

Ordre...../F.S.S.A/UAMOB/2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des

Sciences Appliquées

Département : **Génie Electrique**

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :
MAKACI Amel.

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : GENIE BIOMEDICAL.
Option : Instrumentation biomédicale.

Thème:

Réalisation et commande d'une main robotique « Flex sensor ».

Devant le jury composé de :

BOUGHAROUAT Ali
AIT ABBAS Hamou
MAAFA Ammar

MCB
MCB
MAA

UAMOB
UAMOB
UAMOB

Président.
Encadreur.
Examineur.

Année Universitaire 2019/2020

Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire a pour objet d'adapter une contribution dans le domaine de la robotique. Ce projet concerne la réalisation et la commande d'une main Robotique à l'aide d'une carte électronique Arduino adaptée pour pouvoir la relier à la main robotique. Après avoir développé le programme en logiciel Arduino IDE (Soft), un ensemble de composants (des capteurs Flex, des servomoteurs...) est utilisé afin de concevoir cette main robotisée qui servira à détecter les mouvements des doigts de la main humaine et les imiter. C'est trop demandé dans divers secteurs (santé, industrie, militaire), et plus précisément sert à remplacer l'être humain dans les milieux toxique, ou mission dangereuse.

Mots clés: Robotique, électronique, Arduino, IDE, capteur Flex, servomoteur.

ملخص

يهدف العمل المقدم في هذه الرسالة إلى تكييف مساهمة في مجال الروبوتات. يتعلق هذا المشروع بإدراك اليد الآلية والتحكم فيها باستخدام بطاقة إلكترونية أردو ينو مهيأة لتكون قادرة على توصيلها باليد الآلية. بعد تطوير البرنامج، يتم باستخدام مجموعة من المكونات (أجهزة استشعار مرنة، محركات مؤازرة، إلخ) لتصميم هذه اليد الروبوتية التي سيتم استخدامها للكشف عن حركات أصابع اليد البشرية وتقليدها. إنه مطلوب بشدة في مختلف القطاعات (الصحة، الصناعة، الجيش)، ويعمل بشكل أكثر تحديدًا ليحل محل البشر في البيئات السامة أو المهام الخطرة.

الكلمات الرئيسية: الروبوتات، والإلكترونيات، والأردو ينو، أجهزة استشعار مرنة، ومحركات مؤازرة، البرنامج.

Abstract

The work presented in this thesis aims to adapt a contribution in the field of robotics. This project concerns the realization and control of a robotic hand using an Arduino electronic board adapted to be able to connect it to the robotic hand. After developing the program in Arduino IDE (Soft) software, a set of components (Flex sensors, servomotors, etc.) is used to design this robotic hand which will be used to detect the movements of the fingers of the human hand and to imitate them. It is too much in demand in various sectors (health, industry, military), and more specifically serves to replace humans in toxic environments, or dangerous missions.

Key words: Robotics, electronics, Arduino, IDE, Flex sensor, servo motor.



Dédicace

*Aux êtres les plus chers au monde « MES PARENTS »
Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le
dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien
au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon
éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos
sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma
formation.*

*A mes très chers frères et ma petite sœur les mots ne suffisent
guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je
porte pour vous.*

*A mes chères amies : Lina et Khadija, aux personnes qui
m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes
côtés et à tous mes proches.*

Amel.

Remerciement

Je tiens tout d'abord à remercier en premier lieu Allah, le tout puissant, de m'avoir donné autant de courage, de patience et de volonté pour atteindre ce but.

*Je tiens à exprimer à mon promoteur Dr. **AIT ABBAS** Hamou, ma profonde gratitude et toutes mes reconnaissances pour avoir bien voulu me confier un sujet qui m'a permis de m'initier à la recherche et d'apprendre à surmonter les difficultés rencontrées. Mes remerciements vont également au chef de département Dr. **MEDADOUB** Smail et tout le corps de l'administration.*

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous les professeurs qui m'ont enseigné et qui par leurs compétences m'ont soutenu dans la poursuite de mes études.

Je remercie également les membres du jury de leur présence et d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner mon modeste travail

Je n'oublie pas d'adresser mes vifs remerciements à mes chères amies Lina et Khadija pour leur encouragement durant la préparation de ce travail

Sommaire

Sommaire	I
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	VII
Liste des abréviations	VIII
Introduction générale.....	1
Chapitre I: Généralités	
Introduction.....	2
1.1. Définition d'un robot.....	2
1.2. Définition de la robotique	2
1.3. L'histoire de la robotique	2
1.4. Domaine d'application de la robotique.....	7
1.4.1. La robotique industrielle	7
1.4.2. La robotique domestique	7
1.4.3. La robotique militaire	8
1.4.4 La robotique de transport	8
1.4.5 La robotique médicale.....	8
1.5. Avenir de la robotique.....	8
1.6. Trois loi de la robotique	9
1.7.Types de robots	9
1.7.1. Robots mobiles.....	9
1.7.2. Robots manipulateurs	9
1.8. Constituants d'un robot.....	10
1.8.1. Actionneurs	10
1.8.2. système mécanique articulé (S.M.A).....	10
1.8.3. les articulations.....	11
1.8.4. Organe terminal.....	12
1.8.5. les capteurs.....	12
1.8.6. la commande	12
1.9. Classification des robots	13
1.9.1. Point de vue fonctionnel	13
1.9.2. Point de vue géométrique.....	15

I.10. Caractéristiques d'un robot.....	18
I.11. Définition d'un bras robot	19
I.12. Avantages et inconvénients des robots	19
I.12.1. Les avantages	19
I.12.2 Les inconvénients	20
Conclusion	20

Chapitre II: Robotique Médicale

Introduction.....	21
II.1. Robotique médicale	21
II.2. La différence entre la robotique médicale et la robotique industrielle.....	21
II.3. Définition d'un robot médical	21
II.4. Types de robots médicaux.....	22
II.5. Types de systèmes robotiques	23
II.5.1. Les systèmes actifs	23
II.5.2. Les systèmes semi-actifs	23
II.5.3. Les systèmes formels maître-esclave	23
II. 6. Domaines d'utilisation du robot médical	23
II.7. Utilisations des robots médicaux	23
II.7.1. Robots dans le laboratoire	23
II.7.2 Test sanguin et cellules en croissance.....	24
II.7.3. Robot de culture cellulaire	25
II.7.4. Robots de salle blanche.....	26
II.7.5. Aucun humain autorisé	26
II.8. Historique de la robotique chirurgicale.....	27
II.9. Applications de la robotique chirurgicale.....	29
II.10. Les avantages de la chirurgie robotique	29
II.11. Inconvénients et les risques de la chirurgie robotique	30
Conclusion.....	30

Chapitre III: Aperçu sur le soft et le hard à exploiter pour réaliser la main robotique

Introduction.....	32
III.1. La carte Arduino	32
III.1.1. Présentation de la carte Arduino	32
III.1.2. Les types de carte Arduino	32
III.1.3. Carte Arduino UNO.....	32

III.1.4. L'environnement de programmation Arduino (IDE)	34
III.2. Source d'énergie (pile électrique)	34
III.3.Servomoteurs	35
III.3.1. Définition d'un servomoteur	35
III.3.2. Utilisation des servomoteurs :.....	35
III.3.3. connectique.....	36
III.3.4. Servomoteur MG90S	36
III.3.5. Les caractéristiques d'un servomoteur MG90S	37
III.3.6. Fonctionnement d'un servomoteur	37
III.3.7. Piloter un servomoteur avec Arduino	38
III.3.8. raccordement d'un servomoteur sur une carte Arduino UNO	38
III.4. Capteur de flexion (Flex sensor).....	39
III.4.1. Définition de Capteur de flexion	39
III.4.2. Les différents types de Capteur de flexion.....	39
III.4.3. les spécifications du Capteur de.....	40
III.5. Les applications de Capteur de flexion.....	41
III.6. Le logiciel Fritzing	41
III.7. pilotage d'un servomoteur sur arduino avec un capteur Flex (un doigt):	42
Conclusion	46

Chapitre IV : Réalisation d'une main robotique

Introduction.....	47
IV.1. Montage de la main 3D	47
IV.2. Composants utilisés	49
IV.3. Câblage de composants utilisés	49
IV.4. Programme de fonctionnement	51
Capteur Flex.....	57
Arduino uno.....	59
Servomoteur.....	59
Liste des références bibliographiques.....	61

Liste des figures

Figure 1.1: Unimate, premier robot industriel [3].

Figure 1.2 : De gauche à droite : (a)Robot de peinture commerciale. (b) premier robot intelligent de Hitachi [2].

Figure 1.3 : De gauche à droite : (a)Premier robot à avoir six axes entraînés électromécaniquement, (b) du bras Vicarm / Stanford [2].

Figure 1.4 : Robot dans l'espace [2].

Figure 1.5 : Robots motorisés [2].

Figure 1.6 : FlexPicker [2].

Figure 1.7: de gauche à droite: (a) Opportunity (b) Robocoaster [2].

Figure 1.8: Robonaut [2].

Figure 1.9: robots industriels [4].

Figure 1.10: robot domestique [3].

Figure 1.11: robot militaire [3].

Figure 1.12: robots de transport [4].

Figure 1.13: Robot mobile [9].

Figure 1.14: De gauche à droite : (a) Bras Manipulateur série, (b) Bras Manipulateur parallèle [9].

Figure 1.15: Représentation d'une articulation prismatique [2].

Figure 1.16: Représentation d'une articulation rotoïde [2].

Figure 1.17: Constituant d'un robot [6].

Figure 1.18: Manipulateur à commande manuelle [9].

Figure 1.19: Manipulateur à cycle pré-réglé [2].

Figure 1.20: Robot programmable [2].

Figure 1.21: Robot intelligent [2].

Figure 1.22: Structure PPP [2].

Figure 1.23: Structure RPP [2].

Figure 1.24: Structure RRP [2].

Figure 1.25: Structure SCARA [2].

Figure 1.26: Structure RRR [2].

Figure 1.27: Bras robotique 3D (3 animations) modèle 3D [32].

Figure 2.1: De gauche à droite : (a) Robot industriel Kuka de type anthropomorphe, (b) robot de neurochirurgie ROSA de l'entreprise MedTech [7].

Figure 2.2: main robotique [31].

Figure 2.3: robot Katana HD6M [23].

Figure 2.4 : l'un des robots qui gèrent les tests sanguins [23].

Figure 2.5 : robots dans les salles blanches automatiques [23].

Figure 2.6 : Robots dans une salle blanche automatique pour éviter la contamination des matériaux [23].

Figure 2.7 : Quelques repères chronologiques [26].

Figure 2.8 : bras robotique chirurgical [30]

Figure 3.1: La carte Arduino UNO [21].

Figure 3.2: L'écran principal de l'IDE Arduino au démarrage [13].

Figure 3.3 : Schémas des éléments non visibles d'un servomoteur [16].

Figure 3.4: un servomoteur MG90S.

Figure 3.5: Relation PWM / Position de l'arbre [17].

Figure 3.6: Piloter un servomoteur avec Arduino [18].

Figure 3.7: un exemple de raccordement d'un servomoteur sur un UNO

Figure 3.8: De gauche à droite : (a) Capteur de flexion : Flex Sensor 4.5, (b) Capteur de flexion : Flex Sensor 2.2 [19].

Figure: 3.9: différent courbure du capteur flexible [33].

Figure 3.10: Interfaçage de logiciel de simulation fritzing [34].

Figure3.11: Cablage d'un capteur flex et un servo moteur avec arduino uno (un doigt).

Figure4.1 : les étapes de la réalisation de la main.

Figure4.2 : Câblage des capteurs Flex et les servomoteurs avec l'Arduino uno (5 doigts).

Figure4.3: Cablage des capteurs flex et les servomoteurs et l'arduino uno avec la main robotique.

Liste des tableaux

Tableau 3.1: Caractéristiques de l'Arduino UNO [2].

Tableau 3.2: Tableau des caractéristiques de servomoteur MG90S du bras [2].

tableau3.3: composants utilisés.

Tableau3.4: Câblage des composants utilisés.

Tableau4.1: composants utilisés.

Tableau4.2: Câblage de composants utilisés.

Liste des abréviations

3D = Trois dimensions.

A.F.R.I. = Association Française de Robotique Industrielle.

DARPA = Defense Advanced Research Projects Agency.

EEPROM= electrical erasable programmable read only memory mémoire morte effaçable électriquement et programmable en français.

EPFL= Institut fédéral de technologie de Lausanne.

GM =General Motors (GM).

IDE= *Integrated Development Environment* ou Environnement de Développement Intégré en François.

IRCAD = l'Institut du cancer du système digestif.

ISO = International Organizations for Standardization.

LED = Light-Emitting Diode.

P = Prismatique.

PPP = Trois articulations prismatiques consecutives.

PWM = Pulse With Modulation.

PWM= Pulse width modulation, Modulation en largeur d'impulsion en français.

RPP (ou PRP) = Une articulation rotoïde et deux articulations prismatiques.

RRP = Deux articulations rotoïdes et une articulation prismatique.

S.M.A= **système mécanique articulé.**

SRAM=static random access memory.

SRI= stanford research institute.

USB = Universal Serial Bus.

Introduction générale

Dans le cadre de mon projet de fin d'étude, on s'est focalisé à réaliser une main Robotique à base du Flex Sensor. De nos jours, cette thématique est cruciale afin de remplacer l'être humain dans les milieux dangereux. De plus, cette technologie est très demandée dans le secteur biomédical.

Depuis le dernier siècle, la robotique fait de grands progrès et touche aujourd'hui de nombreux domaines notamment le domaine biomédical. Cette technologie tient en compte l'étude, la conception, la création et de mise en œuvre des robots afin d'aider l'être humain à accomplir les tâches difficiles [12].

Les chercheurs en robotique sont passionnés dès longtemps par l'un des sujets de recherche qui est le problème de manipulation qui peut aider les travailleurs et faciliter leurs missions en les faisant en toute sécurité. On les retrouve dans plusieurs domaines comme l'industrie, l'armée et la médecine... etc.

L'objectif de ce travail est d'atteindre avec précision l'état du robot requis ou d'effectuer des tâches spécifiques dans l'environnement réel grâce à la programmation, ce qui est très important dans la mesure, et de générer les trajectoires nécessaires pour réaliser des tâches.

Selon le type des tâches à réaliser et le secteur d'application, le robot aura une architecture mécanique et un système de commande et de contrôle différent.

Dans mon travail je me suis intéressée à une main robotique qui est un robot manipulateur programmable qui reproduit les gestes d'une main humaine ; cela exige une carte arduino uno, des capteurs flex, des servomoteurs et autres composants.

Ce mémoire est organisé comme suit :

- ✓ Le premier chapitre concerne les généralités, où l'on présente la définition de la robotique, son histoire et les différents types de robots manipulateurs en précisant leurs domaines d'utilisation.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à montrer le rôle de la robotique dans le domaine biomédical.
- ✓ Un aperçu sur le soft et le hard à exploiter pour réaliser la main robotique est présenté dans le troisième chapitre.
- ✓ Le quatrième chapitre est dédié à la réalisation de la main robotique.

Introduction

Les robots prennent progressivement une place stratégique dans notre vie quotidienne, puisqu'ils sont présents dans divers domaines tels que la fabrication industrielle, la santé, le transport et l'exploration de l'espace, ainsi que les profondeurs de la mer.

Dans ce chapitre, nous présenterons un aperçu de la robotique de manière générale.

I.1. Définition d'un robot

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

Un robot est un dispositif mécanique articulé capable d'imiter certaines fonctions humaines telles que la manipulation d'objets ou la locomotion, dans le but de se substituer à l'homme pour la réalisation de certaines tâches matérielles, cette réalisation est plus ou moins autonome selon les facultés de perception de l'environnement dont est doté le robot [1].

I.2. Définition de la robotique

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

I.3. L'histoire de la robotique

Depuis l'aube, les gens cherchent à remplacer certaines tâches dangereuses, fastidieuses ou longues. Le concept de robot est établi par de nombreuses réalisations historiques innovantes, telles que [2]:

➤ **1954:**

En 1954, George Charles Devol invente le premier robot industriel programmable. Il fonde en 1956 la première entreprise de robot, Unimation, avec l'ingénieur Joseph Engelberger, a été développé en 1959 et a été installé le chez GM en 1961 . Leur robot, appelé Unimate, était capable de manipuler des objets avec des actionneurs hydrauliques [2], [3].



Figure 1.1: Unimate, premier robot industriel [3].

➤ **1969:**

- Trallfa, Norvège, propose le premier robot de peinture commerciale [2].
- Hitachi (Japon) a développé le premier robot intelligent entièrement automatique basé sur la vision au monde qui assemble des objets à partir de dessins en plan [2].



(a)

(b)

Figure 1.2 : De gauche à droite : (a) Robot de peinture commerciale. (b) premier robot intelligent de Hitachi [2].

➤ **1973 :**

- Premier robot à avoir six axes entraînés électromécaniquement[2].
- Scheinmann a commencé la production du bras Vicarm / Stanford chez Vicarm Inc, USA [2].

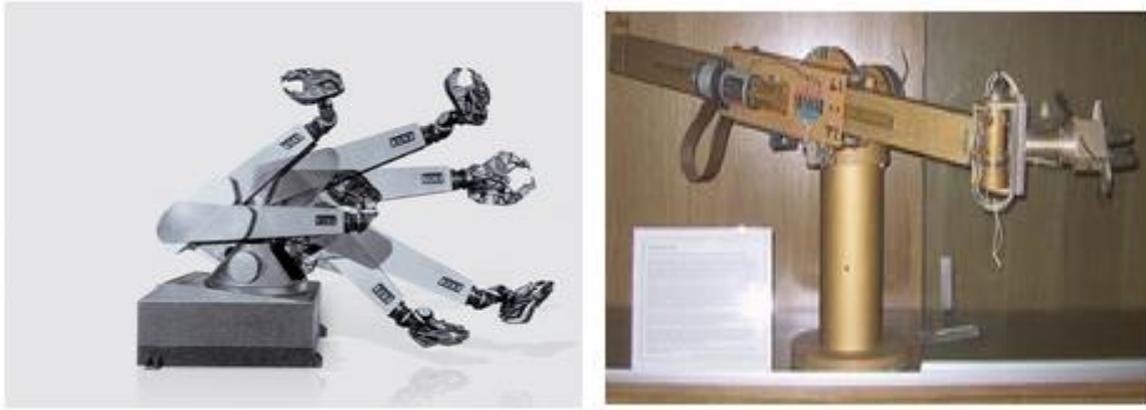


Figure 1.3 : De gauche à droite : (a)Premier robot à avoir six axes entraînés électromécaniquement, (b) du bras Vicarm / Stanford [2].

➤ **1976:**

Robot dans l'espace [2].



Figure 1.4 : Robot dans l'espace [2].

➤ **1979:**

Nachi, au Japon, a développé les premiers robots motorisés [2].



Figure 1.5 :Robots motorisés [2].

➤ **1981:**

Takeo Kanade construit le premier robot muni de moteurs installés directement aux articulations du bras. Cela a permis des robots plus rapides et plus précis qu'auparavant [3].

➤ **1998 :**

ABB, Suède, a développé le FlexPicker, le robot de préparation de commandes le plus rapide au monde basé sur le robot delta développé par Reymond Clavel, Institut fédéral de technologie de Lausanne (EPFL) [2].



Figure 1.6 : FlexPicker [2].

➤ **2003 :**

- Première mission d'exploration de la planète Mars impliquant deux robots mobiles, Spirit et Opportunity [2].
- Robocoaster, le premier robot de divertissement basé sur un robot articulé de KUKA, Allemagne[2].



(a)



(b)

Figure 1.7: de gauche à droite: (a) Opportunity (b) Robocoaster [2].

➤ **2011 :**

Robonaut (R2B) premier robot humanoïde envoyé dans l'espace construit et conçu par la NASA au Johnson Space Center (JSC) à Houston (Texas), en collaboration avec General Motors (GM) et Oceaneering [2].



Figure 1.8: Robonaut [2].

I.4. Domaine d'application de la robotique

I.4.1. La robotique industrielle

La robotique industrielle est officiellement définie par l'ISO, comme un contrôle automatique, reprogrammable sur trois axes ou plus. Les applications typiques comprennent les robots de peinture de soudage et d'assemblage. Les robots industriels sont largement utilisés dans les automobiles [4].



Figure 1.9: robots industriels [4].

I.4.2. La robotique domestique

Les robots domestiques peuvent effectuer de multiples tâches ou simplement nous divertir. Les robots domestiques sont utilisés par exemple pour le repassage, le nettoyage, la vaisselle. Ils sont utilisés aussi dans le domaine de la restauration [5].



Figure 1.10: robot domestique [5].

I.4.3. La robotique militaire

Les robots militaires sont des robots autonomes principalement utilisés pour la surveillance dans l'air et en mer. Autonomes ou télécommandés, ils sont conçus pour des applications militaires. Les drones sont une sous-classe de robots militaires [5].



Figure 1.11: robot militaire [5].

I.4.4 La robotique de transport

Un système de transport automatique fonctionnant automatiquement, c'est-à-dire sans intervention humaine. Ils peuvent être guidés sur un trajet contraint (véhicule sur rails) ou plus libre en voiture autonome [4].



Figure 1.12: robots de transport [4].

I.4.5 La robotique médicale

On se focalisera dans le chapitre (II) à mieux détailler la robotique médicale.

I.5. Avenir de la robotique

- Les robots de défensif, notamment les drones, font l'objet de budgets de recherche abondants et sont porteurs de développements technologiques. Ces

technologies répondent notamment aux besoins applicatifs de la robotique de service professionnel en particulier.

- Les robots jouets, qui constituent aujourd'hui un marché mature, sont de plus en plus présents dans les rayons des grandes marques de jouets. Ils constituent désormais un marché de masse.
- Les robots aspirateurs, enfin, constituent le premier marché de masse pour la robotique personnelle utilitaire. [6]

I.6. Trois loi de la robotique

- **Première loi** : Un robot ne peut porter préjudice à un être humain, ou, par inaction, laisser un être humain subir un préjudice.
- **Deuxième loi** : Un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par des êtres humains, sauf dans le cas où de tels ordres entrent en conflit avec la Première Loi.
- **Troisième loi** : Un robot doit protéger sa propre existence aussi longtemps qu'une telle protection n'entre pas en conflit avec la Première ou la Seconde Loi [7].

I.7.Types de robots

Il existe deux types de robots : les robots mobiles et les robots manipulateurs :

I.7.1. Robots mobiles

Ce sont des robots qui peuvent se déplacer dans l'environnement, avec ou sans manipulateurs (robots d'exploration, robots de service, etc.) en fonction de leur utilisation [8].

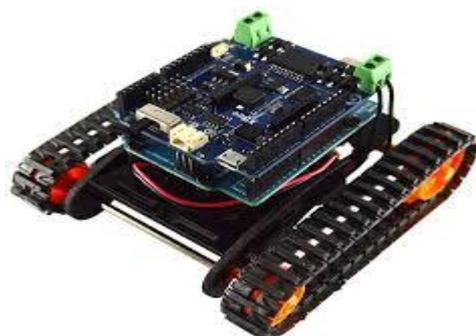


Figure 1.13: Robot mobile [8].

I.7.2. Robots manipulateurs

Ce sont des robots fixés sur le lieu de travail et généralement configurés pour effectuer des tâches précises et répétitives. Ce sont des manipulateurs automatiques programmés qui peuvent

remplacer les humains pour accomplir des tâches répétitives (comme des bras manipulateurs, des robots médicaux, industriels, etc.) [8].



Figure 1.14: De gauche à droite : (a) Bras Manipulateur série, (b) Bras Manipulateur parallèle [8].

I.8. Constituants d'un robot

On distingue classiquement 4 parties principales dans un robot :

I.8.1. Actionneurs

Les actionneurs sont tous des moteurs liés à des transmissions (courroies dentées), utilisés pour entraîner les S.M.A. Ils utilisent souvent des moteurs électriques à aimant permanent, à courant continu et à commande par l'induit (la tension n'est continue qu'en moyenne, car en général l'alimentation est un hacheur de tension à fréquence élevée). Pour les robots qui doivent manipuler des charges très lourdes (par exemple, pelle mécanique), la pression hydraulique est généralement hydraulique. Ils doivent agir en translation (vérin hydraulique) ou en rotation (moteur hydraulique). Il existe également des actionneurs pneumatiques couramment utilisés dans les manipulateurs de circulation [3].

I.8.2. système mécanique articulé (S.M.A)

C'est un mécanisme avec une structure plus ou moins similaire à un bras humain. Il permet de remplacer ou d'étendre ses actions, Le rôle de S.M.A. est de guider les organes terminaux dans des conditions spécifiques (position et orientation) en fonction de caractéristiques de vitesse et d'accélération données. Selon des caractéristiques de vitesse et d'accélération données. Il se compose d'une chaîne cinématique de corps, généralement rigides, assemblés par des

liaisons appelées articulations. Sa motorisation est réalisée par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques qui transmettent leurs mouvements aux articulations par des systèmes appropriés [3].

I.8.3. les articulations

Les articulations lient deux corps consécutifs en limitant le nombre de degré de liberté de l'un par rapport à l'autre [9].

I.8.3.1. Les articulations prismatiques

Il s'agit d'une articulation de type glissière, notée P, qui réduit 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 [9].



Figure 1.15: Représentation d'une articulation prismatique [3].

I.8.3.2. Les articulations rotoïdes

Il s'agit d'une articulation de type pivot, notée R, réduisant le mouvement entre deux corps à une rotation autour de leur axe commun. La situation relative entre les deux corps est donnée par l'angle autour de cet axe [9].



Figure 1.16: Représentation d'une articulation rotoïde [3].

I.8.4. Organe terminal

Nous regroupons tous les dispositifs destinés 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, car elle peut être équipée de plusieurs appareils avec différentes fonctions. Il peut également être monofonctionnel, mais interchangeable. Enfin, il y a un robot, peut-être un robot multi-bras, chaque bras porte un organe terminal différent. Les termes organe terminal, préhenseur, outil ou effecteur seront utilisés de manière interchangeable pour nommer le dispositif interactif fixé sur l'extrémité mobile de la structure mécanique [9].

I.8.5. les capteurs

Le capteur est l'organe de la perception. Lorsqu'il mesure l'état interne du robot (la position et la vitesse des articulations), il est considéré comme proprioceptif lorsqu'ils collectent des informations environnementales (présence détectée, contact, mesure de distance, vision artificielle) [3].

I.8.6. la commande

La partie commande synthétise les consignes des asservissements pilotant les actionneurs, à partir de la fonction de perception et des ordres de l'utilisateur [3].



Figure 1.17: Constituant d'un robot [10].

I.9. Classification des robots

La classification des systèmes robotiques est difficile, car il existe de nombreux critères pour leurs descriptions. Cependant nous allons les classer selon deux structures qui sont les suivantes:

- Point de vue fonctionnel.
- Point de vue géométrique [3].

1.9.1. Point de vue fonctionnel

Le nombre de classes et les distinctions entre celles-ci varient de pays à pays (6 classes au Japon, 4 en France). L'A.F.R.I. distingue 4 classes illustrées ci-dessous [3]:

1.9.1.1. Manipulateur à commande manuelle ou télécommande

Fig.1.15 représente les manipulateurs à commande manuelle [3] :



Figure 1.18: Manipulateur à commande manuelle [8].

1.9.1.2. Manipulateur automatique à cycles pré-réglés

Le réglage se fait mécaniquement par cames, butées, la commande peut se faire par automate programmable ; on peut distinguer entre manipulateurs à cycle fixe et manipulateurs à cycle programmable [3].

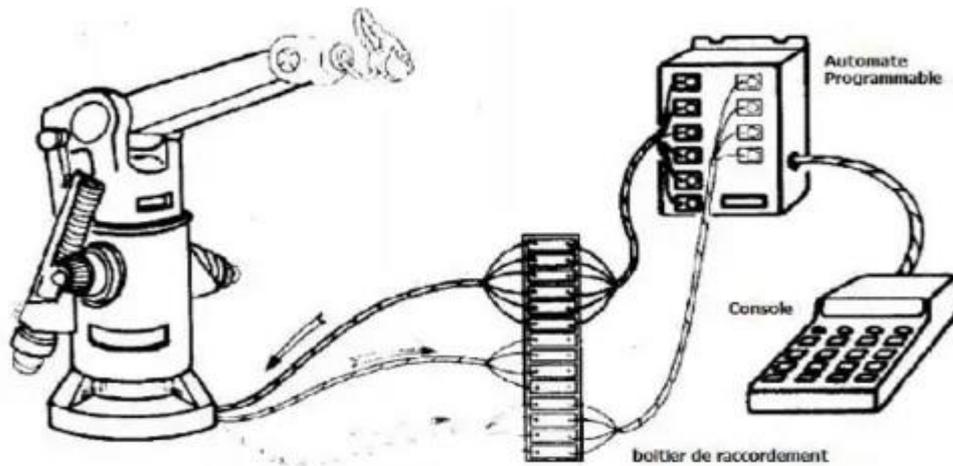


Figure 1.19: Manipulateur à cycle prééglé [3].

1.9.1.3. Robots programmables

Ils répètent les mouvements qu'on leur a appris ou programmés, sans informations sur l'environnement ou la tâche effectuée. On peut aussi faire la distinction entre robots « play-back » qui reproduisent la tâche apprise et robots à commande numérique qui peuvent être programmés hors-ligne [3].



Figure 1.20: Robot programmable [3].

1.9.1.4. Robots intelligents

On trouve actuellement des robots de seconde génération qui sont capables d'acquérir et d'utiliser certaines informations sur leur environnement (systèmes de vision, détecteurs de proximité, capteurs d'efforts, ...). On étudie des robots de troisième génération, capables de

comprendre un langage oral proche du langage naturel et de se débrouiller de façon autonome dans un environnement complexe, grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle [2].



Figure 1.21: Robot intelligent [3].

1.9.2. Point de vue géométrique

Il existe différentes architectures du porteur : la structure cartésienne (PPP), la structure cylindrique (RPP ou PRP), la structure sphérique ou polaire (RRP), la structure dite SCARA (RRP) et enfin la structure anthropomorphe (RRR) [3].

1.9.2.1. Structure cartésienne (PPP)

Les caractéristiques d'une structure cartésienne (PPP) sont: trois axes deux à deux en série avec trois degrés de liberté, une très bonne précision et une grande lenteur. Le volume de travail est un parallélépipède dont les dimensions sont les translations permises par les trois liaisons prismatiques [3].

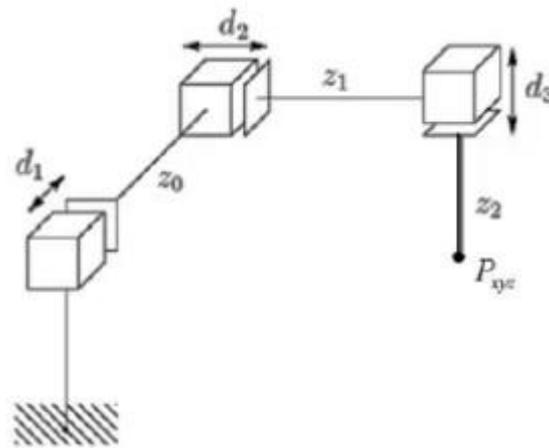


Figure 1.22: Structure PPP [3].

1.9.2.2. La structure cylindrique (RPP) ou (PRP)

Les caractéristiques d'une structure cylindrique (RPP ou PRP) sont : trois axes non perpendiculaires en série avec trois degrés de liberté et une grande rapidité. Le volume de travail est un cylindre plein ou creux, autrement dit un tore à section rectangulaire, dont la hauteur L est la translation permise par une liaison prismatique [3]

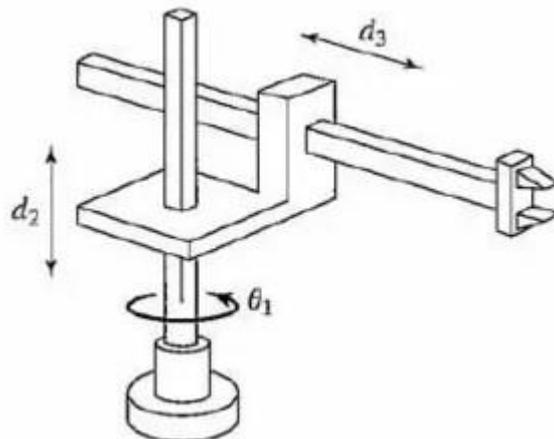


Figure 1.23: Structure RPP [3].

1.9.2.3. La structure sphérique ou polaire à axe de rotation orthogonale (RRP)

Le volume de travail est une sphère creuse, dont les rayons intérieur et extérieur sont fixés soit par la disposition de la liaison prismatique et la translation qu'elle permet, soit par les longueurs des deux parties du bras [3].

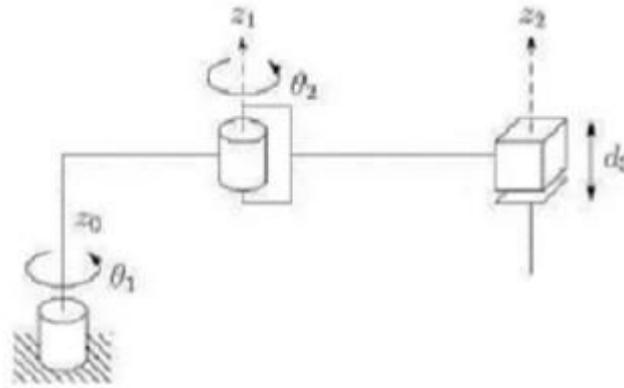


Figure 1.24: Structure RRP [3].

1.9.2.4. La structure dite SCARA

Les caractéristiques d'une structure SCARA (Selective Compliance Articulated Robot for Assemblage) sont : 3 axes en série cylindrique (RRP) ayant trois degrés de liberté. Les particularités de cette structure sont qu'elles sont précises et très rapides [3].

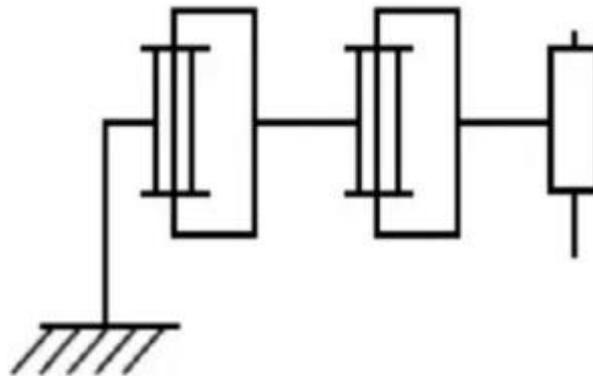


Figure 1.25: Structure SCARA [3].

1.9.2.5. La structure anthropomorphe (RRR)

Cette structure à une architecture plus généraliste reproduisant le bras humain. Son enveloppe de travail à une cinématique et dynamique complexes, mais sa configuration est plus flexible [3].

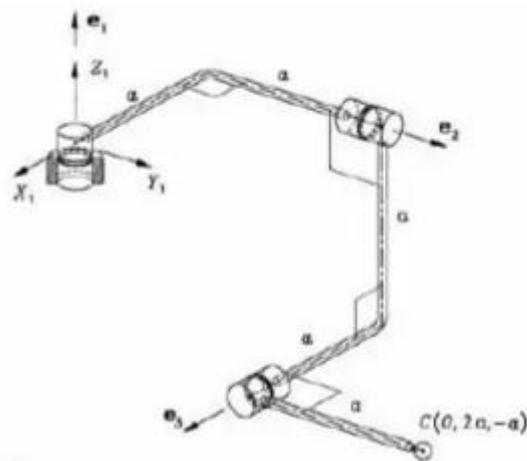


Figure 1.26: Structure RRR [3].

I.10. Caractéristiques d'un robot

Le robot doit être choisi en fonction de l'application qui lui est réservée. Voici quelques paramètres qui peuvent être pris en compte:

- la charge transportable maximale (de plusieurs kilogrammes à plusieurs tonnes) à déterminer dans les conditions les plus défavorables (élongation maximale
- l'architecture de S.M.A., le choix dépend de la tâche à effectuer (quelle est la rigidité de la structure.
- Le volume de travail, définie comme un ensemble de points que l'organe terminal peut atteindre. Tous les mouvements ne peuvent pas être exécutés à chaque point de l'espace de travail. L'espace de travail (*reachable workspace*), également appelé espace de travail maximal, est le volume de l'espace que le robot peut atteindre *via* au moins une orientation. La zone de travail dextre (*dextrous workspace*) est le volume de l'espace que le robot peut atteindre avec toutes les orientations possibles de l'effecteur (organe terminal). Cette zone de travail est un sous-ensemble de la zone de travail maximale.
- Positionnement absolu, correspondant à l'erreur entre le point (réel) souhaité défini par une position et une orientation dans l'espace cartésien et le point atteint et calculé par le modèle géométrique inverse du robot. Cette erreur est causée par le modèle utilisé, la quantification de la mesure de position, à la flexibilité du système mécanique. En général, l'erreur de positionnement absolu, également appelée précision, est de l'ordre de 1 mm.
- La répétabilité, ce paramètre indique la capacité du robot à revenir à un point (position, orientation) donné. Dans le cas de trajectoires répétées, la répétabilité correspond à l'erreur de

positionnement maximale en un point prédéterminé. En général la répétabilité est de l'ordre de 0,1 mm.

- La vitesse de déplacement (vitesse maximum en élongation maximum), accélération.
- La masse du robot.
- Le coût du robot.
- La maintenance, ... [10]

I.11. Définition d'un bras robot

C'est un bras programmable qui a des fonctions similaires à un bras humain.

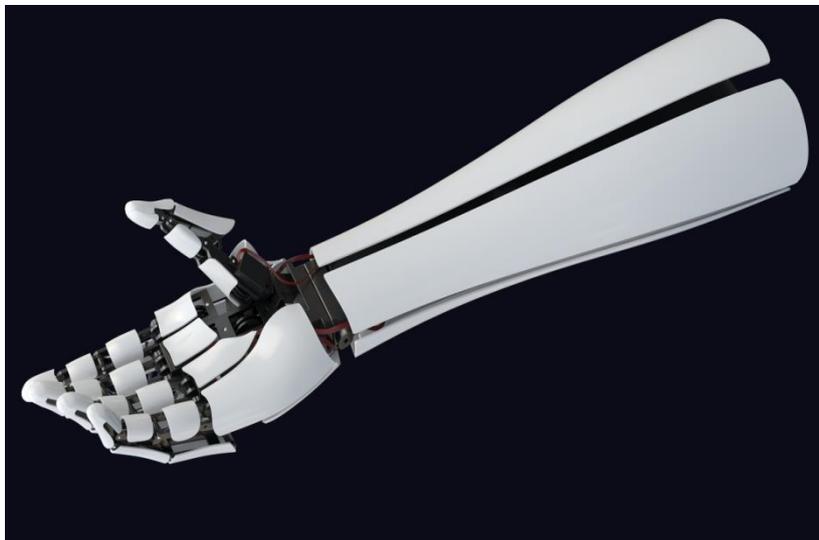


Figure 1.27: Bras robotique 3D (3 animations) modèle 3D [32].

I.12. Avantages et inconvénients des robots

I.12.1. Les avantages

- Dans de nombreux cas, la robotique et l'automatisation peuvent améliorer la productivité, la sécurité, l'efficacité, la qualité et la cohérence des produits.
- Le robot peut travailler dans des environnements dangereux sans assistance vitale ni problèmes de sécurité.
- Le robot n'a pas besoin d'éclairage, de climatisation, de ventilation et de protection contre le bruit.

- Le robot fonctionne en continu sans fatigue ni ennui, et ne nécessite pas d'assurance médicale ou de vacances.
- Les robots peuvent répéter la précision à tout moment, à moins qu'ils ne fonctionnent mal ou ne s'usent.
- Les robots peuvent être beaucoup plus précis que les humains. La précision linéaire du robot est généralement de 20 à 10 microns [11].

I.12.2 Les inconvénients

L'inconvénient des robots est que, à moins que le système ne puisse comprendre la situation et réagir, ils ne seront pas en mesure de répondre en cas d'urgence. Les mesures de sécurité nécessaires doivent être prises pour garantir qu'elles ne nuiront pas à l'opérateur et n'endommageront pas la machine avec laquelle ils coopèrent. Les inconvénients des robots comprennent:

- Réponse insuffisante ou médiocre,
- Le manque de pouvoirs prendre une décision,
- Consommation de l'énergie,
- Ils peuvent endommager d'autres appareils, et causer des blessures à l'homme.

Bien que les robots aient de bonnes caractéristiques, certaines caractéristiques peuvent être limitées, telles que les degrés de liberté, la dextérité, les capteurs, les systèmes de vision et la capacité de répondre en temps réel. La raison pour laquelle les robots sont chers est due: au coût initial de l'équipement, au coût d'installation, aux exigences en matière d'équipement périphérique, aux exigences de formation et aux exigences de programmation [11].

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons bien détaillé la robotique, ainsi que ces domaines les plus courants. Dans le chapitre à venir, on se focalisera à la présentation de la robotique médicale.

Introduction

Ces dernières décennies, les robots médicaux ont commencé à apparaître massivement dans les hôpitaux. Ces robots peuvent aider à effectuer une chirurgie cardiaque délicate sur des patients. Ainsi, d'autres robots travaillent comme assistants pour le personnel infirmier. Ils peuvent également aider à prendre en charge les patients âgés dans les maisons de retraite. En outre, la technologie robotique change la vie des personnes qui ont perdu des bras ou des jambes [12].

Dans ce chapitre, on se focalisera à détailler la robotique médicale en citant sa définition, la définition d'un robot médicale, ainsi que les types de robots médicaux, etc.

II.1. Robotique médicale

La robotique médicale est un domaine interdisciplinaire, avec des méthodes issues de l'informatique, des mathématiques, du génie mécanique et de la médecine. Le domaine a émergé dans les années 1980 comme une nouvelle branche de la robotique. La robotique elle-même était alors une branche de l'intelligence artificielle. Cependant, un certain nombre de problèmes techniques et mathématiques ont dû être résolus pour amener les robots à une utilisation clinique courante. Ces problèmes étaient bien en dehors du champ de l'intelligence artificielle, et cela a favorisé l'émergence du nouveau domaine [13].

II.2. La différence entre la robotique médicale et la robotique industrielle

En comparant la robotique médicale à la robotique industrielle, nous voyons que ce dernier domaine est celui qui vend le plus de robots. En revanche, certains des problèmes de recherche les plus difficiles se posent en robotique médicale: il est nécessaire d'améliorer la précision des procédures chirurgicales, et le guidage par image est devenu un élément central. Si nous imaginons que les exosquelettes robotiques peuvent aider les patients paralysés, il devient clair que nous aurons besoin de méthodes d'apprentissage du mouvement et d'interfaces cerveau-ordinateur [13].

II.3. Définition d'un robot médical

Les robots médicaux spécifient d'abord l'utilisation de "dispositifs physiques avec possibilité de prise de décision, de perception et d'action et connectés au monde numérique". En ce sens, les robots médicaux peuvent être des dispositifs d'administration de médicaments, des prothèses mécanisées, un dispositif d'aide au maintien de la posture, ou encore des pompes cardiaques ... [14].

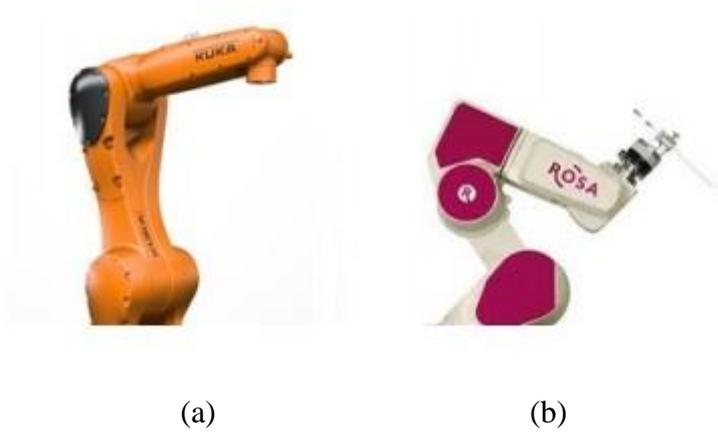


Figure 2.1: De gauche à droite : (a) Robot industriel Kuka de type anthropomorphe, (b) robot de neurochirurgie ROSA de l'entreprise MedTech [14].

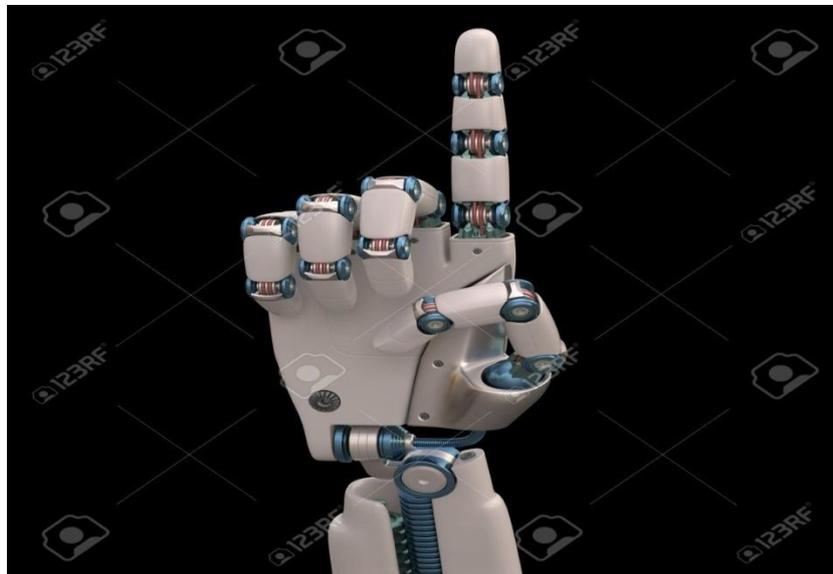


Figure 2.2: main robotique [15].

II.4. Types de robots médicaux

Il existe trois types de robots pouvant être utilisés en médecine:

- Tout d'abord, il existe des robots cobayes qui peuvent aider les médecins en formation.
- Ensuite, les robots utilisés dans la salle d'opération pour aider les médecins à effectuer leurs tâches;
- Enfin, il y a les membres et les organes artificiels, qui sont des robots qui peuvent remplacer une partie du corps perdue pour diverses raisons [16].

II.5. Types de systèmes robotiques

Il existe trois principaux types de systèmes robotiques actuellement utilisés dans le domaine chirurgical : Systèmes actifs, semi-actifs et maître-esclave.

II.5.1. Les systèmes actifs

Ces systèmes fonctionnent essentiellement de manière autonome (tout en restant sous le contrôle du chirurgien opératoire) et effectuent des tâches préprogrammées, Les plates-formes PROBOT et ROBODOC sont de bons exemples.

II.5.2. Les systèmes semi-actifs

Ils permettent à un élément entraîné par le chirurgien de compléter l'élément préprogrammé de ces systèmes de robot.

II.5.3. Les systèmes formels maître-esclave

Dont les plates-formes da Vinci® et ZEUS étaient les précurseurs ne possèdent aucun des éléments préprogrammés ou autonomes des autres systèmes. Ils dépendent entièrement de l'activité du chirurgien. Les mouvements de la main du chirurgien sont transmis aux instruments chirurgicaux laparoscopiques, qui reproduisent fidèlement l'activité de la main du chirurgien, mais de manière intracorporelle [17].

II. 6. Domaines d'utilisation du robot médical

- ✚ Radiochirurgie.
- ✚ Chirurgie orthopédique.
- ✚ Chirurgie urologique et imagerie robotique.
- ✚ Chirurgie cardiaque.
- ✚ Neurochirurgie.
- ✚ Modes de contrôle [13].

II.7. Utilisations des robots médicaux

II.7.1. Robots dans le laboratoire

La recherche en laboratoire est souvent lente et ennuyeuse. Les scientifiques répètent parfois les mêmes procédures encore et encore. Ces robots peuvent faire les mêmes tâches encore et encore sans faire d'erreur [12].

II.7.1.1. Bras mécaniques

Les premiers robots de laboratoire étaient des bras mécaniques, qui manipulaient des matières radioactives. Les laboratoires utilisent encore des systèmes comme celui-ci pour

manipuler des substances dangereuses. Les bras robotiques d'aujourd'hui peuvent être programmés pour effectuer des tâches très complexes [12].

II.7.1.2. Robot de laboratoire à un bras

Le Katana HD6M est un robot avec un bras et plusieurs articulations. Il peut être utilisé dans la recherche pour manipuler des puces électroniques et verser des doses exactes de produits chimiques. C'est le seul bras robotique industriel qui peut être utilisé en toute sécurité autour de personnes sans protection supplémentaire [12].



Figure 2.3: robot Katana HD6M [12].

II.7.2 Test sanguin et cellules en croissance

II.7.2.1. Test sanguin

Les médecins envoient des échantillons de sang aux laboratoires pour y être testés pour la maladie. Un robot peut lire les étiquettes sur les échantillons et injecter les bons produits chimiques. Il peut stocker les échantillons et enregistrer le résultat.

- **Plaques d'essai**

De nombreux tests de laboratoire utilisent des plaques d'essai pour 96 petits tubes à essai. Plusieurs robots travaillent ensemble pour gérer ces tests, notamment:

- Robots de manipulation de liquide, qui placent des quantités exactes de liquide dans chaque tube.
- Robots de déplacement de plaques, qui déplacent les plaques vers le test suivant.
- Robot lecteur de plaques, qui examine les plaques et enregistre les résultats [12].

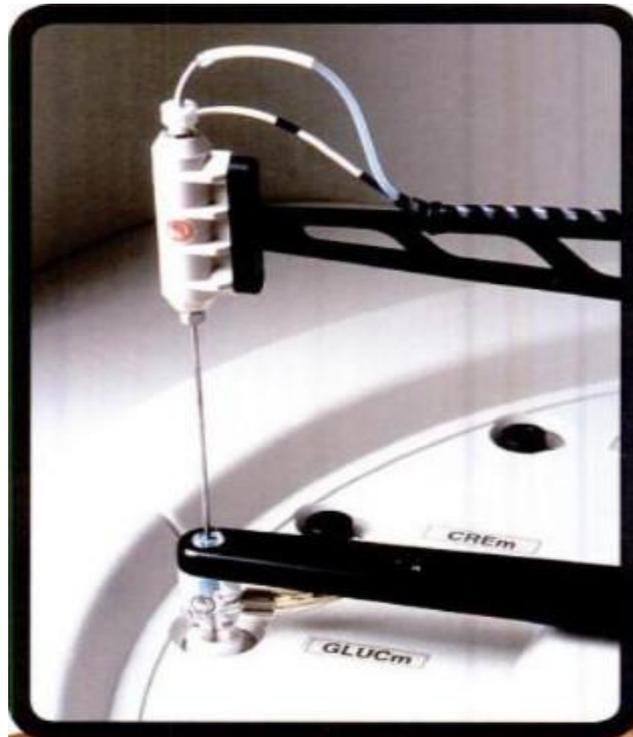


Figure 2.4 : l'un des robots qui gèrent les tests sanguins [12].

II.7.2.2. Cellules en croissance

Dans les dernières recherches médicales, les laboratoires développent des groupes de cellules animales ou végétales. Ce processus s'appelle la culture cellulaire. Il peut être utilisé pour créer de nouveaux médicaments ou pour soigner des maladies. Les cellules doivent être parfaites et non contaminées, le travail est donc effectué par des robots dans des salles blanches [12].

II.7.3. Robot de culture cellulaire

SelecT est une immense salle blanche automatique, avec plusieurs robots intégrés pour faire des cultures cellulaires. Les robots gèrent toutes les cultures cellulaires à l'intérieur de la machine. Les opérateurs humains observent et contrôlent le processus de l'extérieur. SelecT est en fait un immense robot, avec de nombreuses sélections fonctionnelles [12].

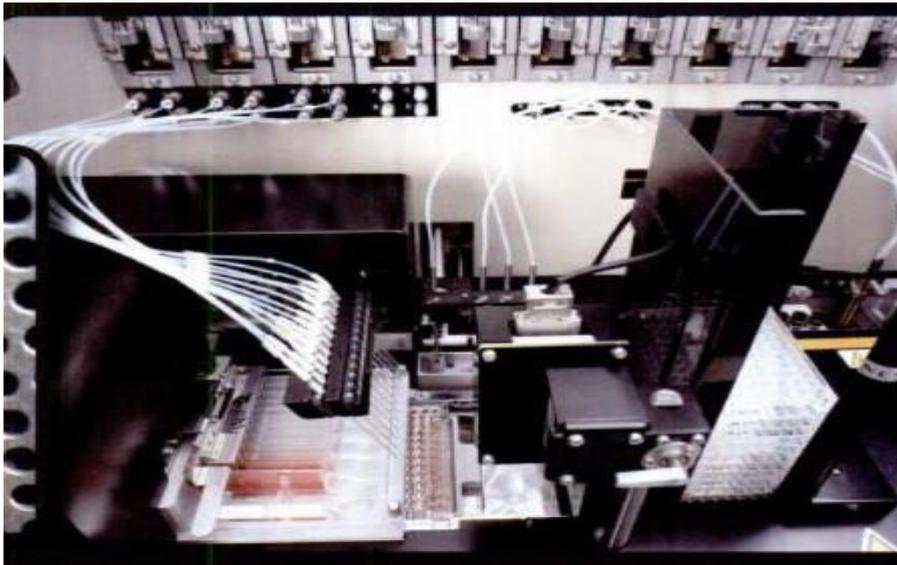


Figure 2.5 : robots dans les salles blanches automatiques [12].

II.7.4. Robots de salle blanche

Les robots peuvent travailler avec des matériaux qui seraient dangereux pour l'homme. Les robots ne sont pas affectés par les virus, les bactéries, les matières radioactives ou les produits chimiques. Ils travaillent souvent dans des salles blanches [12].

II.7.5. Aucun humain autorisé

Les travailleurs humains restent à l'extérieur de la salle blanche. Ils s'habillent de la tête aux pieds avec des vêtements de protection pour éviter de contaminer les matériaux. Le robot à l'intérieur de la salle blanche peut mélanger, verser et trier des substances. Les matériaux produits par le robot sont garantis purs. Ils ne sont pas contaminés par des bactéries ou d'autres substances [12].



Figure 2.6 : Robots dans une salle blanche automatique pour éviter la contamination des matériaux [12].

II.8. Historique de la robotique chirurgicale

En 2013, 2 000 robots chirurgicaux Da Vinci ont été vendus dans le monde. Mais il y a dix ans, il n'y avait qu'une dizaine de robots dans le monde. Comment arriver à cette explosion fulgurante? Intuitive Surgical a le monopole sur ce marché, et en regardant l'histoire de l'entreprise, nous pouvons reconstruire l'histoire des robots chirurgicaux. Il faut également étudier les avancées technologiques dans les domaines militaires, des télécommunications et de l'informatique, de la chirurgie et de la robotique pour expliquer le développement des robots chirurgicaux.

En 1940, on parlait pour la première fois de robotique médicale, c'est-à-dire de robots qui peuvent aider les patients. En effet, Robert Heinlein a écrit un roman de science-fiction dans lequel le héros utilisait un exosquelette car ses jambes ne le portaient pas.

Quelques années plus tard, des robots ont été développés pour aider les chercheurs nucléaires à manipuler les matières radioactives tout en les protégeant des radiations. Par la suite, les gens ont conçu et inventé des machines robotiques capables d'explorer à leur place des endroits dangereux tels que l'espace ou les fonds marins.

Ainsi le but initial du robot est de protéger les personnes.

Dans les années 80, avec l'avancement de la microélectronique et de la technologie informatique, la technologie robotique a fait un grand pas en avant.

Dans le même temps, des techniques de chirurgie mini-invasive ont été développées.

En 1987, le médecin français Philippe Mouret a réalisé la première laparoscopie, une chirurgie mini-invasive qui consiste à utiliser un laparoscope pour visualiser l'intérieur de l'abdomen, des ovaires, des trompes de Fallope et de l'utérus. Le laparoscope ressemble à un télescope miniature avec un système de fibre optique qui introduit la lumière de la source lumineuse dans l'abdomen. Cela permet d'installer la caméra à l'endroit exact où les gens veulent opérer. Ensuite, nous vérifions la zone à opérer sur l'écran.

Dans les années 1990, les chirurgiens et les chercheurs ont réalisé que les robots chirurgicaux ne facilitaient en réalité que certaines opérations. C'est la première limite rencontrée par les roboticiens chirurgicaux.

C'est au cours de ces années que l'équipe de chercheurs américains SRI International a mené les premières recherches qui ont abouti au robot Da Vinci. Cette recherche a directement attiré l'attention de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), une branche de l'armée américaine. En fait, dans les années 1990, l'armée américaine a vu la possibilité de construire des robots capables d'opérer des soldats blessés de guerre avec l'aide de chirurgiens à des milliers de kilomètres du champ de bataille, conflit. Evidemment, le but est de protéger le chirurgien. Par conséquent, l'armée américaine a décidé de financer le projet. Cela a donné un nouvel élan à la recherche.

Quelques années plus tard, le Dr Frédéric MOLL a été inclus dans le projet SRI et a décidé d'acheter les droits de propriété intellectuelle de SRI et a créé Intuitive Surgical. Mr Moll a certainement découvert le potentiel économique de la recherche ISR.

La demande de l'armée américaine est également à l'origine de la chirurgie à distance. Autrement dit, lorsque le patient est à un endroit dans le monde et le chirurgien à un autre endroit dans le monde.

En 2001, le chirurgien français Jacques Marescaux a opéré un patient à Strasbourg, en France, à New York. Par la suite, le professeur a créé l'IRCAD à Strasbourg, l'Institut du cancer du système digestif. Le centre dispense une formation aux techniques chirurgicales mini-invasives pour les chirurgiens de l'équipe et héberge Intuitive Surgical pour entraîner les robots Da Vinci au-dessus du sol aux États-Unis.

Début 2011, l'opération française Da Vinci a réalisé 20% de la prostatectomie en France et 80% aux États-Unis [18].

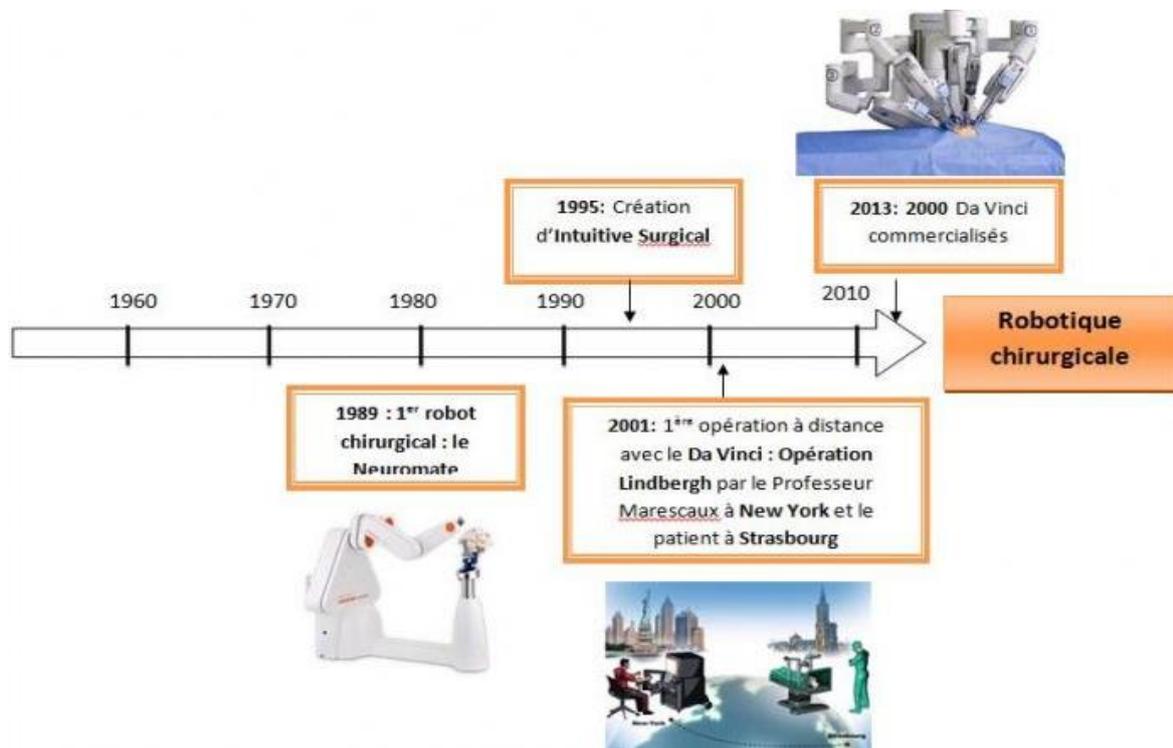


Figure 2.7 : Quelques repères chronologiques [18].

II.9. Applications de la robotique chirurgicale

- Radiochirurgie.
- Chirurgie orthopédique.
- Chirurgie urologique et imagerie robotique.
- Chirurgie cardiaque.
- Neurochirurgie.
- Modes de contrôle [13].

II.10. Les avantages de la chirurgie robotique

En général, les principaux avantages de la chirurgie robotique sont :

- la précision.
- la miniaturisation.
- les petites incisions : car la miniaturisation des éléments chirurgicaux des robots et l'articulation des bras engendrent une réduction de la taille des incisions.
- la diminution de la perte de sang.
- moins de douleur.
- l'accélération du temps de la guérison.
- une diminution de risque d'infection.

- des cicatrices plus petite ou même non existant.
- peu de transfusion.
- Elimination des tremblements de la main grâce à un filtre électronique. Par exemple, lorsqu'un chirurgien fait un geste de 20 cm, le robot peut le faire en 2 cm.
- permet de faire des gestes plus précis et plus rapide grâce à l'utilisation d'un codage numérique entre l'ordinateur du médecin et le robot [19] [20].



Figure 2.8 : bras robotique chirurgical [21]

II.11. Inconvénients et les risques de la chirurgie robotique

- Dysfonctionnement ou difficultés techniques: cela peut entraîner d'énormes complications, en particulier lorsque le -robot opère sur le corps du patient.
- En termes de coûts financiers et de coûts d'exploitation, la robotique est extrêmement coûteuse.
- Exiger des professionnels de la formation pour réparer et entretenir correctement les problèmes.
- Dans une salle d'opération bondée, certains systèmes sont volumineux: un grand nombre d'instruments est nécessaire dans un petit espace. Pour les chirurgiens, la partie surchargée peut interférer avec leur souplesse [19] [20].

Conclusion

Chaque année, les développeurs de robotique redoublent d'efforts pour introduire de nouveaux équipements dans l'environnement médical, qu'il s'agisse d'un hôpital, d'une clinique ou d'une salle d'opération.

En dépit du long chemin qu'il reste à parcourir pour convaincre les gouvernements et les institutions derrière les systèmes de santé traditionnels de reconsidérer les robots chirurgicaux en termes d'adoption et d'accessibilité, il y a encore plusieurs raisons d'optimisme en 2018 [22].

Dans ce chapitre nous avons appris que les robots médicaux font partie d'un domaine qui se développe extrêmement vite dans le monde.

Introduction

Ce chapitre sera consacré à la présentation des parties soft et hard de notre réalisation (bras robotique), dont nous aborderons une étude approfondie de chacun de ces éléments constitutifs (Arduino, Servomoteurs, Capteur de flexion), son principe de fonctionnement, sa programmation et son utilisation.

III.1. La carte Arduino

III.1.1. Présentation de la carte Arduino

Une carte Arduino est une petite carte électronique de dimension (5,33 x 6,85 cm) équipée d'un microcontrôleur qui permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; de ce fait, la carte Arduino est donc une interface programmable . Le système Arduino est composé de deux parties principales : le matériel et le logiciel. Les possibilités d'utilisation de cette carte sont infinies : on peut tout faire, par exemple : bras de robot, régulation de température, effets lumineux, instruments de musique, systèmes d'alarmes, ... [22].

III.1.2. Les types de carte Arduino

Il existe différentes cartes Arduino, on trouve :

- ❖ Arduino Uno
- ❖ Arduino Nano
- ❖ Arduino Micro
- ❖ Arduino Méga
- ❖ Arduino Leonardo
- ❖ Arduino DUE
- ❖ Arduino ONE [23].

La carte Arduino la plus utilisée est la carte Arduino Uno vu sa simplicité, ainsi qu'un nombre suffisant pour une application de taille moyenne. Dans notre projet, nous allons utiliser l'Arduino Uno.

III.1.3. Carte Arduino UNO

La carte Arduino UNO est un microcontrôleur ATmega328 programmable permettant de faire fonctionner des composants (moteur, LED...). Elle possède des «ports» permettant par exemple de se connecter à un ordinateur ou de s'alimenter. La carte Arduino UNO est la pièce maîtresse de tout circuit électronique pour les débutants [24].

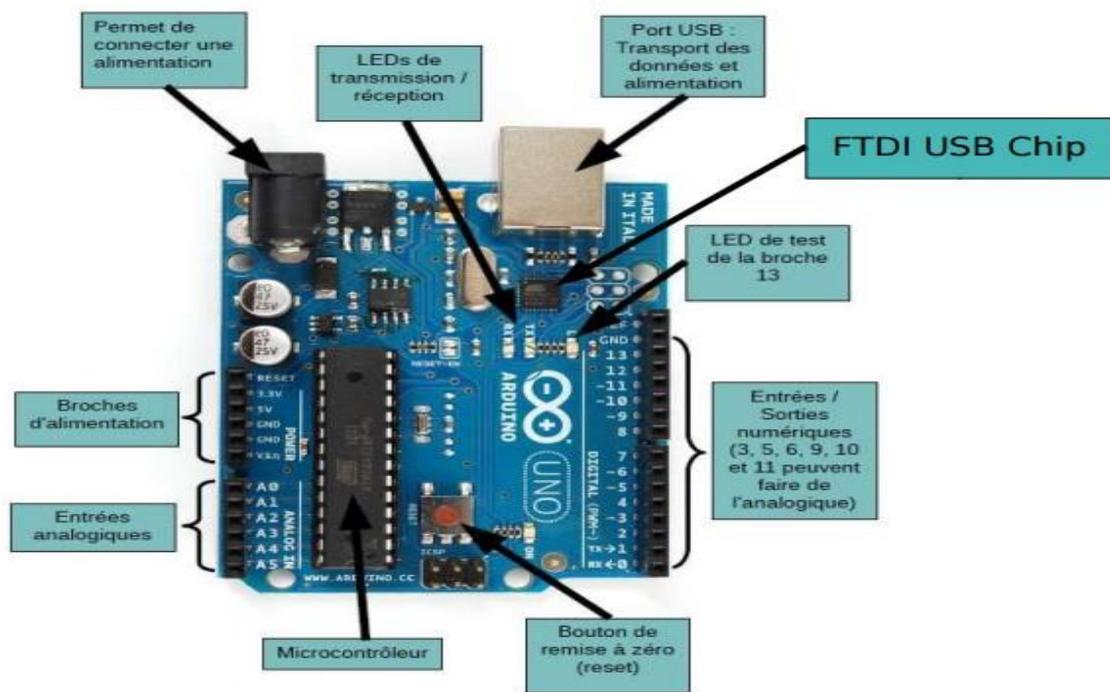


Figure 3.1: La carte Arduino UNO [23].

III.1.3.1. Les caractéristiques de la Carte Arduino UNO

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	40 mA
Mémoire programme Flash	32 KB (dont 0.5 KB utilisés par le chargeur de démarrage)
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tableau 3.1 : Caractéristiques de l'Arduino UNO [3].

III.1.4. L'environnement de programmation Arduino (IDE)

Les créateurs d'Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes Arduino soit visuelle, simple et complète à la fois. C'est ce que l'on appelle une IDE, qui signifie *Integrated Development Environment* ou Environnement de Développement « Intégré » en français (donc EDI). L'IDE Arduino est le logiciel qui permet de programmer les cartes Arduino.

L'IDE affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation. Vous pouvez donc saisir votre programme, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte Arduino ... A la date de rédaction de cette page, la version la plus récente de l'IDE Arduino est la *1.8.10*. L'aspect est à peu près identique sur chaque plate-forme (Windows, Mac et Linux). L'image suivante montre l'écran initial qui apparaît au lancement de l'IDE [25].

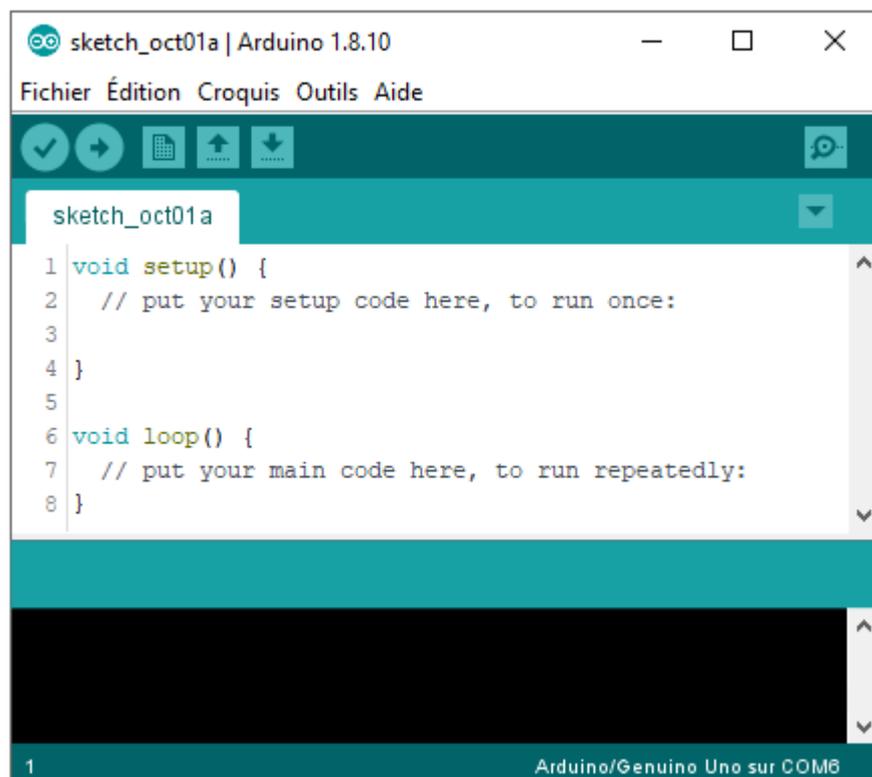


Figure 3.2: L'écran principal de l'IDE Arduino au démarrage [25].

III.2. Source d'énergie (pile électrique)

Une pile électrique ou simplement une pile est un dispositif électrochimique, ce système transforme l'énergie d'une réaction chimique en énergie électrique. Dans une pile les réactifs sont introduits à la fabrication, quand ils sont épuisés on doit remplacer la pile par une neuve [14]. Il

existe Différents formats de piles : LR6 (AA), LR3 (AAA), LR61 (AAAA), LR14 (C), LR20 (D), 6LR61 (PP3), 3LR12 (1203), 4LR25 (908AC)[26]

III.3.Servomoteurs

III.3.1. Définition d'un servomoteur

Un servomoteur (vient du latin servus qui signifie « esclave ») est un moteur capable de maintenir une opposition à un effort statique et dont la position est vérifiée en continu et corrigée en fonction de la mesure. C'est donc un système asservi. C'est un ensemble mécanique et électronique comprenant :

- un moteur à courant continu,
- un réducteur en sortie de ce moteur diminuant la vitesse mais augmentant le couple,
- un potentiomètre (faisant fonction de diviseur résistif) qui génère une tension variable, proportionnelle à l'angle de l'axe de sortie,
- un dispositif électronique d'asservissement,
- un axe dépassant hors du boîtier avec différents bras ou roues de fixation. Noter bien que les servomoteurs peuvent actionner les parties mobiles d'un robot, drone ... [27].

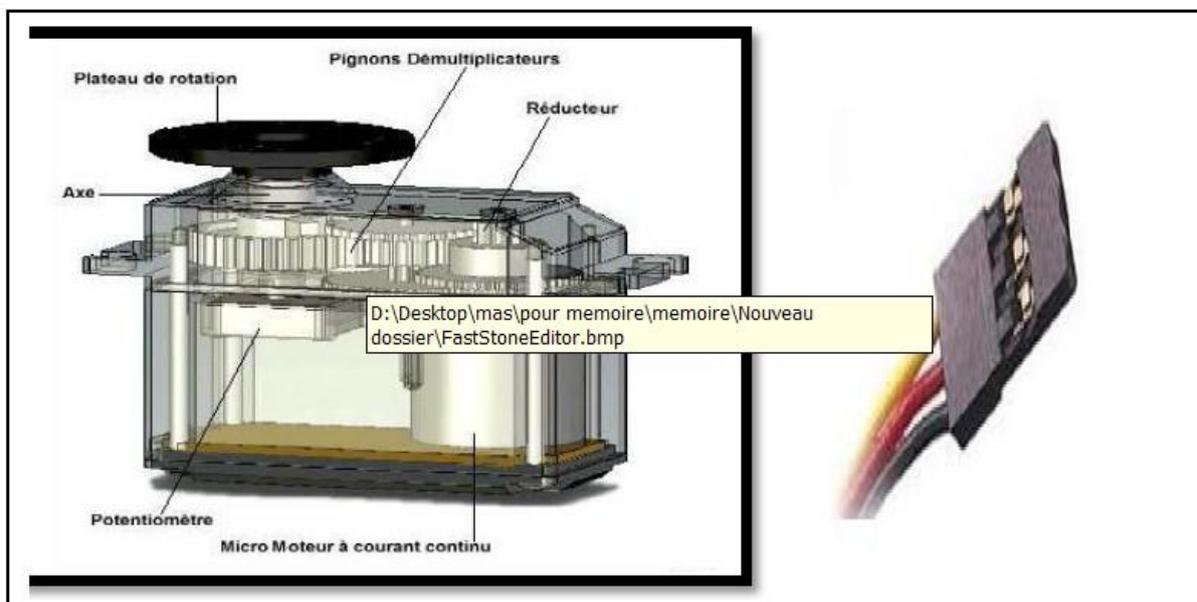


Figure 3.3 : Schémas des éléments non visibles d'un servomoteur [28].

III.3.2. Utilisation des servomoteurs :

Les servomoteurs se trouvent fréquemment dans les magasins de modélisme ou dans les catalogues d'électronique. Sur des maquettes comme en robotique, ils sont utilisés pour

positionner, faire pivoter, rentrer/sortir des éléments d'aiguillage, onglets, signalisations, train d'atterrissage d'un avion, ils permettent de déplacer un bras jusqu'à une certaine position (ou angle) [30].

III.3.3. connectique

Un servomoteur a trois fils de connexion pour fonctionner. Deux fils servent à son alimentation, le dernier étant celui qui reçoit le signal de commande :

Rouge : pour l'alimentation positive (4.5V à 6V en général).

Noir ou marron : pour la masse (0V).

Orange, jaune, blanc, ... : entrée du signal de commande [30].

III.3.4. Servomoteur MG90S

Il en existe de différentes tailles mais ils fonctionnent tous de la même manière. Dans notre mémoire on a utilisé le MG90S. Ceci est un mini servomoteur, convient pour de nombreuses applications en robotique. Les MG90S sont très difficiles à trouver. Ils sont chers par rapport aux autres servomoteurs [29].



Figure 3.4: un servomoteur MG90S. [29]

III.3.5. Les caractéristiques d'un servomoteur MG90S

Références	MG90S
Caractéristiques	
Poids	13,4g
Dimensions	22,5 x 12 x 35,5 mm
Couples d'arrêt	1,8 kgf.cm (4,8V), 2,2 kgf.cm (6V)
Tensions de fonctionnement	4,8V – 6V
Vitesses	0,1s/60° (4,8V), 0,08s/60° (6V)
Angles de rotation	180°

Tableau 3.2: Tableau des caractéristiques de servomoteur MG90S du bras [3].

III.3.6. Fonctionnement d'un servomoteur

Les servomoteurs sont commandés par l'intermédiaire d'un câble électrique à trois fils qui permet d'alimenter le moteur et de lui transmettre des consignes de position sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion plus communément appelé PWM (Pulse width modulation, Modulation en largeur d'impulsion). Cela signifie que c'est la durée des impulsions qui détermine l'angle absolu de l'axe de sortie et donc la position du bras de commande du servomoteur. Le signal est répété périodiquement, en général toutes les 20 millisecondes, ce qui permet à l'électronique de contrôler et de corriger continuellement la position angulaire de l'axe de sortie, cette dernière étant mesurée par le potentiomètre. Lorsque le moteur tourne, l'axe du servomoteur change de position, ce qui modifie la résistance du potentiomètre. Le rôle de l'électronique est de commander le moteur pour que la position de l'axe de sortie soit conforme à la consigne reçue, c'est un asservissement [30].

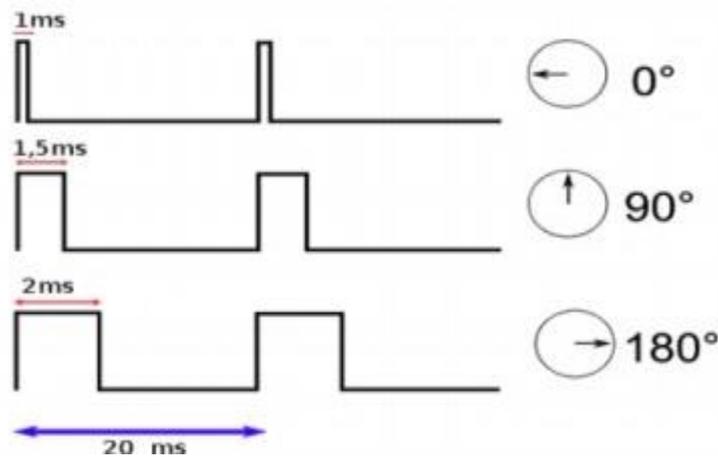


Figure 3.5: Relation PWM / Position de l'arbre [30].

III.3.7. Piloter un servomoteur avec Arduino

Le mode de commande d'un servomoteur est standardisé : on envoie sur son fil de commande une impulsion dont la durée correspond à l'angle désiré. Historiquement, cette impulsion était délivrée par un circuit oscillateur. Le circuit intégré NE555 est un exemple vedette du circuit utilisé. Avec la programmation de l'Arduino, ce circuit n'est plus nécessaire. Une bibliothèque (library) dédiée, la bibliothèque « servo », permet de piloter un servomoteur en lui transmettant simplement l'angle sur lequel il souhaite se positionner [31].

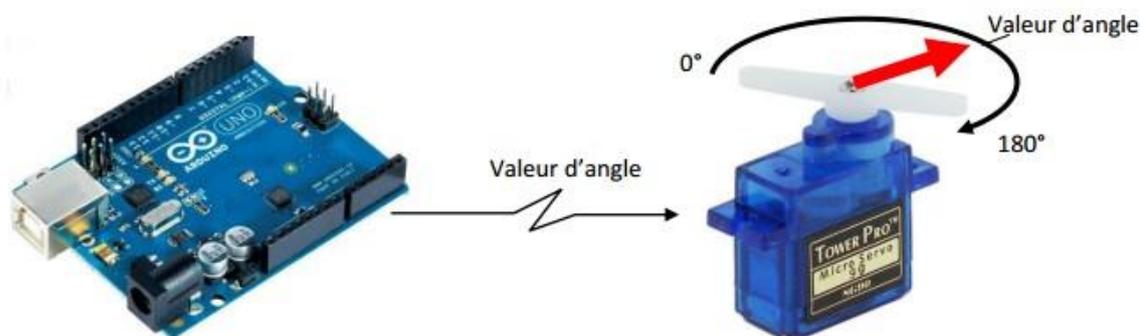


Figure 3.6: Piloter un servomoteur avec Arduino [31].

Ce qui permet de réaliser simplement des mouvements qui peuvent être complexes et de les automatiser [18].

III.3.8. raccordement d'un servomoteur sur une carte Arduino UNO

Dans la figure suivante on montre un exemple de raccordement d'un servomoteur sur une carte Arduino UNO.

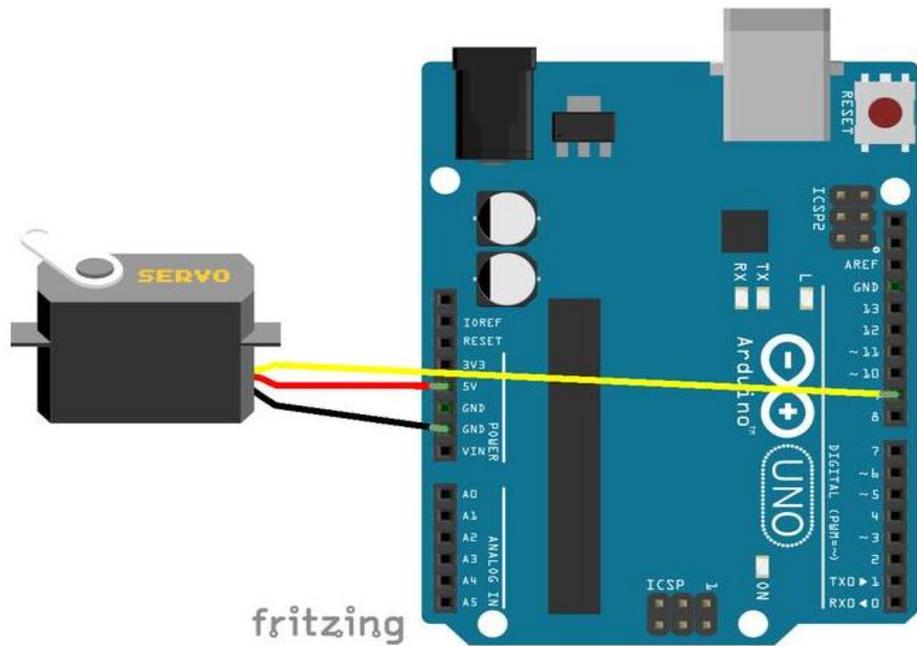


Figure 3.7: un exemple de raccordement d'un servomoteur sur un UNO [32].

III.4. Capteur de flexion (Flex sensor)

III.4.1. Définition de Capteur de flexion

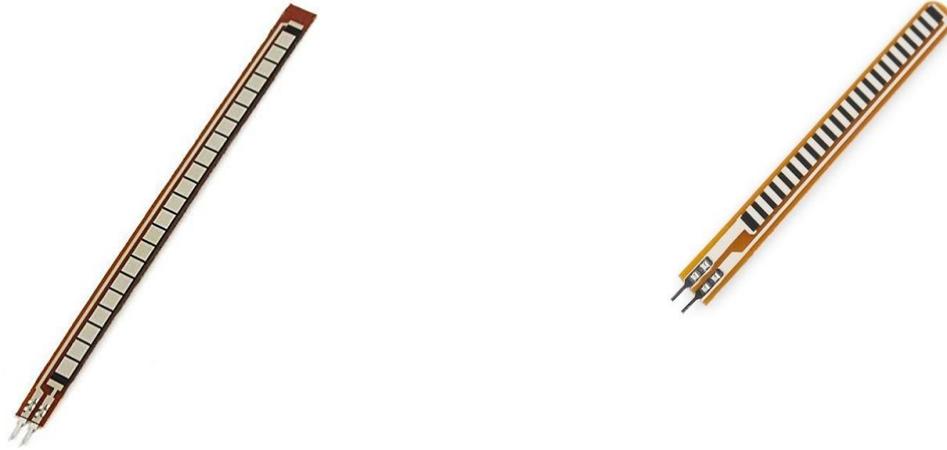
Ce capteur flexible est une résistance variable pas comme les autres. La résistance du capteur de flexion augmente à mesure que le corps du composant se plie[33].

III.4.2. Les différents types de Capteur de flexion

Les capteurs Flex sont disponibles en deux tailles :

- ✓ une de 2.2 » (5,588 cm) de long.

- ✓ une autre de 4.5 » (11,43 cm) de long [33].



(a)

(b)

Figure 3.8: De gauche à droite : (a) Capteur de flexion : Flex Sensor 4.5 , (b) Capteur de flexion : Flex Sensor 2.2 [33].

Dans notre réalisation, on exploitera les capteurs Flex de taille « 5,588 cm ».

III.4.3. les spécifications du Capteur de flexion

III.4.3.1. Spécifications mécanique du Capteur de flexion

- Epaisseur : 0,43 mm (0,017 «)
- Plage de température : -35 ° C à + 80 ° C [33].

III.4.3.2. Spécifications électrique du Capteur de flexion

- Résistance à plat : 10K Ohms \pm 30%
- Résistance à la flexion : minimum 2 fois supérieure à la résistance à plat à 180 ° de pincement.
- Puissance nominale : 0,5 watts en continu; 1 Watt de pointe [33].



Figure 3.9 :

NB : Comme la montre la figure ci-dessus, lorsque la surface du FLEX SENSOR est complètement linéaire, elle aura sa résistance nominale. Lorsqu'il est plié à un angle de 45 °, la résistance FLEX SENSOR augmente jusqu'à deux fois plus qu'auparavant. Et lorsque la courbure est à 90 °, la résistance peut atteindre quatre fois la résistance nominale. Ainsi, la résistance aux bornes augmente linéairement avec l'angle plié. Donc, dans un sens, le capteur FLEX convertit l'angle de flexion en paramètre RESISTANCE.[34]

III.5. Les applications de Capteur de flexion

- Robotique,
- Jeux (Virtual Motion),
- Équipement médical,
- Périphériques d'ordinateur,
- Instruments de musique,
- Thérapie physique [33].

III.6. Le logiciel Fritzing

Le logiciel Fritzing est un outil de création des projets et des circuits électroniques, il permet aussi l'édition de circuit imprimé, il est disponible gratuitement sur internet. Il a

notamment pour vocation de favoriser l'échange de circuits électroniques libres et d'accompagner l'apprentissage de la conception de circuits [35].

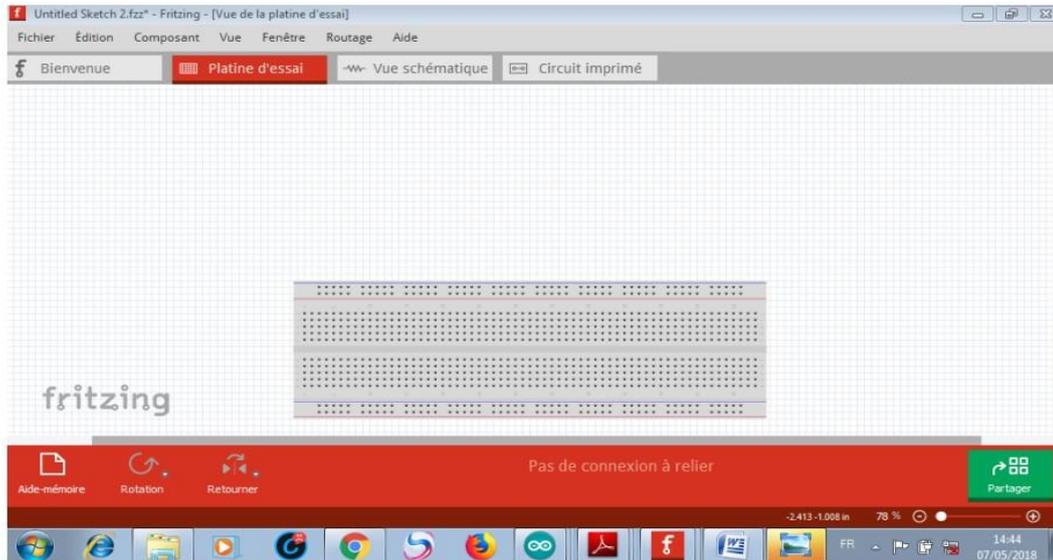


Figure 3.10 : Interfaçage de logiciel de simulation fritzing [34].

III.7. pilotage d'un servomoteur sur arduino avec un capteur Flex (un doigt):

✓ composants utilisés :

Materiels utilisé	Caractéristique	Nombre
Capteur Flex	2.2	1
Servomoteur	MG90S	1
Arduino	Uno	1
Plaque d'essai		1
Jumpers (les câbles)	Male male , male femelle ,femelle femelle	
Résistances	10 ohm	1
Pile	9v	1

tableau3.3 : composants utilisés.

✓ Cablage de composants utilisés :

Flex sensor avec arduino uno	Servomoteur avec arduino uno
P1- GND Arduino uno	Noire- GND Arduino uno
P2- A0 pin analogique 0 Arduino uno	Rouge- 5v arduino uno
	Jaune- pin 9 arduino uno

Tableau3.4 : Cablage de composants utilisés.

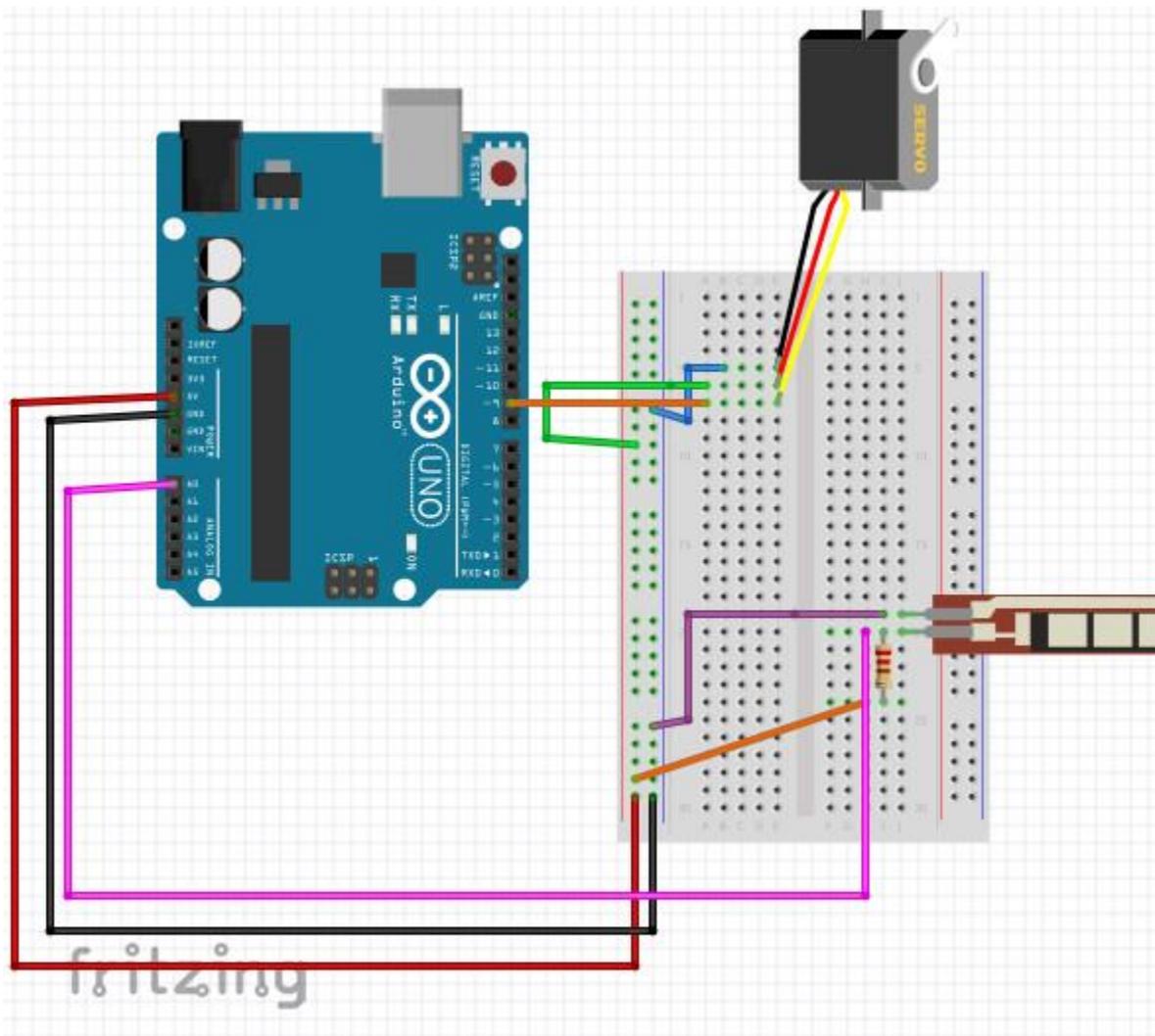


Figure3.11 : Cablage d'un capteur flex et un servo moteur avec arduino uno (un doigt).

J'utilise le "Flex sensor" pour changer la position d'un servomoteur et le contrôler. Un capteur flexible est une bande en plastique avec un revêtement conducteur. Lorsque la bande est droite, le revêtement sera à une certaine résistance. Lorsque la bande est pliée, les

particules du revêtement s'éloignent, augmentant la résistance. Je peux utiliser ce capteur pour détecter le mouvement des doigts dans les gants.

Le capteur Flex a deux broches, et comme c'est une résistance, les broches sont interchangeable.

L'une des broches est connectée à la broche 0 ANALOG IN de l'Arduino. Et connectée aussi via une résistance 10K Ohm (marron noir orange) sur GND.

L'autre broche est connectée à 5V.

Le servomoteur a un câble qui lui est attaché avec trois fils. Parce que le câble se termine dans une prise, j'ai utilisé des fils de liaison pour connecter entre l'Arduino et le servomoteur. Je branche simplement :

Le fil ROUGE (alimentation) à 5 Volts (5V)

Le fil JAUNE (signal) à la broche numérique (9)

Le fil NOIR (terre) à la terre (GND)

NB : les servomoteurs peuvent consommer beaucoup d'énergie, donc il est préférable de leur fournir leur propre alimentation 9V (une pile de 9V).

✓ Programme de fonctionnement :

```
#include <Servo.h>
```

- Inclut la bibliothèque servo pour ajouter des fonctions de servo commande.

```
Servo servo1;
```

- Crée un "objet" servo, appelé servo1. Chaque objet servo contrôle un servo .

```
const int flexpin=0;
```

- Définir la broche d'entrée analogique pour mesurer la position du capteur Flex.

```
void setup() {
```

```
Serial.begin(9600);
```

- Utilisez la fenêtre du moniteur série pour vous aider à déboguer notre esquisse, Réglez le débit en bauds série sur 9600 bps.

```
servo1.attach(9);
```

- Activer le contrôle d'un servomoteur sur la broche 9.

```
void loop() {
```

```
int flexposition;
```

- Valeur d'entrée de la broche analogique.

```
int servoposition;
```

- Valeur de sortie vers le servomoteur.

```
flexposition = analogRead(flexpin);
```

- Lire la position du capteur Flex (0 à 1023).

```
servoposition = map(flexposition, 774, 950, 0, 180);  
servoposition = constrain(servoposition, 0, 180);
```

- Parce que le circuit diviseur de tension ne renvoie qu'une partie de la plage 0-1023 de `analogRead()`, nous allons mapper () cette plage à la plage du servomoteur de 0 à 180 degrés. Les capteurs Flex qu'on utilise sont généralement dans la gamme 600-900.

```
servo1.write(servoposition);
```

- On va maintenant commander au servomoteur de se déplacer vers cette position.

```
Serial.print("sensor:");  
Serial.print(flexposition);  
Serial.print("servo:");  
Serial.println(servoposition);
```

- Parce que chaque capteur Flex à une résistance légèrement différente, la gamme 600-900 peut ne pas couvrir exactement les capteurs flexibles. Pour régler notre programme, on utilisera le port série pour afficher les valeurs dans la fenêtre du moniteur série.

NB: Je note que toutes les lignes ci-dessus sont "print" sauf pour la dernière ligne qui est "println". Cela met tout sur la même ligne, puis envoie un retour chariot final pour se déplacer vers la ligne suivante.

```
delay(1000);
```



- Le délai entre les mises à jour des servomoteurs est une seconde (1000ms).

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons exposé les différents composants de notre main robotique. Cette partie est destinée à nous guider pour réaliser notre objectif.

De ce fait, le chapitre à venir sera consacré à la réalisation d'un prototype d'une main robotique à base d'une carte Arduino

Introduction

La réalisation de la main robotisée est accomplie grâce à, plusieurs outils et composants qui sont utilisés (la carte arduino uno, les servomoteurs et les capteurs Flex). Pour notre système robotisé, on a utilisé des logiciels (soft) et du matériel (hard) pour réaliser ma propre conception. Avant de présenter notre solution, on va analyser et étudier tout d'abord l'architecture et le fonctionnement de notre main robotique.

Pour la réalisation de la main, plusieurs choix s'offrent ; Notre premier choix c'était la technique de l'impression en 3D mais malheureusement cette technique n'est pas à notre disposition et même coûteuse, car les imprimantes 3D sont peu disponibles et ses bobines de recharge sont coûteuses. Donc j'ai choisi de la fabriquer toute seule à la maison avec un matériau léger pour que les servomoteurs ne se détériorent pas.

IV.1. Montage de la main 3D

A travers les images qui vont suivre nous allons montrer les étapes de montage de la main robotique.



Figure4.1 : les étapes de la réalisation de la main 3D.

IV.2. Composants utilisés

Matériels utilisés	Caractéristique	nombre
Capteur Flex	2.2	5
servomoteur	MG90S	5
Arduino	Uno	1
Plaque d'essai		2
Jumpers (les câbles)	Male male, male femelle, femelle femelle	Plusieurs
résistances	10 ohm	5
Pile	9v	1

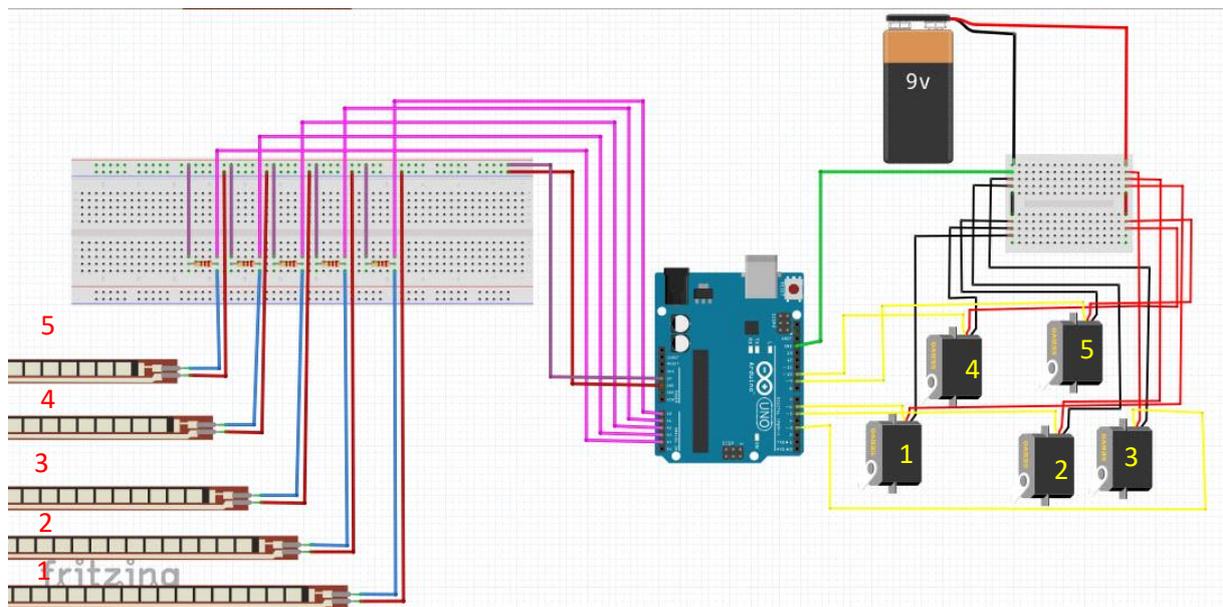
Tableau4.1 : matériels utilisés.

IV.3. Câblage de composants utilisés

Flex sensors avec arduino uno	Servomoteurs avec arduino uno
Flex sensor 1 :P1 – A0 P2- GND	Servomoteur 1 : fil jaune-pin 6 Fil rouge- pile - Fil noir-pile+
Flex sensor 2 :P1- A1 P2- GND	Servomoteur 2 : fil jaune- pin 5 Fil rouge-pile - Fil noir-pile +
Flex sensor 3 :P1- A2 P2- GND	Servomoteur 3 : fil jaune – pin 3 Fil rouge- pile - Fil noire- pile +
Flex sensor 4 :P1 – A3 P2- GND	Servomoteur 4 : fil jaune- pin 10 Fil rouge- pile -

	Fil noire- pile +
Flex sensor 5 : P1- A4	Servomoteur 5 : fil jaune- pin 9
P2- GND	Fil rouge – pile -
	Fil noire – pile +

Tableau4.2 : câblage de composants utilisés.

**Figure4.2** : Schéma électronique de la main robotisée avec l'Arduino uno (5 doigts).

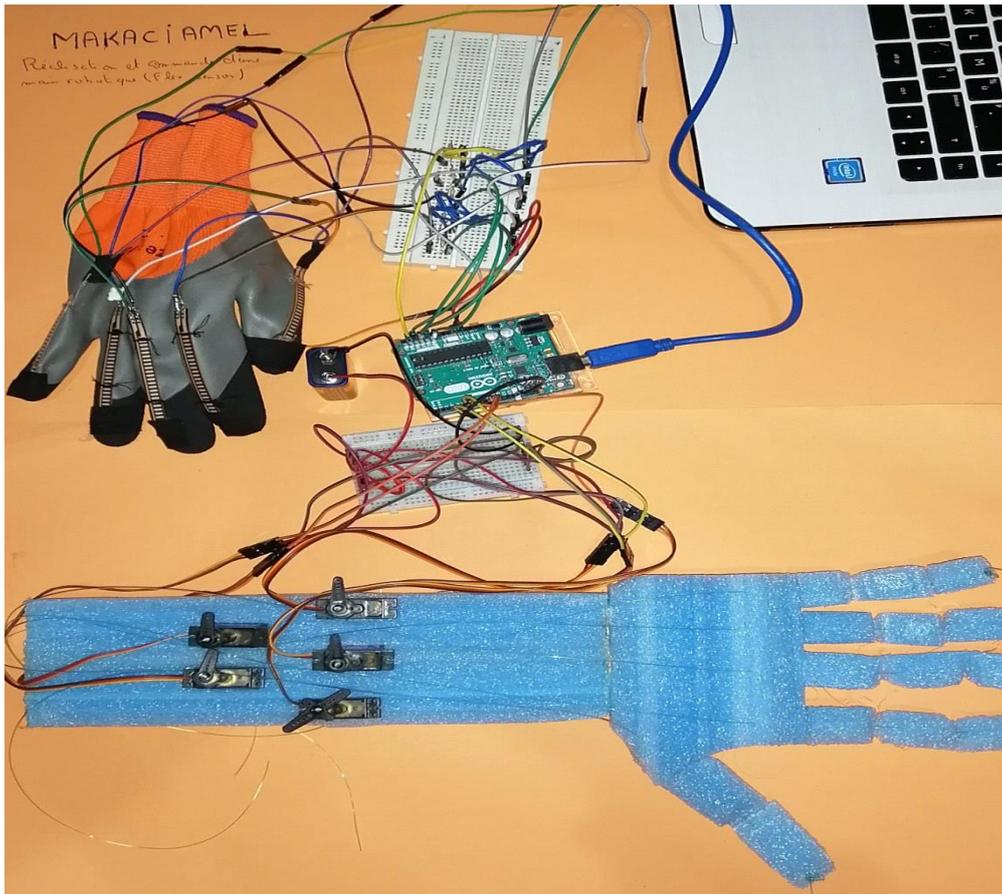


Figure 4.3 : Câblage de la main robotique 3D à 5 doigts avec l'Arduino Uno.

IV.4. Programme de fonctionnement

```
#include <Servo.h>
```

- Inclure la bibliothèque servo pour ajouter des fonctions de servo commande.

```
Servo servo_1;  
Servo servo_2;  
Servo servo_3;  
Servo servo_4;  
Servo servo_5;
```

- Créer des "objet" servo, appelés servo1, servo2, servo3, servo4, servo5, Chaque objet servo contrôle un servomoteur, et par conséquent un doigt.

```
int flex_1 = 0;
int flex_2 = 1;
int flex_3 = 2;
int flex_4 = 3;
int flex_5 = 4;
```

- Définir les broches d'entrées analogiques pour mesurer la position du chaque capteur Flex.

```
void setup() {

  Serial.begin(9600);
```

- Utilisez la fenêtre du moniteur série pour vous aider à déboguer notre esquisse, Réglez le débit en bauds série sur 9600 bps.

```
servo_1.attach(5);
servo_2.attach(3);
servo_3.attach(9);
servo_4.attach(10);
servo_5.attach(6);
```

- Activer le contrôle des servomoteurs sur les broches 5, 3, 9, 10,6

```
void loop() {

  int flex_1_pos;
```

- Valeur d'entrée de la broche analogique.

```
int servo_1_pos;
```

- Valeur de sortie vers le servomoteur 1.

```
flex_1_pos = analogRead(flex_1);
```

- Lire la position du capteur Flex 1 (0 à 1023).

```
servo_1_pos = map(flex_1_pos, 775, 950, 180, 0);
servo_1_pos = constrain(servo_1_pos, 0, 180);
```

- Parce que le circuit diviseur de tension ne renvoie qu'une partie de la plage 0-1023 de analogRead (), nous allons mapper () cette plage à la plage du servomoteur 1 de 0 à 180 degrés. Les capteurs Flex qu'on utilise sont généralement dans la gamme 600-900.

Maintenant commander au servomoteur 1 de se déplacer vers cette position.

```
servo_1.write(servo_1_pos);
```

- On va

```
int flex_2_pos;
```

- Valeur d'entrée de la broche analogique.

```
int servo_2_pos;
```

- Valeur de sortie vers le servomoteur 1.

```
flex_2_pos = analogRead(flex_2);
```

- Lire la position du capteur Flex 1 (0 à 1023).

```
servo_2_pos = map(flex_2_pos, 775 , 950 , 0, 180);  
servo_2_pos = constrain(servo_2_pos, 0, 180);
```

- Vu que le circuit diviseur de tension ne renvoie qu'une partie de la plage 0-1023 de `analogRead()`, nous allons mapper () cette plage à la plage du servomoteur 2 de 0 à 180 degrés. Les capteurs Flex qu'on utilise sont généralement dans la gamme 600-900.

```
servo_2.write(servo_2_pos);
```

- On va maintenant commander au servomoteur 2 de se déplacer vers cette position.

```
int flex_3_pos;
```

- Valeur d'entrée de la broche analogique.

```
int servo_3_pos;
```

- Valeur de sortie vers le servomoteur 3.

```
flex_3_pos = analogRead(flex_3);
```

- Lire la position du capteur Flex 3 (0 à 1023).

```
servo_3_pos = map(flex_3_pos, 775, 950, 0, 180);  
servo_3_pos = constrain(servo_3_pos, 0, 180);
```

- Vu que le circuit diviseur de tension ne renvoie qu'une partie de la plage 0-1023 de `analogRead()`, nous allons mapper () cette plage à la plage du servomoteur 3 de 0 à 180 degrés. Les capteurs Flex qu'on utilise sont généralement dans la gamme 600-900.

```
servo_3.write(servo_3_pos);
```

- On va maintenant commander au servomoteur 3 de se déplacer vers cette position.

```
int flex_4_pos;
```

- Valeur d'entrée de la broche analogique.

```
int servo_4_pos;
```

- Valeur de sortie vers le servomoteur 4.

```
flex_4_pos = analogRead(flex_4);
```

- Lire la position du capteur Flex 1 (0 à 1023).

```
servo_4_pos = map(flex_4_pos, 775, 950, 180, 0);  
servo_4_pos = constrain(servo_4_pos, 0, 180);
```

- Parce que le circuit diviseur de tension ne renvoie qu'une partie de la plage 0-1023 de `analogRead()`, nous allons mapper () cette plage à la plage du servomoteur 4 de 0 à 180 degrés. Les capteurs Flex qu'on utilise sont généralement dans la gamme 600-900.

```
servo_4.write(servo_4_pos);
```

- On va maintenant commander au servomoteur 4 de se déplacer vers cette position.

```
int flex_5_pos;
```

- Valeur d'entrée de la broche analogique.

```
int servo_5_pos;
```

- Valeur de sortie vers le servomoteur 5.

```
flex_5_pos = analogRead(flex_5);
```

- Lire la position du capteur Flex 1 (0 à 1023).

```
servo_5_pos = map(flex_5_pos, 775, 950, 180, 0);  
servo_5_pos = constrain(servo_5_pos, 0, 180);
```

- Vu que le circuit diviseur de tension ne renvoie qu'une partie de la plage 0-1023 de `analogRead()`, nous allons mapper () cette plage à la plage du servomoteur 5 de 0 à 180 degrés. Les capteurs Flex qu'on utilise sont généralement dans la gamme 600-900.

```
servo_5.write(servo_5_pos);  
}
```

- On va maintenant commander au servomoteur 5 de se déplacer vers cette position.

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de l'essentiel de mon travail, en décrivant la réalisation pratique (hard) ainsi que les logiciels avec lesquels on l'a fait fonctionner

Conclusion générale

Le travail réalisé dans ce mémoire (réalisation et la commande d'une main robotique) s'articule autour d'une technologie moderne, très sensible, étendue et intéressante qui est la robotique. La réalisation de ce projet m'a permis de découvrir et surtout d'affronter de nombreux problèmes rencontrés. Ainsi, il m'a permis de mieux comprendre le fonctionnement des composants utilisés et d'approfondir ma connaissance à la fois en soft et en hard.

Le travail a été réalisé en trois étapes :

- ✓ la conception de la main ; pour rendre la main plus adapté a mon application j'ai spécifié un matériau (léger) et les composant nécessaire et j'ai essayé de faire une main proche à la main humaine
- ✓ Câblage des composants :(les capteurs Flex et les servomoteurs avec la carte Arduino)
- ✓ Faire un programme Arduino avec logiciel IDE.
- ✓ Dessin du schéma électronique via Fritzing.

Mon travail est tout de même susceptible d'être amélioré, je propose en perceptive :

- Adapter la modélisation : Imprimer la main en 3D en utilisant une matière plus solide chez un spécialiste.
- utiliser des servomoteurs qui peuvent piloter la vitesse des mouvements avec plus de robuste.
- Utiliser une commande sans fil wifi, Bluetooth ... pour le faire fonctionner dans les zones dangereuses (exemple : remplacer la carte Arduino UNO par le bus SPI et le module RF24).
- Utiliser des interfaces neuronales pour commander la main par des personnes handicapés ou atteint d'un AVC.

Ce travail m'a permis d'approfondir mes connaissances théoriques et pratiques en touchant le côté pratique grâce à la réalisation.

Annexes

Capteur Flex

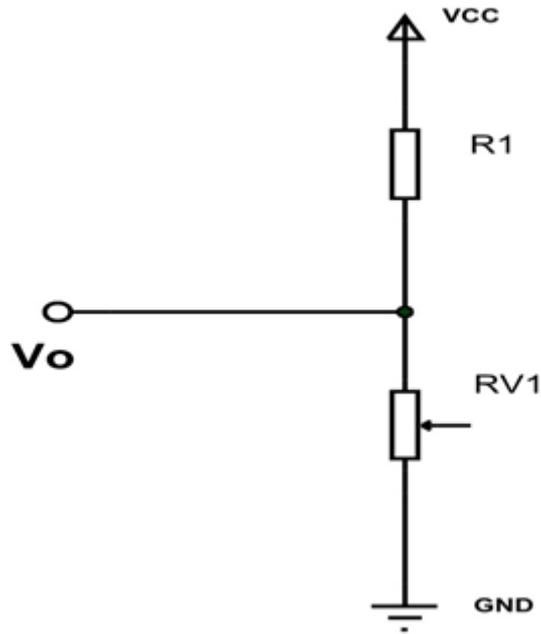


Figure4.1: Circuit de capteur Flex[34]

- Dans ce réseau résistif, nous avons deux résistances. L'une est la résistance constante (R1) et l'autre est la résistance variable (RV1). V_o est la tension au point médian du circuit VOLTAGE DIVIDER et également la tension de sortie. V_o est également la tension aux bornes de la résistance variable (RV1).
- Lorsque la valeur de résistance de RV1 est modifiée, la tension de sortie V_o change également. Nous aurons donc un changement de résistance dans le changement de tension avec le circuit DIVISEUR DE TENSION.
- Nous remplacerons la résistance variable (RV1) par FLEX SENSOR. Le circuit sera comme ci-dessous [34].

Annexes

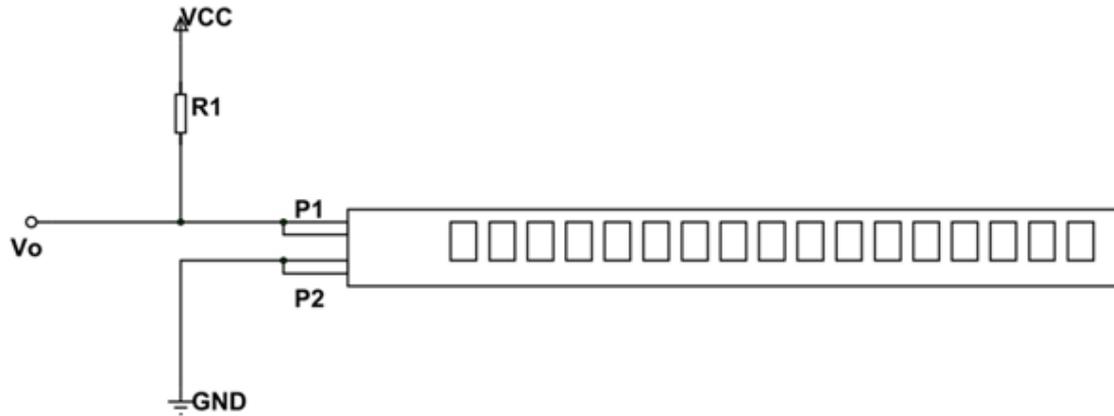


Figure 4.2: Circuit de capteur Flex en remplaçant la résistance variable par le capteur flexible [34].

- Comme le montre la figure, R1 ici est une résistance constante et FLEX SENSOR qui agit comme une résistance variable. Vo étant la tension de sortie et également la tension aux bornes du FLEX SENSOR.

$$- \text{ Ici, } V_o = VCC (RV1 / (R1 + RV1)).$$

- RV1 - Résistance FLEX SENSOR.

- Lorsque le FLEX SENSOR est plié, la résistance terminale augmente. Cette augmentation apparaît également dans le circuit VOLTAGE DIVIDER. Avec cela, la baisse sur le FLEX SENSOR augmente, tout comme Vo. Ainsi, avec l'augmentation de la courbure du capteur FLEX, la tension Vo augmente linéairement.
- Nous avons le paramètre VOLTAGE représentant le capteur flex. Nous pouvons prendre ce paramètre VOLTAGE et le transmettre à ADC pour obtenir la valeur numérique qui peut être utilisée de manière pratique [34].

Annexes

Figure4.4 : Le schéma de principe du servomoteur CC avec retour de tension en boucle fermée [37].

Liste des références bibliographiques

- [1] D.Bensaha I, «Modélisation de la dynamique d'un manipulateur à deux bras flexibles, Généralités sur la robotique-chapitre 1 : introduction aux structures rigides et flexibles », thèse de doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra, Biskra, Algérie, p.26, 2011.
- [2] IFR international federation of robotics 2020, <https://ifr.org/robot-history> consulté le 21/12/2020 à 10 h
- [3] H.Bouatane, K.Sahir, « Etude et réalisation d'un bras de robot à base de carte Arduino », mémoire de projet de fin d'études master en Automatique, Université A. Mira-Béjaia, Bejaia, Algérie, 2019.
- [4] BLANCHIN Manon, « L'évolution de la Robotique », p.14, 2017.
- [5] Berriche Achref, « les robots », p.31, Université de Paris 13, 2016.
- [6] F.Karolak, N.Le Scouarnec, M. Campana, B.Leperchey, A. Michard, et al, développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France. Tech. Rep », p.200 , 12 avril 2012.
- [7] P. Goutefangea, « Isaac Asimov : les (quatre) “ lois de la robotique ” et l'échange de paroles », p.12, 2017.
- [8] Fodil Rosa, Sayah Kenza, « Réalisation et Commande d'un Bras Manipulateur à Quatre Degrés de Liberté », mémoire de projet de fin d'études master en Génie Electrique : Automatique, université m'hamed bougara-Boumerdes, Boumerdes, Algérie, p. 98, 2017.
- [9] A.MOUSSAOUI « Modélisation et simulation en mécanique » université M'hamed bougara de Boumerdes, option génie mecanique, 2016.
- [10] J.L. Boimond, « ROBOTIQUE », ISTIA, Université Angers, p.85, 2018.
- [11] Takhi Hocine, Attachi Redouane Cherif, « Conception et réalisation d'un robot mobile à base d'Arduino », Université Amar Telidji- Laghouat, mémoire de Master en Electronique OPTION : Instrumentation, 2015.
- [12] Tony Hyland, Scientific and Medical Robots, Black Rabbit Books, p.32, 2007.
- [13] Achim Schweikard, Floris Ernst, “Medical Robotics”, Springer, p. 424, 8 October 2015.
- [14] Christophe Drouin, « Contribution à une conception appropriée de robots médicaux : vers une démarche mécatronique », thèse de doctorat en robotique, Université d'Orléans, p.162, 2014.
- [15] https://fr.123rf.com/photo_32761643_main-robotique-en-forme-et-des-mesures-qui-imitent-le-squelette-humain-chemin-de-détourage-inclus , consulté le 24/08/2020 , 21 heure.

Références bibliographiques

- [16] <http://tpe-robotiquemedicale.e-monsite.com/pages/introduction.html> consultée le 26/ 7/ 2020.
- [17] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5956578/>, consultée le 26/ 7 /2020.
- [18] <http://robotique-chirurgicale.e-monsite.com/pages/developpement/historique-de-la-robotique-chirurgicale.html>, consulté le 27/ 7 /2020.
- [19] <http://robotiqueenmedecine.e-monsite.com/pages/avantages-inconvenients-et-risques.html>, consulté le 26/ 7 /2020.
- [20] <https://fr.dreamstime.com/bras-robotique-chirurgie-image128092595>, consulté le 24/08/2020, 21 heures.
- [21] <https://www.kinovarobotics.com/fr/centre-de-ressources/comment-la-robotique-aidera-la-medecine-en-2018>, consulté le 26 /7/2020.
- [22] http://www.techmania.fr/arduino/Decouverte_arduino.pdf , consulté le 30/07/2020, 10 heure du matin.
- [23] <http://www-perso.unilim.fr/deneuille/docs/Info2PC/Cours4.pdf>, consulté le 24/08/2020, 18 heure du soir.
- [24] http://www.microsann.com/images/Atelier_Joomla/Fiches_PDF/La_carte_Arduino_UNO.pdf , consulté le 11/06/2020, 9 heure du matin.
- [25] <http://www-perso.unilim.fr/deneuille/docs/Info2PC/Cours4.pdf>, consulté le 24/08/2020, 18 heures.
- [26] <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>, consulté le 9/07/2020, 11 heures.
- [27] <https://www.techno-science.net/definition/3202.html>, consulté le 13/07/2020, 9 heures du matin.
- [28] F. Ferrero, « Moteurs et transistors MOS », p.24, 2016.
- [29] M.IAMRACHE, « Etude et réalisation d'un bras robotique », Mémoire De Fin d'Etude De MASTER PROFESSIONNEL en Electronique industriel, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, p.77, 2017.
- [29] <https://2betrading.com/robotique/1713-servomoteur-metal-mg90s.html> , consulté le 29/12/2020
- [30] R. Manssouri, A. Khelid, « Conception et réalisation d'un bras manipulateur à trois degrés de liberté commandé par la carte Arduino UNO », Mémoire de Fin d'Etudes de master académique en Commande des systèmes, université Mouloud Mammeri de Tizi-, p.74, 2015.
- [31] <https://gate-automation.ma/2020/10/13/piloter-un-servomoteur-avec-larduino/> consulté le 02/12/2020 à 16h.

Références bibliographiques

- [32] <https://www.carnetdumaker.net/articles/controler-un-servomoteur-avec-une-carte-arduino-genuino/> ,consulté le 29/12/2020
- [33] <https://www.redohm.fr/2019/12/capteur-de-flexion/> , consulté le 01/08/2020 à 10 h.
- [34] <https://components101.com/sensors/flex-sensor-working-circuit-datasheet> ,consulté le 30/12/2020
- [35] A.Maafa, « Réalisation d'une station météorologique », Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Électronique Réseaux et télécommunication, université Badji Mokhtar Annaba, p.38, 2018.
- [36] https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/742_decouverte-de-larduino/3414_presentation-darduino/ consulté le 28/12/2020.
- [37] A. S. Sadun, J.Jalani and A.S.Jumadi , « A comparative study on the position control method of DC servo motor with position feedback by using Arduino », Journal of Engineering and Applied Sciences(ARPNS) ,vol. 11, n°.18,p.5,Septembre 2016.