour obtenir des interactions avec des composants extérieurs (on obtient comme exemple les moteurs, les capteurs...).

Généralement, Arduino est utilisé pour la domotique et la robotique. Ses multiples entrées et sorties nous permettent de faire plusieurs choses à faible coût. Il donne un ensemble très large de cartes, chaque carte a une taille différente que l'autre avec plus ou moins d'entrées et de sorties. On peut rajouter aussi plusieurs modules sur chaque carte pour rajouter des fonctionnalités et des rôles.

## CHAPITRE III

# LES MOTEURS

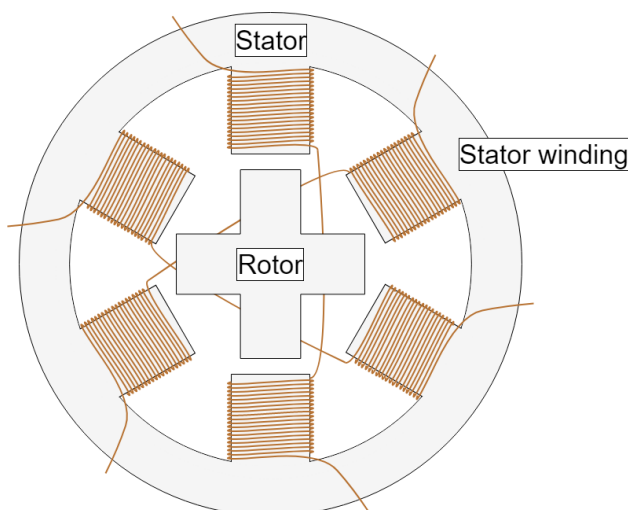




### III-2-1 Principes de fonctionnement

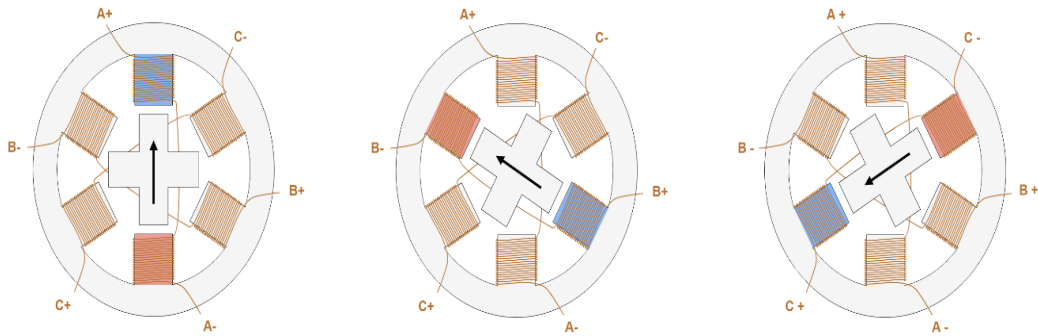
Principes de fonctionnement d'un moteur pas à pas Comme pour les moteurs électriques, les moteurs pas à pas ont une partie fixe (le stator) et une partie mobile (le rotor). Sur le stator, il y a des dents auxquelles sont attachés des fils, tandis que la partie mobile est soit un aimant permanent, soit un noyau ferro-rotatif barré. Nous approfondirons plus tard les différentes structures de rotor. La figure III-[18]

montre un dessin représentant la section d'induit, où le rotor est un noyau de fer à réluctance variable.



**Figure III-2 :** Coupe transversale d'un moteur pas à pas

Le principe de fonctionnement de base du moteur pas à pas est le suivant : En alimentant une ou plusieurs des phases du stator, un champ magnétique est généré par le courant circulant dans la bobine et le rotor s'aligne sur ce champ. En alimentant différentes phases en séquence, le rotor peut être tourné d'une quantité spécifique pour atteindre la position finale souhaitée. La figure III-3 montre une représentation du principe de fonctionnement. Au début, la bobine A est excitée et le rotor est aligné avec le champ magnétique qu'il produit. Lorsque la bobine B est alimentée, le rotor tourne dans le sens des aiguilles d'une montre de  $60^\circ$  pour s'aligner avec le nouveau champ magnétique. La même chose se produit lorsque la bobine C est excitée. Sur les images, les couleurs des dents du stator indiquent la direction du champ magnétique généré par l'enroulement du stator. [19]

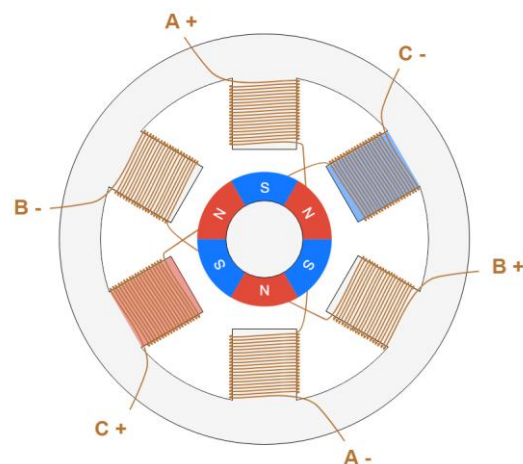


**Figure III-3:** Étapes du moteur pas à pas

### III-2-2 Les types des moteurs pas à pas

Types et construction de moteurs pas à pas Les performances d'un moteur pas à pas - à la fois en termes de résolution (ou de taille de pas), de vitesse et de couple - sont influencées par les détails de construction, qui peuvent également affecter la manière dont le moteur peut être contrôlé. En fait, tous les moteurs pas à pas n'ont pas la même structure interne (ou construction), car il existe différentes configurations de rotor et de stator.

- ✚ Rotor, Pour un moteur pas à pas, il existe essentiellement trois types de rotors :
  - ⇒ **Rotor à aimant permanent** : Le rotor est un aimant permanent qui s'aligne sur le champ magnétique généré par le circuit du stator. Cette solution garantit un bon couple et également un couple de détente. Cela signifie que le moteur résistera, même si ce n'est pas très fort, à un changement de position, qu'une bobine soit alimentée ou non. Les inconvénients de cette solution sont qu'elle a une vitesse et une résolution inférieures par rapport aux autres types. La figure III-4 montre une représentation d'une section d'un moteur pas à pas à aimant permanent. [20]



**Figure III-4:** Moteur pas à pas à aimant permanent



- ⇒ **Rotor à réluctance variable** : Le rotor est constitué d'un noyau de fer et a une forme spécifique qui lui permet de s'aligner avec le champ magnétique (voir Figure III-2 et Figure III-3). Avec cette solution, il est plus facile d'atteindre une vitesse et une résolution plus élevées, mais le couple qu'il développe est souvent plus faible et il n'a pas de couple de détente. [21]
- ⇒ **Rotor hybride** : Ce type de rotor a une construction spécifique et est un hybride entre les versions à aimant permanent et à réluctance variable. Le rotor comporte deux calottes à dents alternées, et est aimanté axialement. Cette configuration permet au moteur d'avoir les avantages des versions à aimant permanent et à réluctance variable, en particulier la résolution, la vitesse et le couple élevés. Cette performance supérieure nécessite une construction plus complexe, et donc un coût plus élevé. La figure III- 5 montre un exemple simplifié de la structure de ce moteur. Lorsque la bobine A est alimentée, une dent du capuchon magnétisé N s'aligne avec la dent magnétisée S du stator. En même temps, en raison de la structure du rotor, la dent magnétisée S s'aligne avec la dent magnétisée N du stator. Les vrais moteurs ont une structure plus complexe, avec un nombre de dents plus élevé que celui montré sur l'image, bien que le principe de fonctionnement du moteur pas à pas soit le même. Le nombre élevé de dents permet au moteur d'atteindre une petite taille de pas, jusqu'à  $0,9^\circ$ . [22]

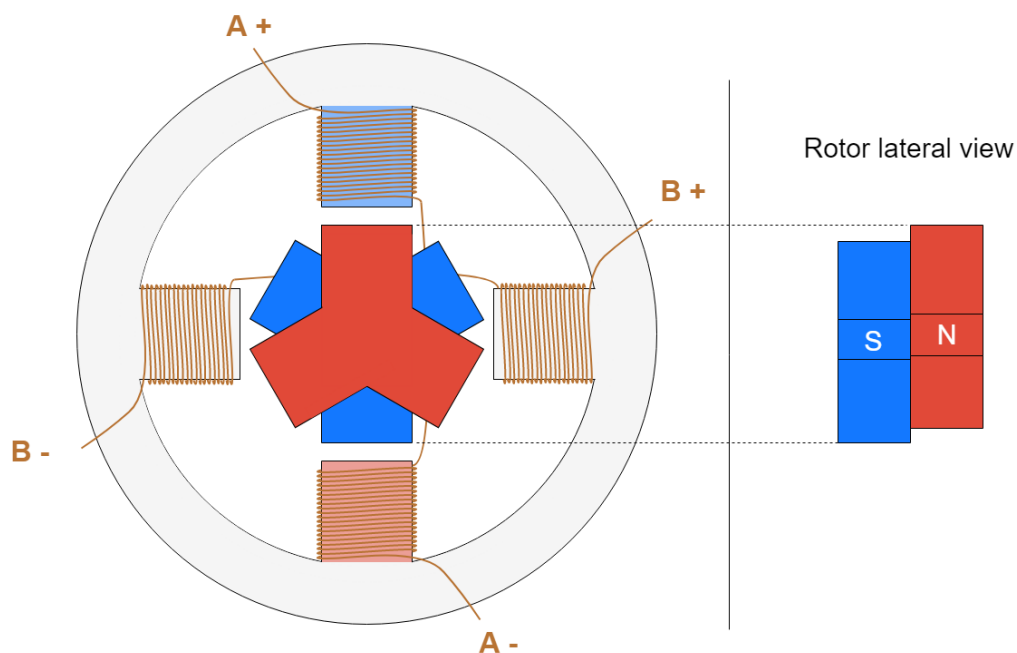
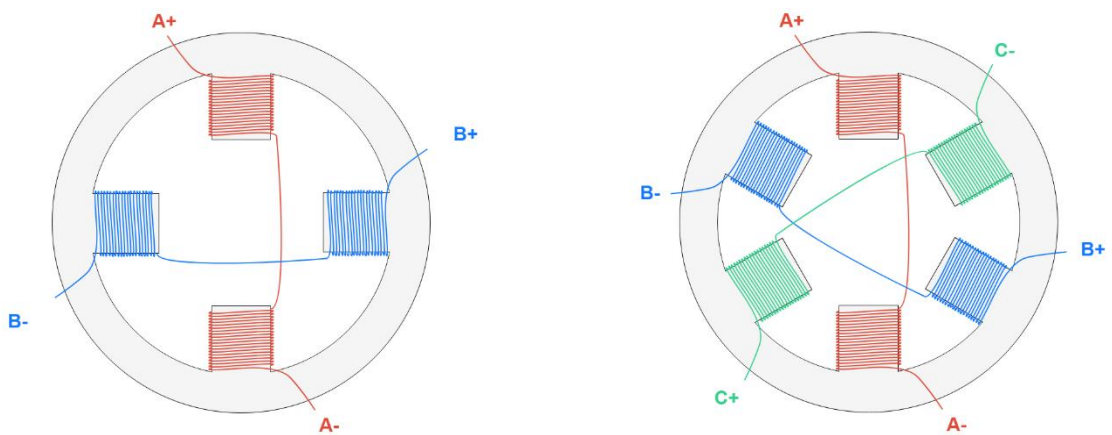


Figure III-5: Hybrid Stepper Motor

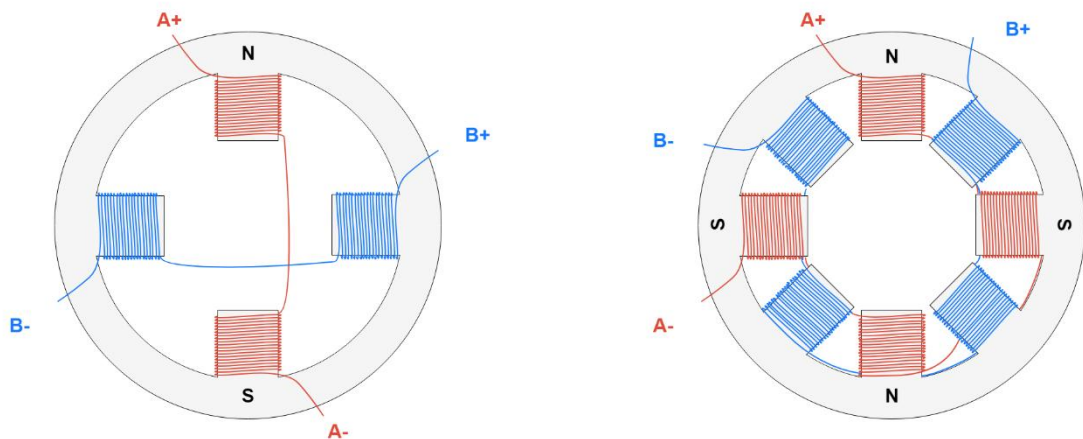


 Stator

Le stator est la partie du moteur chargée de créer le champ magnétique avec lequel le rotor va s'aligner. Les principales caractéristiques du circuit du stator comprennent son nombre de phases et de paires de pôles, ainsi que la configuration des fils. Le nombre de phases est le nombre de bobines indépendantes, tandis que le nombre de paires de pôles indique comment les paires de dents principales sont occupées par chaque phase. Les moteurs pas à pas biphasés sont les plus couramment utilisés, tandis que les moteurs triphasés et cinq phases sont moins courants (voir Figure III-6 et Figure III-7). [23]



**Figure III-6 :** Enroulement de stator biphasé (à gauche), Enroulement de stator triphasé (à droite)



**Figure III-7 :** Stator biphasé à paire unipolaire (gauche) et stator biphasé à paire dipolaire (droite). Les lettres indiquent le champ magnétique généré lorsqu'une tension positive est appliquée entre A+ et A-

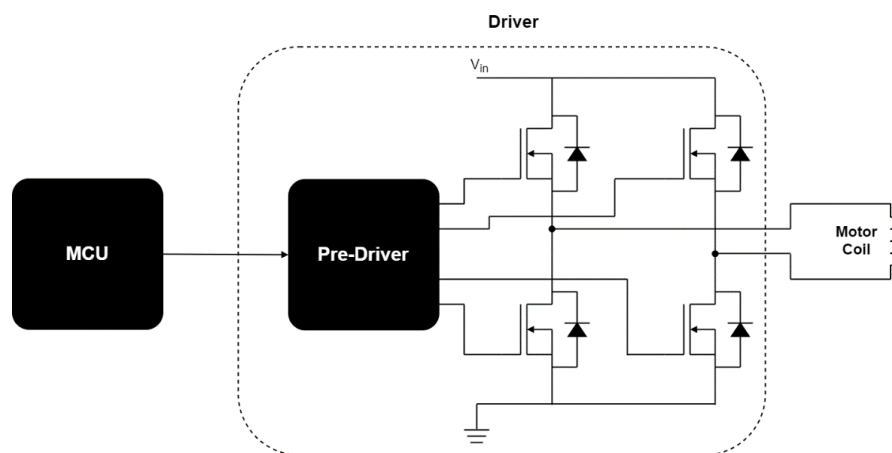


### III-2-3 Contrôle du moteur pas à pas

Nous avons vu précédemment que les bobines du moteur doivent être alimentées, dans une séquence spécifique, pour générer le champ magnétique avec lequel le rotor va s'aligner. Plusieurs dispositifs sont utilisés pour fournir la tension nécessaire aux bobines, et ainsi permettre au moteur de fonctionner correctement. En partant des appareils les plus proches du moteur, nous avons :

- ⇒ Un pont à transistors est le dispositif contrôlant physiquement la connexion électrique des bobines du moteur. Les transistors peuvent être vus comme des interrupteurs à commande électrique qui, lorsqu'ils sont fermés, permettent la connexion d'une bobine à l'alimentation électrique et donc la circulation du courant dans la bobine. Un pont de transistor est nécessaire pour chaque phase du moteur.
- ⇒ Un pré-driver est un dispositif qui contrôle l'activation des transistors, fournissant la tension et le courant requis, il est à son tour contrôlé par un MCU.
- ⇒ Un MCU est une unité de microcontrôleur, qui est généralement programmée par l'utilisateur du moteur et génère des signaux spécifiques pour le pré-pilote afin d'obtenir le comportement moteur souhaité. [24]

La figure III-8 montre une représentation simple d'un schéma de commande de moteur pas à pas. Le pré-driver et le pont de transistors peuvent être contenus dans un seul dispositif, appelé driver.



**Figure III-8** : Schéma de base du contrôle du moteur



### Types de pilote de moteur pas à pas

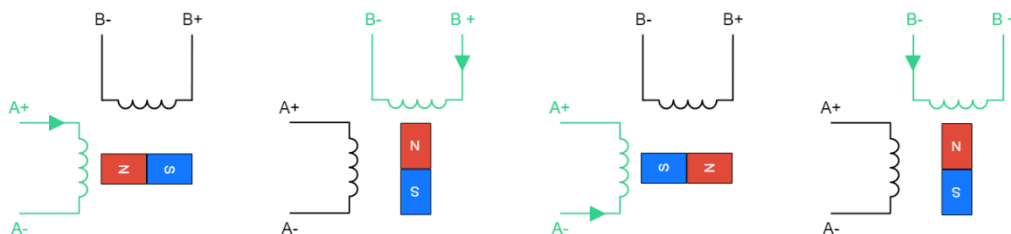
Il existe différents pilotes de moteurs pas à pas disponibles sur le marché, qui présentent différentes fonctionnalités pour des applications spécifiques. Les caractéristiques les plus importantes incluent l'interface d'entrée. Les options les plus courantes sont :

- Pas/Direction – En envoyant une impulsion sur la broche Pas, le pilote modifie sa sortie de sorte que le moteur effectue un pas, dont la direction est déterminée par le niveau sur la broche Direction.
- Phase/Activer – Pour chaque phase d'enroulement du stator, Phase détermine la direction du courant et déclenche l'activation si la phase est alimentée.
- PWM - Contrôle directement les signaux de grille des FET côté bas et côté haut. [25]

### III-2-4 Techniques de conduite de moteur pas à pas :

Il existe quatre techniques de conduite différentes pour un moteur pas à pas :

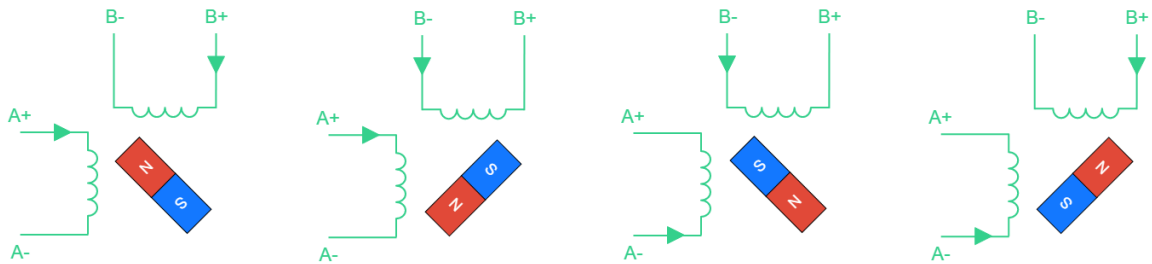
**wave mode**, une seule phase à la fois est alimentée (voir Figure III-9). Pour simplifier, on dira que le courant circule dans le sens positif s'il va du + vers le - d'une phase (par exemple de A+ vers A-) ; sinon, la direction est négative. En partant de la gauche, le courant ne circule que dans la phase A dans le sens positif et le rotor, représenté par un aimant, est aligné avec le champ magnétique généré par celui-ci. À l'étape suivante, il ne circule que dans la phase B dans le sens positif et le rotor tourne de 90° dans le sens des aiguilles d'une montre pour s'aligner sur le champ magnétique généré par la phase B. Plus tard, la phase A est à nouveau alimentée, mais le courant circule dans le sens négatif, et le rotor tourne à nouveau de 90°. Dans la dernière étape, le courant circule négativement dans la phase B et le rotor tourne à nouveau de 90°.[26]



**Figure III-9:** Étapes du **wave mode**

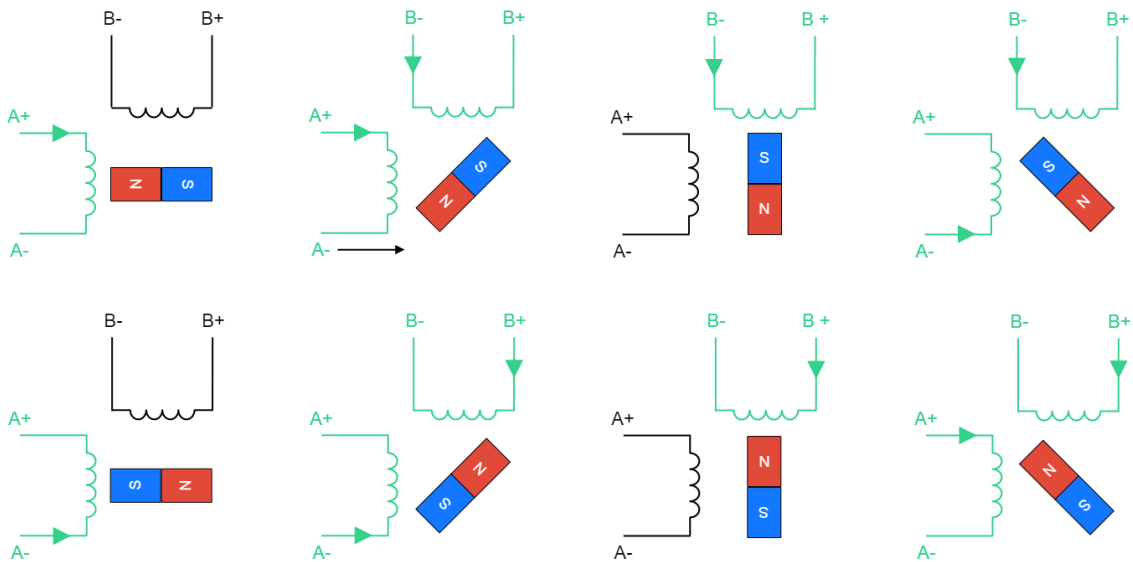


**full-step mode** deux phases sont toujours alimentées en même temps. La figure III-10 montre les différentes étapes de ce mode de pilotage. Les étapes sont similaires à celles du mode d'onde, la différence la plus significative étant qu'avec ce mode, le moteur est capable de produire un couple plus élevé car plus de courant circule dans le moteur et un champ magnétique plus fort est généré.



**Figure III-10: Étapes du full-step mode**

**Half-step mode** est une combinaison des modes vague et pas à pas (voir Figure III-11 ). L'utilisation de cette combinaison permet de réduire de moitié la taille du pas (dans ce cas,  $45^\circ$  au lieu de  $90^\circ$ ). Le seul inconvénient est que le couple produit par le moteur n'est pas constant, puisqu'il est plus élevé lorsque les deux phases sont alimentées, et plus faible lorsqu'une seule phase est alimentée.

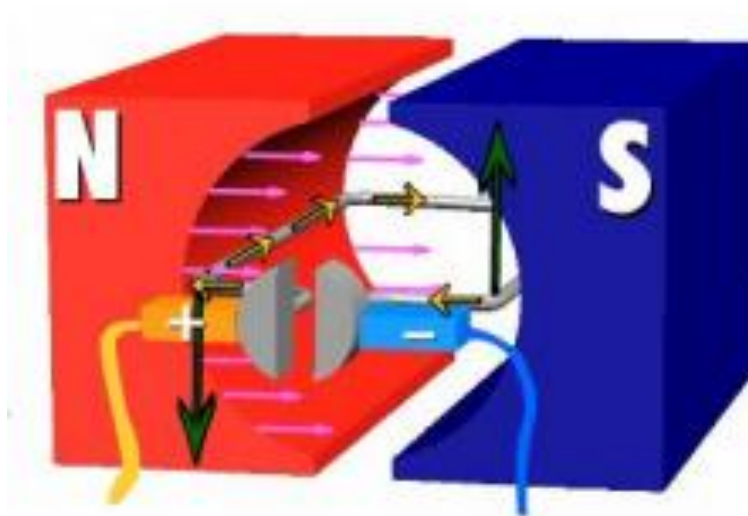


**Figure III-11: Étapes du full-step mode**



## II-3 LE MOTEUR A COURANT CONTINU :

Un moteur à courant continu ou moteur à courant continu est une machine électrique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique en créant un champ magnétique alimenté en courant continu. Lorsqu'un moteur à courant continu est alimenté, un champ magnétique est créé dans son stator. Le champ attire et repousse les aimants sur le rotor ; cela fait tourner le rotor. Pour maintenir le rotor en rotation continue, le collecteur qui est attaché aux balais connectés à la source d'alimentation fournit du courant aux enroulements de fils du moteur. [27]



**Figure III-12:** moteur à courant continu

### III-3 Types de moteurs à courant continu

#### III-3-1 Moteur à courant continu brossé (brushes dc motor)

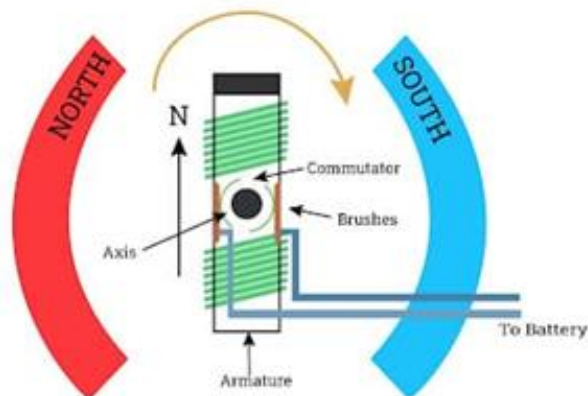
Le champ magnétique dans un moteur à courant continu à balais est produit par le courant envoyé à travers un commutateur et un balai qui sont connectés au rotor. Les balais sont en carbone et peuvent être excités séparément ou auto-excités. Le stator est l'enceinte qui contient les composants du moteur et contient le champ magnétique. L'enroulement de la bobine sur le rotor peut être en série ou en parallèle pour former soit un moteur à courant continu à enroulement série, soit un moteur à courant continu à enroulement shunt. [21]

Le commutateur est un interrupteur électrique qui inverse le courant entre le rotor et la source d'alimentation externe. C'est une méthode d'application de courant électrique aux enroulements et produit un couple de rotation constant en inversant le sens du courant. Les sections du collecteur sont fixées aux enroulements du rotor par un ensemble de barres de contact qui sont placées dans l'arbre du moteur. [24]



Il existe trois principaux types de moteurs à courant continu : à excitation séparée, à excitation automatique ou à aimant permanent. Dans les systèmes excités et auto-excités séparément, un électroaimant est utilisé dans la structure du stator. Avec le type à aimant permanent, un aimant puissant génère le champ magnétique.

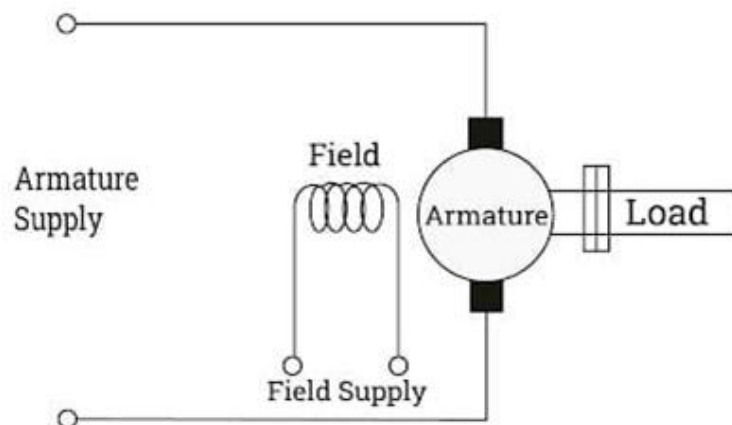
Les moteurs à courant continu auto-excités sont en outre divisés en shunt, série et composé. Le type excité composé est séparé en cumulatif et différentiel avec des shunts courts et longs dans chaque type. [20]



**Figure II-13:** moteur à courant continu auto-excités

### III-4-2 Moteur à courant continu à excitation séparée (Separately Excited DC Motor)

Dans un moteur à courant continu excité séparément, le moteur a des alimentations électriques séparées pour l'enroulement d'induit et l'enroulement de champ, qui sont électriquement séparés l'un de l'autre. Les opérations du courant d'induit et du courant de champ n'interfèrent pas les unes avec les autres, mais la puissance d'entrée est leur somme totale. [22]



**Figure III-14:** Separately Excited DC Motor



### III-4-1 Moteur à courant continu à aimant permanent

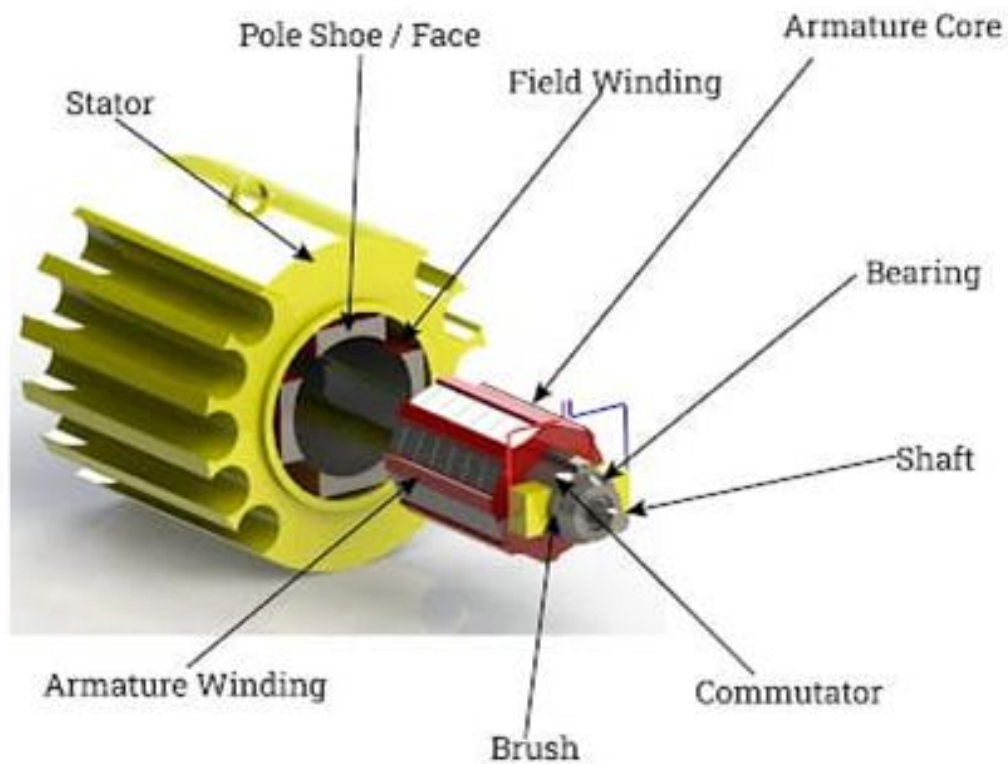
Un moteur à courant continu à aimant permanent a un enroulement d'induit mais n'a pas d'enroulement de champ. L'aimant permanent est monté sur la surface intérieure du noyau du stator pour produire le champ magnétique. Il possède une armature régulière composée d'un collecteur et de balais. [23]

Les moteurs à courant continu à aimant permanent sont plus petits et moins chers. Ils utilisent des aimants de terres rares comme le samarium cobalt ou le néodyme fer bore.

Comment fonctionnent les moteurs à courant continu[21]

#### ⇒ Stator

Le stator est le corps principal immobile du moteur, et il fournit un support et une protection pour le moteur. Le stator fournit un champ magnétique tournant qui entraîne l'induit ou le rotor. C'est la partie statique du moteur qui abrite les enroulements inducteurs et reçoit l'alimentation électrique par ses bornes. [15]

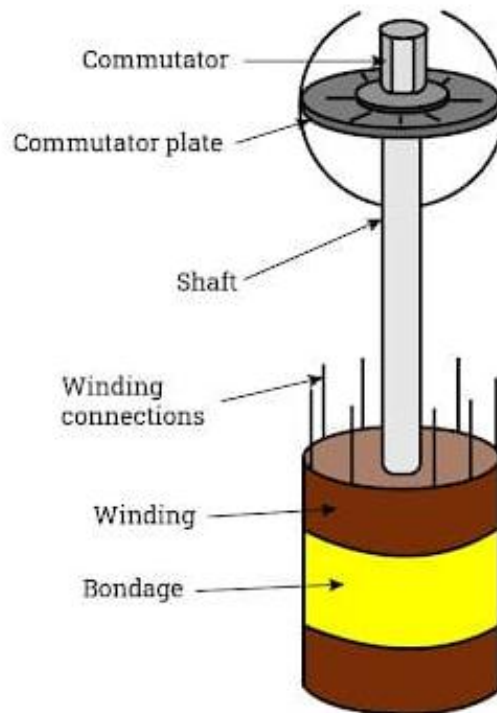


**Figure III-14:** Le stator de moteur



⇒ **rotor**

Les enroulements et le collecteur font tourner l'arbre, qui est au centre du moteur et fait d'un métal trempé, généralement de l'acier, pour résister aux charges de l'application. Les barres de collecteur sont fixées à la plaque qui est fixée à l'arbre par moulage plastique. Le couple produit par l'enroulement est transmis à l'arbre supporté par le stator. L'arbre dépasse du stator et relie le moteur à l'application. [14]



**Figure III-14:** Le rotor de moteur



### **III-5 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur les capteurs et les actionneurs. On a limité notre étude à deux types de moteurs : moteur pas à pas et moteur à courant continu. On a étudié leurs principes de fonctionnement ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque moteur.

## CHAPITRE IV

# **SIMULATION ET RÉALISATION D'UN ROBOT**



## **IV- Introduction :**

Les chapitres précédents ont porté sur l'étude des principaux constituants d'un robot. Dans ce chapitre, on va présenter la partie programmation et simulation de bras manipulateur ainsi que la structure et les segments du bras. Dans la partie commande, on va expliquer comment on a commandé le bras manipulateur avec le Bluetooth et ses mouvements.

### **IV-1 Servomoteurs :**

Un servomoteur se compose d'un moteur à courant continu, d'un axe de rotation, d'un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe et d'une carte électronique. Celle-ci est utilisée pour contrôler la position de l'axe et le pilotage du moteur. Le servomoteur se distingue par une plus grande précision et une puissance accrue. Il fonctionne sur le système d'une boucle fermée. Un servomoteur est capable de maintenir une position prédéterminée dans les instructions.

#### **IV-1-1 Avantage des servomoteurs**

L'un des avantages principaux est qu'il peut tourner à grande vitesse tout en conservant le couple nominal. Ils peuvent aussi supporter jusqu'à près de deux fois leur couple nominal pour une courte période de temps. Attention car ceci entraîne un échauffement et donc nécessite de pouvoir dissiper cette chaleur par la suite. Ces moteurs sont équipés de codeurs ce qui les rend précis et fiables.

#### **IV-1-2 Inconvénient des servomoteurs**

Ces moteurs peuvent être très chers. Ils nécessitent des codeurs complexes. Si le codeur n'est pas configuré correctement, il peut nécessiter plus de maintenance. Les servomoteurs peuvent aussi nécessiter l'adjonction d'un réducteur de vitesse pour utiliser des vitesses de rotation faibles ou pour augmenter le couple disponible. Cela ajoute évidemment un élément de complexité au système et donc un coût supplémentaire.



### IV-1-3 Les moteurs choisis

Dans notre projet on a choser :



Figure VI-1 :SG90 Micro Servomoteur

Tableau VI-1 : caractéristiques SG90 Micro Servomoteur

<b>Références</b>	<b>SG90</b>
<b>Poids</b>	<b>09g</b>
<b>Couple d'arrêt</b>	<b>1.8 kgf.cm</b>
<b>Tension de fonctionnement</b>	<b>4.8V ( ~ 5V)</b>
<b>Vitesse</b>	<b>0.1 s/60°</b>
<b>Rotation angle</b>	<b>180°</b>



Figure VI-2 : MG996R Servomoteur

Tableau VI-1 : caractéristiques MG996R Micro Servomoteur

<b>Références</b>	<b>MG996R</b>
<b>Poids</b>	<b>55g</b>
<b>Couple d'arrêt</b>	<b>9.5 kgf.cm</b>
<b>Tension de fonctionnement</b>	<b>4.8V</b>
<b>Vitesse</b>	<b>0.17 s/60°</b>
<b>Rotation angle</b>	<b>180°</b>

## IV-2 Comment commende les moteur

Dans cette partie de notre travail nous allons utiliser la carte Arduino UNO, pour générer la commande PWM pour les servomoteurs, et voir comment les choisir avec les calculs des différents couples pour pouvoir manipuler le bras robot .



## IV-2-1 Arduino UNO

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le coeur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur 8bits avec une vitesse d'horloge de 16Mhz de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C. L'intérêt principal des cartes ARDUINO est leur facilité de mise en oeuvre. ARDUINO fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source. Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB.

En outre, des bibliothèques de fonctions "clé en main" sont également fournies pour l'exploitation d'entrées-sorties courantes : génération de signaux PWM



Figure VI-3 : Carte Arduino UNO

l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement sur :

- ⇒ **La mémoire Flash** : C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko).
- ⇒ **RAM** : c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.
- ⇒ **EEPROM** : C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme.



### IV-2-1-1 Les sources de l'alimentation de la carte

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée Sortie) et cela comme suit :

- ⇒ **VIN**. La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- ⇒ **5V**. La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- ⇒ **3V3**. Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit integer faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.
- ⇒ **GND**

### IV-2-1-2 Les entrées / sorties d'Arduino UNO :

#### a. Les entrées analogiques A0 à A5 :

Contrairement aux entrées/sorties numériques qui ne peuvent prendre que deux états HAUT et BAS, ces six entrées peuvent admettre un millier de valeurs (1024 exactement) analogiques comprises entre 0 et 5 Volts. Nous pourrions donc avoir des valeurs de tension précises à 5 mV près ( $\approx 5V/1024$ ).

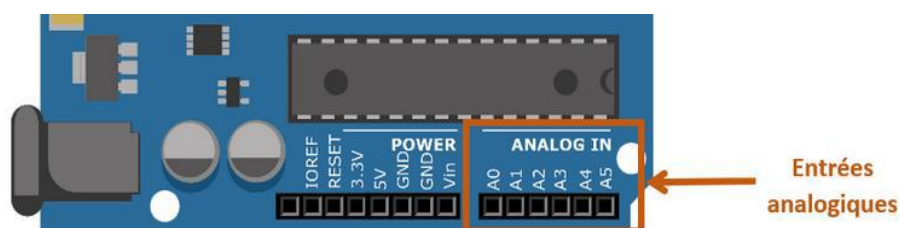
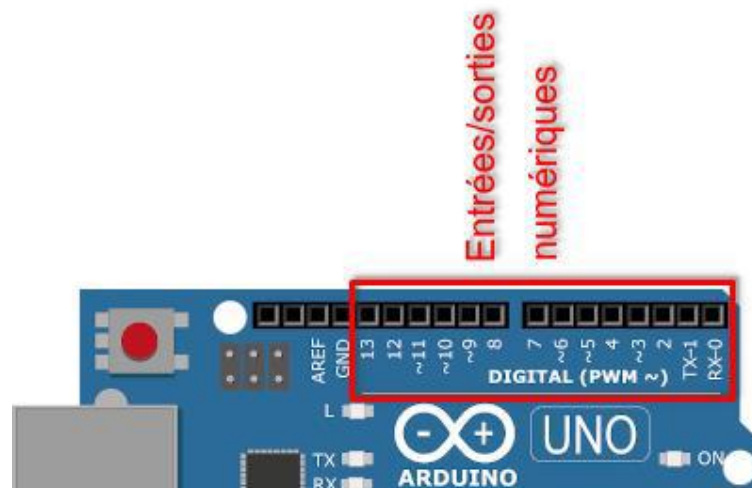


Figure VI-4: les entrées/sorties analogiques



**b. Les entrées/sorties numériques : de D0 à D13 :**

Chacun des connecteurs D0 à D13 peut être configuré par programmation en entrée ou en sortie, nous pouvons donc avoir par exemple les connecteurs 2 et 3 configurés comme des entrées et les connecteurs 7, 8 et 9 configurés comme des sorties. Il est par conséquent possible de connecter côte à côte des capteurs logiques (interrupteurs par exemple) aux connecteurs 2 et 3 et des actionneurs aux connecteurs 7, 8 et 9.



**Figure VI-5:** les entrées/sorties numériques

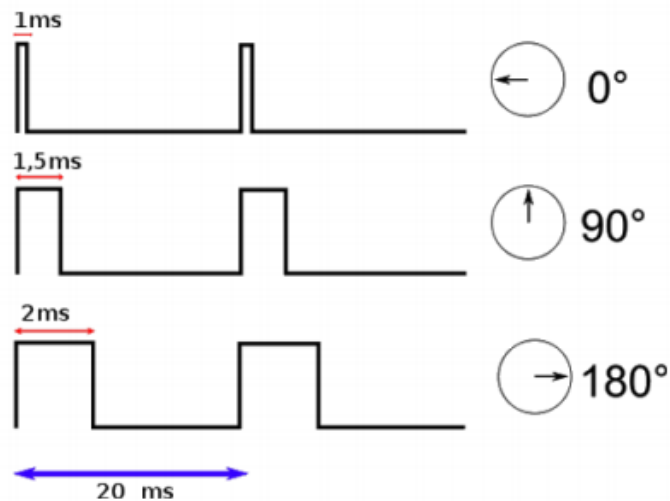
### IV-2-2 Commande PWM (Pulse Width Modulation)

PWM signifie Pulse Width Modulation, modulation par largeur d'impulsion. La commande par PWM permet de produire simplement une variation de la valeur moyenne d'une tension.

En effet, si on considère une période  $T$  (donc  $1/F$ ) et si on appelle  $T_{on}$  le temps où le signal est à 1, et  $T_{off}$  le temps où le signal est au repos alors on a  $T = T_{on} + T_{off}$ . En agissant sur  $T_{on}$  on modifie la valeur moyenne de  $V$  sur cette période. En choisissant une fréquence adéquate et en agissant sur le rapport cyclique ( $T_{on}/T_{off}$ ) on fait varier la valeur moyenne de  $V$  aux bornes du moteur.

Le principe de base est assez simple. Il suffit d'envoyer une impulsion et c'est le temps que durera cette impulsion qui déterminera l'angle du servomoteur. Ce temps d'impulsion est de quelques millisecondes et doit être répété à intervalle régulier (toutes les 20 ms). Si le temps d'impulsion varie d'un fabricant à l'autre, les valeurs suivantes sont assez standard:

- ⇒ 1 ms = 0 degré
- ⇒ 1.50 ms = 90 degrés
- ⇒ 2 ms = 180 degrés



**Figure VI-6:** les signal PWM

Pour commander un servomoteur avec la carte ARUIDO UNO il existe une librairie (LIBRAIRIE SERVO.H) qui est incluse dans l'IDE, pour faciliter son pilotage.

- **servo.attach(pin)** : permet d'attacher une pin à un servomoteur.
- **servo.write(angle)** : demande au servomoteur de se positionner à l'angle transmis en paramètre .

**Exemple :** programmation d'un servomoteur

```
#include <Servo.h>
Servo monservo; // crée l'objet pour contrôler le servomoteur
void setup()
{
  pinMode(9, OUTPUT); //mettre la broche 9 en sortie
  monservo.attach(9); // utilise la broche 9 pour le contrôle du servomoteur
  monservo.write(0); // initialisation du servomoteur à 0°
}
void loop()
{
  monservo.write(45); // commander le servomoteur à 45°
  delay(1000); // attendre une seconde
  monservo.write(90); // commander le servomoteur à 90°
  delay(1000); // attendre une seconde
  monservo.write(180); // commander le servomoteur à 180°
  delay(1000); // attendre une seconde et répéter la tâche
}
```



### IV-2-3 Commande le robot avec Bluetooth module HC-05

voire carte Arduino peut communiquer avec d'autres appareils (Smartphone, ordinateur ou un autres microcontrôleurs) par liaison Bluetooth en utilisant un module HC-05 (maître/esclave). Cela vous permet de connecter la carte Arduino à un autre système afin d'envoyer et de recevoir des données. La communication par Bluetooth permet, de piloter votre robot via une application Smartphone

#### IV-2-3-1 Présentation du module Bluetooth HC-05



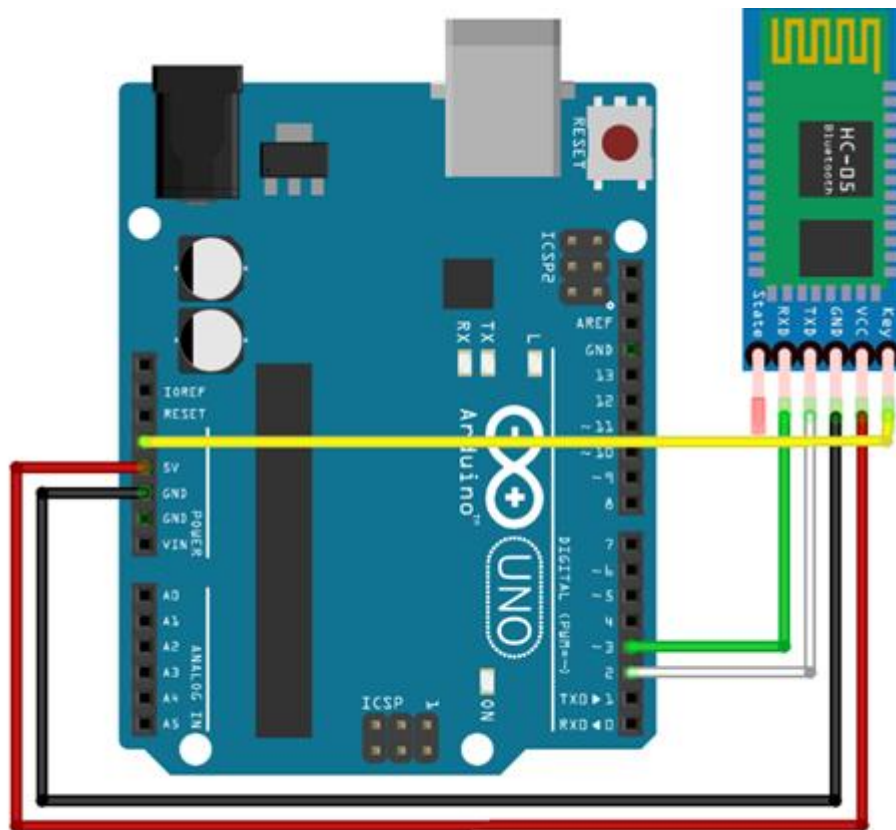
**Figure VI-6:** Bluetooth HC-05

Le module Bluetooth HC-05 présente 6 broches pour permettre d'établir la connexion.

- **VCC** broche d'alimentation. Typiquement connectée à la broche 5V de l'Arduino.
- **GND** masse. Typiquement connectée à la broche **GND** de l'Arduino
- **RX** broche de réception. Typiquement connecté à la broche de transmission (**TX**) de l'Arduino
- **TX** broche de transmission. Typiquement connecté à la broche de réception (**RX**) de l'Arduino
- State retourne 1 lorsque le module est connecté
- **Key** ou **EN** doit être alimentée pour entrer dans le mode de configuration et ne doit pas être connecté pour être en mode communication.



### IV-2-3-2 Schéma de câblage pour la configuration



**Figure VI-7:** Schéma de câblage de Bluetooth HC-05

- Nous utilisons les broches 2 et 3 pour la communication série avec Arduino UNO. Selon la carte que vous utilisez, ces broches peuvent ne pas être compatibles avec la communication SoftwareSerial. Notamment, pour les carte Mega, Micro et leonardo. Vérifiez la documentation.
- La logique du module Bluetooth étant en 3,3V, il est conseillé d'utiliser un pont diviseur de tension afin de réduire la tension de 5V de l'Arduino (résistance 1k entre pin3 et Rx, et 2k Ohm entre Rx et GND).

### IV-2-3-3 Code de configuration

Pour gérer la communication avec le module HC-05, nous utilisons la librairie SoftwareSerial.h qui permet de créer un port série autre que celui utilisé par le port USB. Le code suivant permet de modifier les paramètres du module HC-05 (nom, le code PIN, la vitesse de communication (baudrate), etc.) et de trouver des informations comme le numéro de version du firmware.



```
#include <SoftwareSerial.h>
#define rxPin 2
#define txPin 3
#define baudrate 38400
String msg;
SoftwareSerial hc05(rxPin ,txPin;(
void setup}()
pinMode(rxPin,INPUT;(
pinMode(txPin,OUTPUT;(

Serial.begin(9600;(
Serial.println("ENTER AT Commands;(":
hc05.begin(baudrate;(
{
void loop}()
readSerialPort;()
if(msg!="") hc05.println(msg;(

if (hc05.available())>0){
Serial.write(hc05.read;()
{
{
void readSerialPort}()
msg;""=
while (Serial.available} ()
delay(10 ;(
if (Serial.available() >0} (
char c = Serial.read(); //gets one byte from serial buffer
msg += c; //makes the string readString
{
{
}
```



### IV-3 Parté simulation

Dans cette partie on va voir lesimulation utilisés dans notre projet.

#### IV-3-1 Le logiciel proteus

Proteus est un logiciel destinée à la simulation des circuits électroniques analogiques et numériques, développé par la société Labcenter Electroniques. Les logiciels inclus dans Proteus permettent la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) dans le domaine électronique, on parle de ISIS et ARES.

L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet

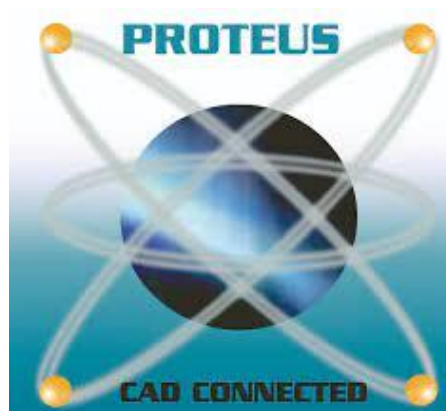


Figure VI-7: logo proteus

##### IV-3-1-1 ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de détecter certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.



Figure VI-8: logo proteus ISIS



### IV-3-2 La simulation du projet

Pour commencer la simulation il faut d'abord ajouter les bibliothèques nécessaires à la simulation comme la bibliothèque Arduino et la bibliothèque Bluetooth au logiciel Proteus.

On charge le programme 'HEX' crée par le logiciel Arduino IDE dans l'Arduino. La variation de la distance dans Proteus se fait par un pont diviseur de tension.

Dans cette partie on va charger l'Arduino avec une programme IDE qui assure l'autonomie du bras robot( 4 moteur ). On va varie la distance est on va voir le changement qui passe dans les moteurs est le servomoteur

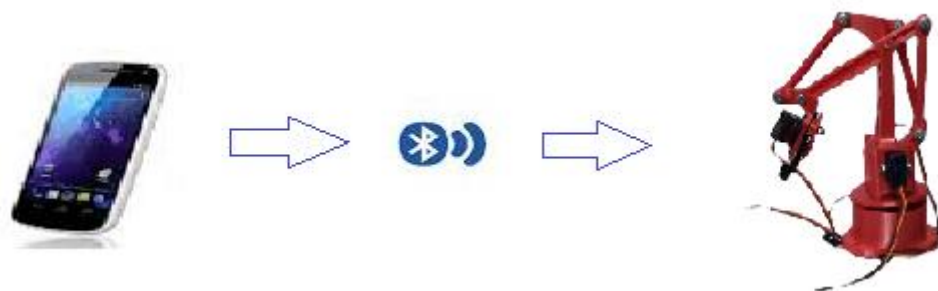


Figure VI-9: principe de projet

La simulation du mouvement de robot commandé par Bluetooth , commander par des ordres (un caractère est envoyé pour chaque mouvement : par exemple on envoie 'G' pour indiquer 'tourne à gauche').

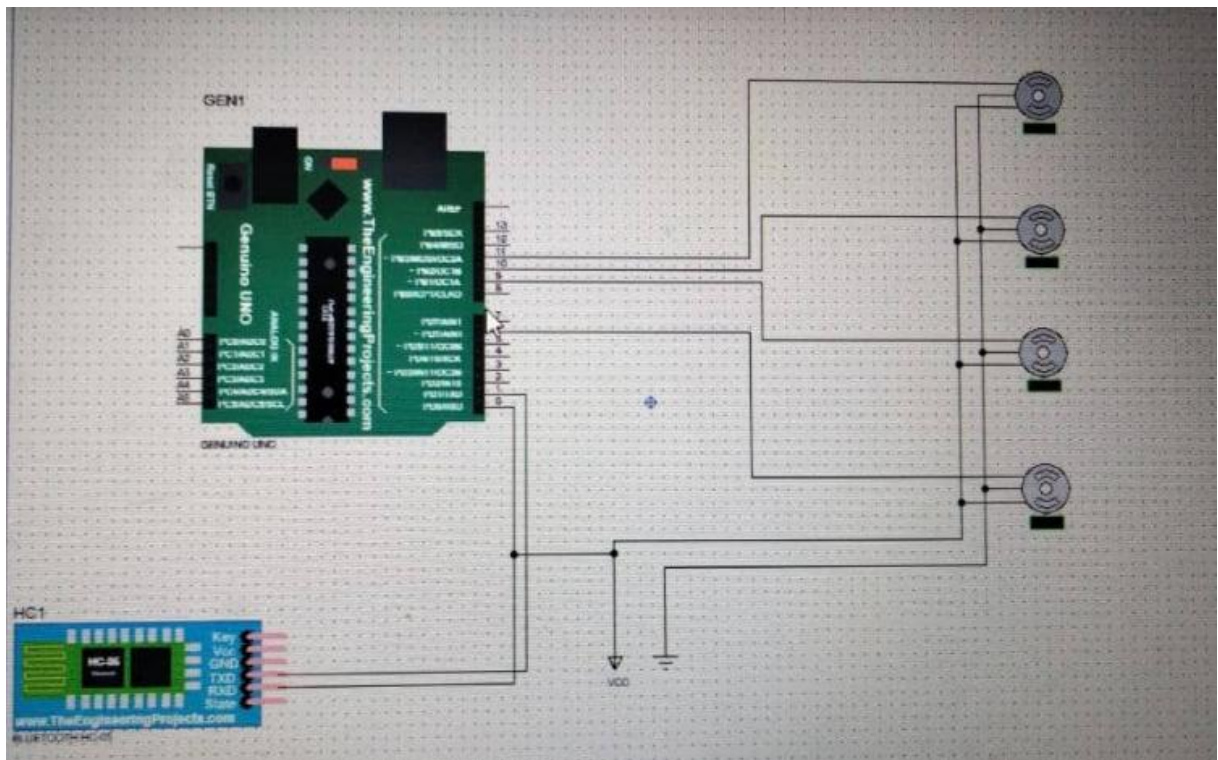


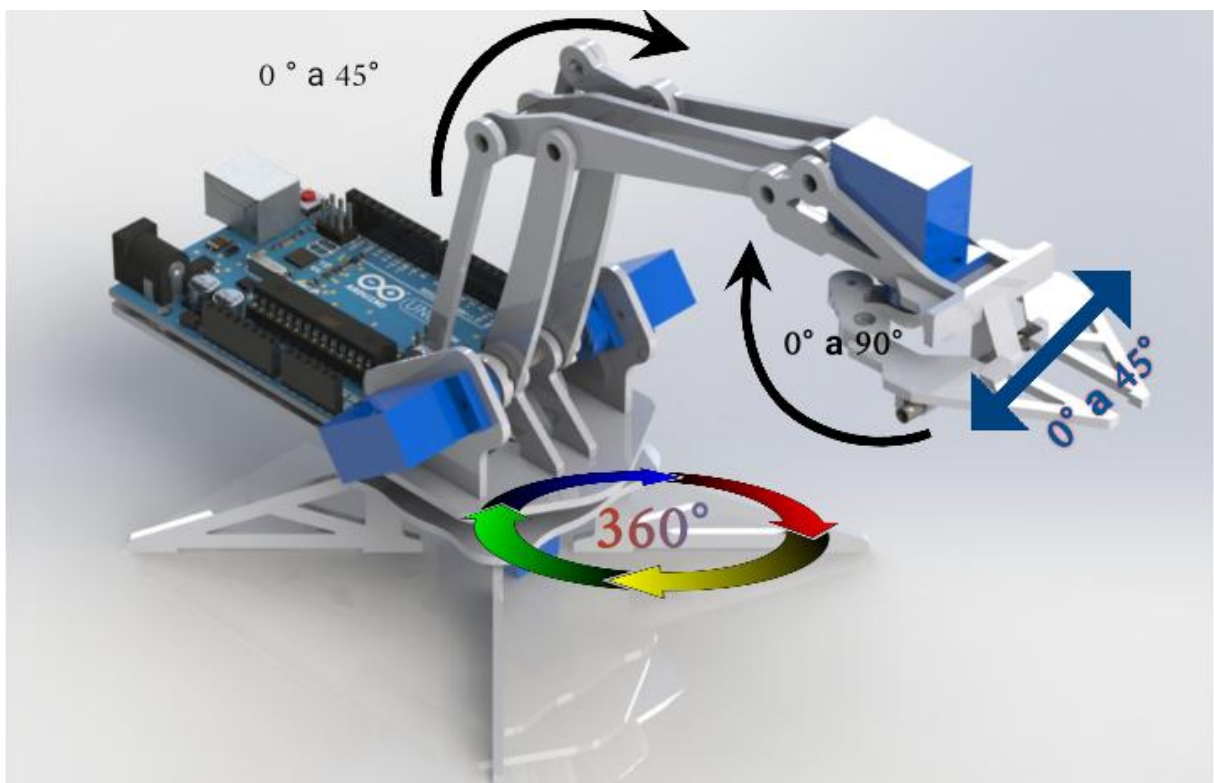
Figure VI-10: La simulation du projet



#### IV-4 Presentation de bras robot

Afin que le robot puisse atteindre les quatre positions en occurrence le convoyeur 1 supposé à la position  $0^\circ$ , le convoyeur 2 à la position  $180^\circ$ , les deux poste A et B aux position  $90^\circ$  et  $-90^\circ$  respectivement, on aura besoin d'un robot rotatif composé de 4 servomoteurs 2 moteur qui tourne de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$  pour le bras. et 1 moteur pour l'axe tourne  $-180^\circ$  à  $+180^\circ$  et l'autre pour Le bras (pinces) .

L'automatisme précédent permet d'atteindre toutes les positions ; de descendre à la hauteur des postes et des convoyeurs.



**Figure VI-11:** bras robot simuler avec SOLIDWORK



**Figure VI-12:** vue gauche bras robot



**Figure VI-13:** vue droite bras robot



**Figure VI-14:** vue de face bras robot



### IV-4 Réalisation de bars robot

Dans cette dernière étape, nous connecterons les composants ensemble. pour faire le robot les order par application téléphone raccordé par Bluetooth avec l'arduino.

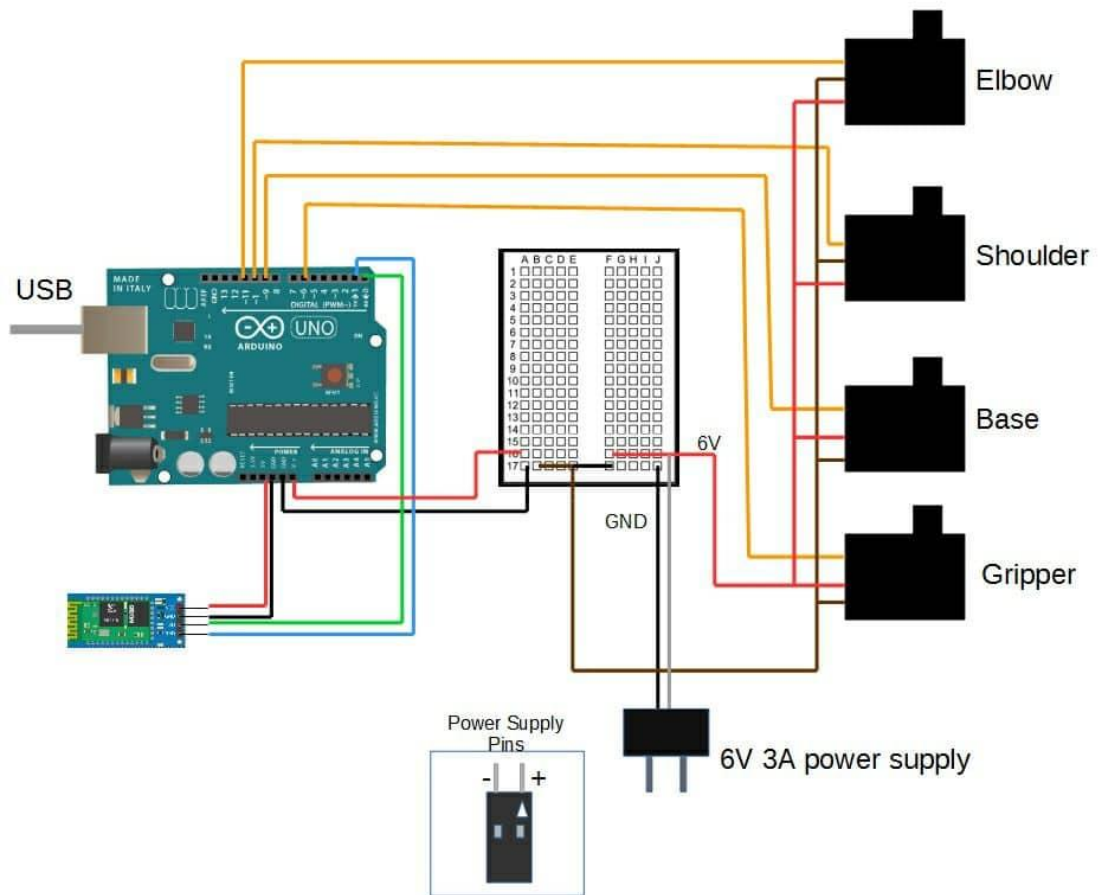
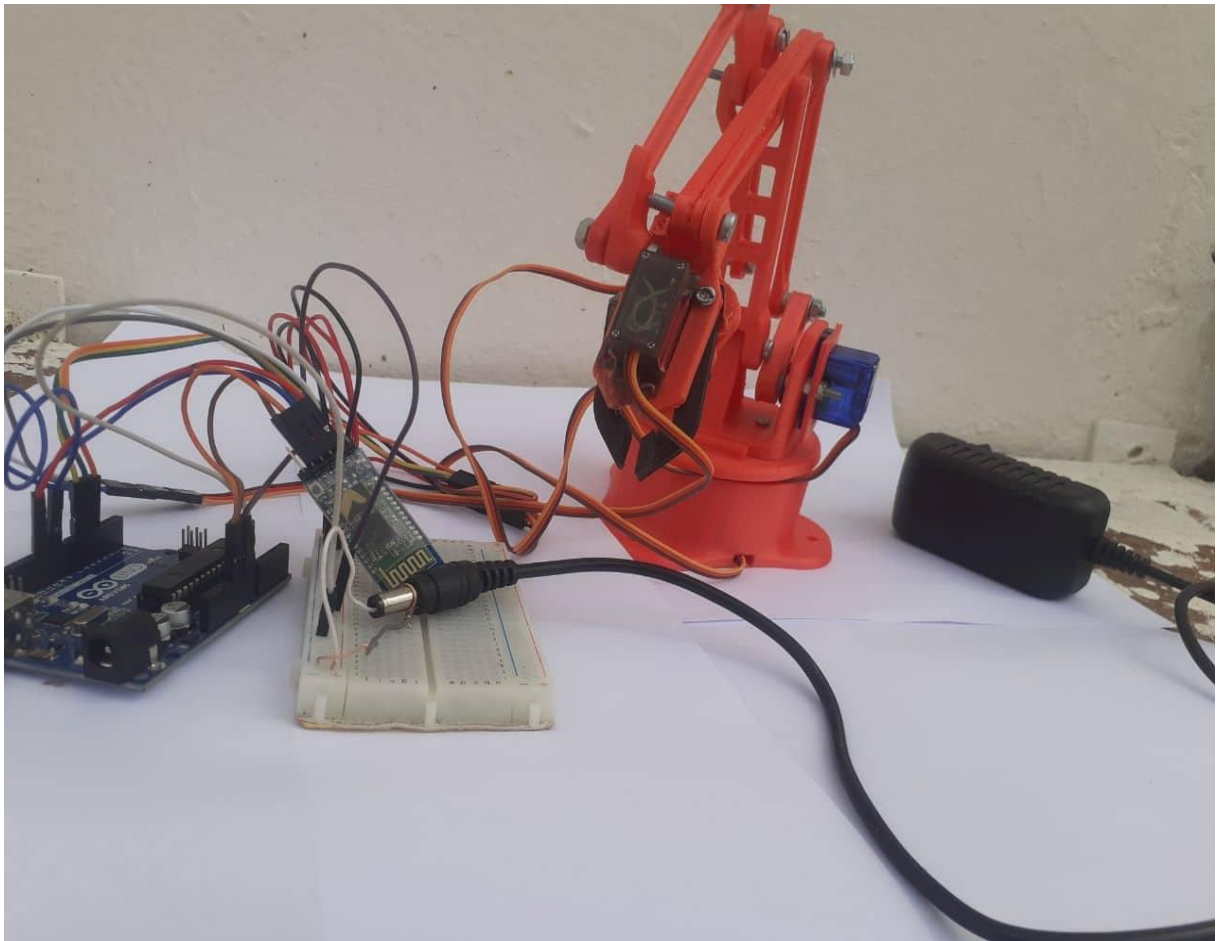
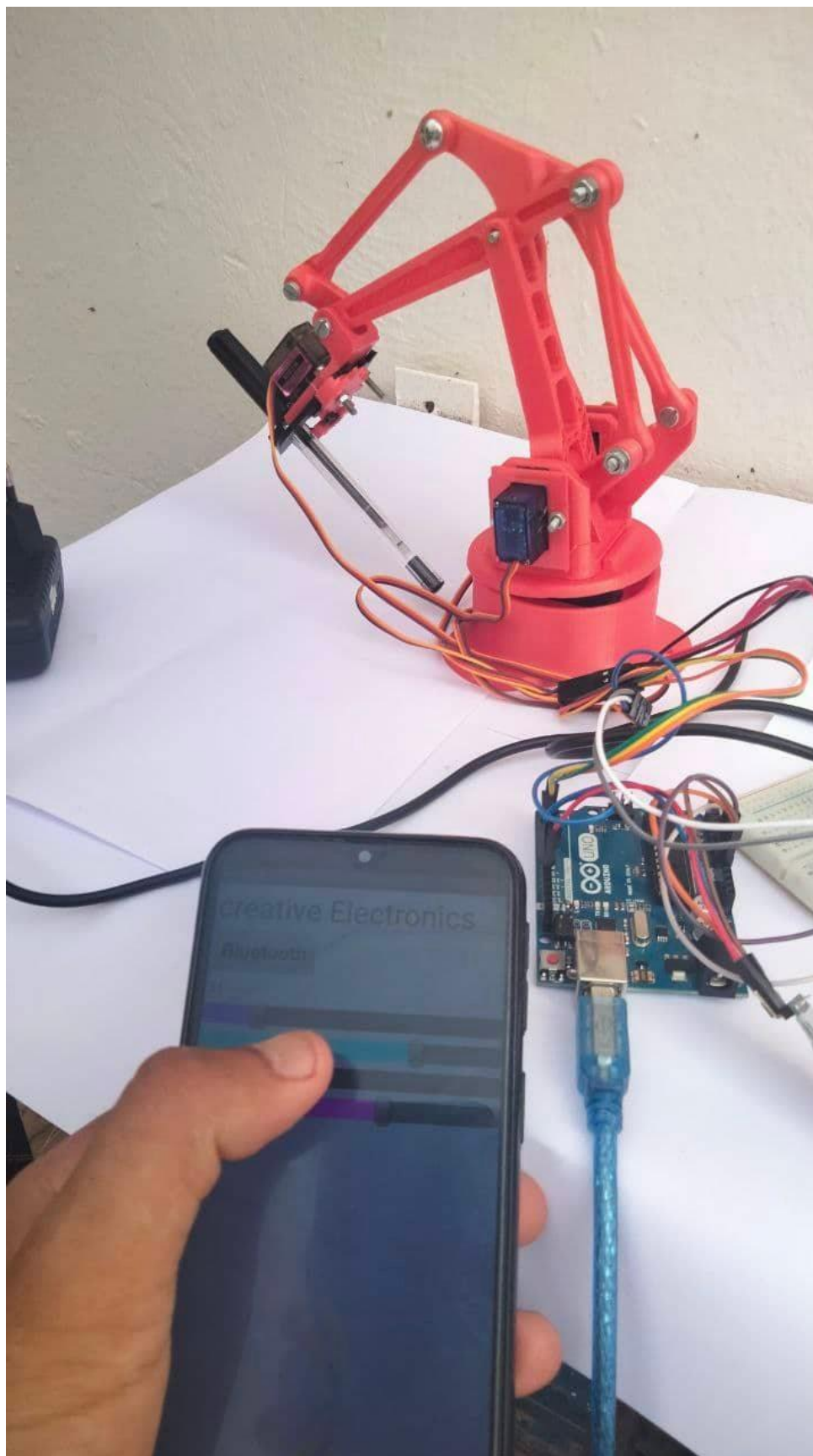


Figure VI-15: Le Schème raccordement du project



**Figure VI-16 : Le raccordement du project**



**Figure VI-17:** Le project finale



## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons abordé les différents aspects (hardware et software) relatifs à la réalisation de notre projet. Nous avons étudié également les différents composants de notre bras ainsi que la commande du bras manipulateur. en utilisant ici la commande par un ARDUINO UNO et commander les articulation par application Bluetooth .

# CONCLUSION GÉNÉRALE

## **Conclusion générale :**

Tout comme dans l'industrie, la plupart des entreprises qui ont atteint le succès ont mis à niveau leur machine en quelque chose d'automatisé. Les productions ont augmenté depuis qu'ils ont amélioré les machines qu'ils utilisent dans la production de leurs produits. , cela est vrai en particulier sur l'embouteillage et le département d'emballage. Si vos travailleurs et les machines sont trop vieux pour gérer de grandes commandes que vous pourriez torturer votre équipement et coûtent beaucoup les dommages qu'il subira si vous le forcez à travailler continuellement.

Un simple bras robot géré par application androïde a montré réponse élevée aux commandes et nous développerons ce bras pour qu'il fonctionne automatiquement et apprenne à travers les réseaux de neurones



## BIBLIOGRAPHIE :

- [1] [http://edusol.education.fr/sti/sites/edusol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/5875/5875-la-robotique-industrielle-eduscol-2015\\_0.pdf](http://edusol.education.fr/sti/sites/edusol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/5875/5875-la-robotique-industrielle-eduscol-2015_0.pdf), 2015, date de consultation, mars 2018
- [2] Khachouche Samir , « Conception et Réalisation d'un Bras Manipulateur De Type PUMA quatre Degré de Liberté », Université SAAD DAHLAB de BLIDA Option Automatique et Systèmes,( 2017-2018)
- [3] H.HAMDI, « Introduction a la robotique », Université Mentouri\_Constantine 2002-2003.
- [4] Rahmani Walid , « Conception d'une carte de commande d'un robot manipulateur à 6 degré de liberté à base de PIC16F877 », UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI D'OUUM EL BOUAGUI Option électronique , 2014/2015
- [5] M.J. Aldon and L. Le Bris, 'Mobile robot localization using a light-stripe sensor'. Proceedings of the Intelligent Vehicles Symposium, pp. 255-259, Paris, France, October 24-26, 1994
- [6] SLIMANE Nouredine, «SYSTEME DE LOCALISATION POUR ROBOTS MOBILES »,L'UNIVERSITE DE BATNA , 23 / 11 / 2005
- [7] CHAAL Merouane, « Modélisation cinématique d'un robot manipulateur à chaîne continue ouverte », UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA Option Maintenance Industrielle , (2013)
- [8] SAADI RAMZY, SALHI NASSEREDDINE, « Réalisation de carte à microcontrôleur pour le contrôle de bras manipulateur via un pc », Université Mohamed Khider Biskra Option micro informatique et instrumentation, (2010)
- [9] CHAAL Merouane, « Modélisation cinématique d'un robot manipulateur à chaîne continue ouverte », UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA Option Maintenance Industrielle , (2013)
- [10] notes de cours commandes de Robots de Manipulations /master2/automatique et systèmes/année 2017/2018, université de Blida, Mr Kazed Boualem.
- [11] : <https://fr.flossmanuals.net/arduino/historique-du-projet-arduino> [05/04/2022]
- [12] : <https://arduino.developpez.com/tutoriels/cours-completarduino/?page=historique-duprojet-arduino> [05/04/2022]
- [13] : Mr Gilles MAURIS ,CAPTEURS ULTRASONORES "INTELLIGENTS"  
Application à la représentation symbolique de mesures de distance par codage



Flou

[14] : A.SAI Kishore, J.Sandeep, A.Dadapeer, P.Sai Srinivas.« Three-phase inverter using Arduino» .

[15] : Mr Simon Landrault et Hippolyte Weisslinger, Arduino : Premiers pas en informatique embarquée , Édition du 01 juin 2014.

[16] : <https://www.instructables.com/id/Hardware-Structure-of-ARDUINO-UNO/>

[17] : DJAFRI Menad CHELOUCHE Djalal « Etude et réalisation d'une carte arduino »Mémoire de master 2, Université A.MIRA DE BEJAIA, 2016.

[18] moteurs electriques pour la robotique /pirre mayé 2 éme edition

[19] livre construisez votre machine cnc /13 janvier 2016 de patrice oguic

[20] <https://eduscol.education.fr/>

[21] <http://sam.electroastro.pagesperso-orange.fr/>

[22]<https://elbarnas.wordpress.com/Cnc.plant.com>

[23] <https://iknowvations.in/fr>

[24] <https://devenez-pro-en-electronique.com/>

[25] « Interfaces Homme/Machine »,catalogue Schneider électric , (2009)

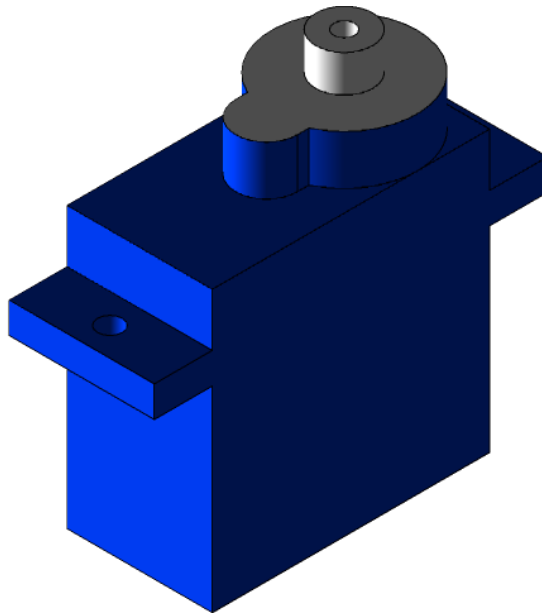
[26] IDDIR Hayet, « etude et realisation d'un kit electronique du type systeme embarque a base de microcontrolleur application au controle d'un bras de robot a 4 degres de libertes », Université M'Hamed BOGUERRA, Boumerdes Option Commande des Procédés Industriels , (2013)

[27] AMMAR.Adel, GUEHRIA,Amine, « Conception et réalisation d'une carte de commande pour un moteur pas à pas »,Université des Sciences et de la Technologie Houari boumediene, option génie électrique , (2011)

[28] « datasheet Ne555 », (2012)

[29] « Plate-forme d'automatisme Modicon M340 »,catalogue Schneider électric , (2011)

ANEX :



### Mechanical Drawing for **ADDICORE™** SG90 Servo

