

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

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Ingénierie des Systèmes Electriques
Mémoire de Master

Présenté par

Mlle : HEDIBEL SARA
Mlle : BOUISRI MERIEM

Filière : Génie Biomédical
Spécialité : Instrumentation Biomédicale

**Etude et réalisation d'un gant de rééducation
bionique à base de carte ARDUINO**

Soutenu le 30/06/2022 devant le jury composé de:

RAHMOUN	Fayçal	PROF	UMBB	Président
DICHOU	Karima	MCB	UMBB	Examineur
HAROUN	Radia	MAA	UMBB	Rapporteur

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciement

Merci à dieu notre créateur de nous avoir donné la force et la volonté pour accomplir ce travail.

Ensuite, bien sûr, Nous remercions notre encadreur Madame « Haroun Radia », pour son encadrement, ses recommandations précieuses et sa disponibilité, ainsi que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Mr. Messaoudi Noureddine, Maître de Conférences et chef de département d'électronique à l'université de Mehmed Bougara Boumerdes, qui nous a fait l'honneur de diriger cette thèse. Pour son soutien et sa disponibilité

Nous remercions l'ensemble de jury qui a bien voulu examiner et évaluer ce mémoire

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles

Dédicace

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux
qui, quel que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur
exprimer mon amour sincère.*

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout
mon respect : mon cher père ALI*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à
mes exigence et qui n'épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon
adorable mère RACHIDA et ma grande mère ALIA*

*A mes frères Amine ; Riad ; Salim et à mon fiancé SIDALI qui m'avez
toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*A mes belles sœurs Amina et Hakima, que Dieu les protège avec des enfants
Ilina Lamis et Abd El Malek et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mes chères amies Riheb et Hadjer, pour leurs aides et support dans les
moments difficiles*

*A tous les cousines Asma ; Feriel, Lamia et Nesrine .Amies que j'ai connu
jusqu'à maintenant, Nesrine, Meriem, Houria ; Maroua. Merci pour leurs
amours, leurs encouragements et leurs compréhensions tout au long de ce
projet.*



Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers :

A mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur. Puisse Dieu, le très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie, maman je t'adore.

Aux personnes qui mon toujours aidé et encouragé, à mes frères Amine et Abdenour et mon fiancé SALIM et ma sœur Hana et ma belle-sœur fatima, ma belle-mère Fatiha, à ma nièce marwa et mes neveux Idris et amir et soultane,

Aux mes chères cousines, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études, mes aimables amis, collègues et frères de cœur, toi Sarah et Rima Merci pour leurs amours, leurs encouragements.

À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer.



MERTEM

Sommaire

Chapitre I : Généralités sur l'anatomie de la main humaine

I. Introduction	
I.1 Hémiparésie	
I.1.1 quelques symptômes de l'hémiparésie(AVC).....	2
I.1.2 traitements de L'hémiparésie.....	3
I.2 L'anatomie de la main	4
I.2.1 le rôle de main	4
a. fonctionnement d'une main humaine.....	5
b. Systèmes nerveux.....	6
I.2.2 les os de la main	6
I.2.3 les principales lésions de la main et des doigts.....	7
I.3 la rééducation	8
I.3.1 l'objectif de la rééducation	8
I.3.2 caractéristique et avantages de gant bionique pour la rééducation de la main	9
I.3.3formation en thérapie par miroir	9
I.4 Les type de gants de rééducations	10
a. Gant a base d'un système pneumatique.....	10
b. Gant a base d'un système électropneumatique.....	11
c. Gant a base d'un système électronique et informatique	11
I.5 Conclusion	12
Chapitre II : Composants et outils utilisés	
II. Introduction	14
II.1 ARDUINO UNO R3	14
II.1.1 Principe de fonctionnement de la carte ARDUINO UNO:.....	15
II.1.2 Caracteristiques de la carte ARDUINO UNO.....	17
II.2 Capteur flexible	18
II.2.1 interfaçage du capteur flex sensor avec arduino	18
II.2.2 Présentation du capteur flexible.....	18
II.2.3 Construction	19

II.2.4 Mode d'emploi	20
II.2.5 Comment fonctionne le capteur flexible ?.....	20
II.2.6 Lecture d'un capteur flexible	21
II.2.7Capteurs flex sensor	22
a. Application des cateur flexible.....	22
b. Spécifications mécaniques du flex sensor.....	23
c. Spécifications électriques du capteur flex sensor.....	23
II.2.8Branchement avec carte ARDUINO.....	23
II.3 Servomoteur SG90.....	24
II.3.1Utilisation d'un servomoteur avec l'Arduino	25
II.4 Résistance	27
II.5 le gant	27
II.6 programmation de la carte ARDUINO.....	27
II.7 simulation sous tinkercad	30
conclusion :.....	31
Chapitre3 : réalisation et résultats	
II1-introduction.....	33
III .1.Fonctionnement général du gant bionique.....	34
III.2.Organigramme de fonctionnement du gant bionique.....	34
III .3 Propriétés du gant.....	35
III. 4 Programmation de la carte ARDUINO.....	35
III.5 Simulation sous Tinkercad.....	36
III.5.1-premier simulation sans capteur flexible.....	36
III .5.2-Simulation du gant bionique avec capteur flexible	37
III.6 Couts de la réalisation.....	39
III.7 Réalisation pratique.....	40
CONCLUSION.....	40
CONCLUSION GENERALE.....	41

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau1: Lésions de la main.....	8
Tableau 2 : Caractéristiques d'une Carte ARDUINO Uno3.....	18
Tableau 3 : spécification de taille.....	35

LISTE DES FIGURES :

Chapitre I : GENERALITES SUR L'ANATOMIE DE LA MAIN HUMAINE

Figure.1.1: centres nerveux qui contrôlent les mouvements.....	1
Figure.1.2 : hémiparésie droite.....	2
Figure.1.3 : Séquelles d'accident vasculaire cérébral (hémiplégie).....	3
Figure.1.4 : Rééducation à base de kinésithérapie.....	4
Figure.1.5 : schéma des muscles de la main.....	4
Figure.1.6 : Les muscles de la main humain.....	6
Figure.1.7 : Schéma des os de la main.....	7
Figure.1.8 : Rééducation de la main et des doigts avec un kinésithérapeute.....	8
Figure.1.9 : Rééducation de la main et des doigts avec un gant de rééducation.....	10
Figure.1.10 : Gant à câble avec vérin pneumatique.....	11
Figure.1.11 : Schéma de principe d'un gant électropneumatique.....	11
Figure.1.12: Gants de rééducation à base de (carte ARDUINO).....	12

Chapitre II : COMPOSANTS ET OUTILS UTILISES

Figure.2.1: Zoom sur la carte ARDUINO Uno3.....	14
Figure.2.2 : Les Composants principaux de la carte ARDUINO Uno3.....	15

Figure.2.3: Le Microcontrôleur ATmega328.(a) Le composant classique.(b) Le composant CMS.....	16
Figure.2.4: capteur flexible.....	19
Figure.2.5 : zoom sur capteur flexible.....	19
Figure.2.6 : pliage de capteur flexible.....	20
Figure.2.7 : Influence du pliage sur la résistance du capteur flexible.....	20
Figure.2.8: circuit de capteur flexible.....	21
Figure.2.9 : Connexion de capteur flexible avec ARDUINO.....	23
Figure.2.10: servomoteur SG90.....	24
Figure.2.11 : composant de servomoteur SG90.....	25
Figure.2.12 : impulsions de commande du servomoteur.....	26
Figure.2.13 : Connexion du servomoteur SG90 avec ARDUINO.....	26
Figure.2.14 : résistance.....	27
Figure.2.15 : gant de plongée.....	27
Figure.2.16: logo ARDUINO.....	28
Figure.2.17: Présentation de l'interface initiale du logiciel.....	28
Figure.2.18: logo tinkercad.....	30
CHAPITRE3 : REALISATION ET RESULTATS	
Figure.3.1 : schéma synoptique du gant bionique.....	34
Figure.3.2 : Organigramme de fonctionnement du gant bionique.....	34
Figure.3.3 : les étapes d'envoi du programme.....	35
Figure.3.4 : simulation avec un fils et servomoteurs (début de simulation).....	36
Figure.3.5 : simulation avec un fils et servomoteurs (milieu de simulation).....	37
Figure.3.6 : simulation avec capteurs flexibles (début de simulation).....	38
Figure.3.7 : simulation avec capteurs flexibles (milieu de simulation).....	38
Figure.3.8 : représentation schématique du gant bionique.....	39
Figure.3.9 : notre réalisation.....	40

Résumé :

La thérapie répétitive peut améliorer la dextérité et le mouvement de la main chez les patients ayant besoin de rééducation des doigts. L'assistance d'une technologie robotique simple peut améliorer le taux de récupération de ces patients. L'étude vise à développer un dispositif de rééducation de gant bionique qui aide à fournir des exercices de doigt efficaces pour la physiothérapie. Le prototype est conçu sous la forme d'un gant portable pour une utilisation facile. Il est basé sur une carte ARDUINO en utilisant des servomoteurs. Cet appareil peut être utilisé en rééducation pour assurer une thérapie répétitive des doigts à domicile avec une surveillance limitée par le kinésithérapeute.

Mots clés : ARDUINO, rééducation, gant bionique, capteur flexible.

ملخص:

يمكن أن يؤدي العلاج المتكرر إلى تحسين البراعة وحركة اليد لدى المرضى الذين يحتاجون إلى إعادة تأهيل الإصبع. يمكن بمساعدة التكنولوجيا الروبوتية البسيطة تحسين معدل الشفاء لهؤلاء المرضى. إعادة تأهيل القفازات الإلكترونية التي تساعد على توفير تمارين فعالة للأصابع للعلاج الطبيعي. تم تصميم النموذج الأولي كقفاز يمكن ارتداؤه لسهولة الاستخدام. يعتمد على لوحة ARDUINO باستخدام محركات مؤازرة. يمكن استخدام هذا الجهاز في إعادة التأهيل لتوفير علاج متكرر للأصابع في المنزل مع إشراف محدود من قبل أخصائي العلاج الطبيعي. الكلمات الدالة: اردوينو ، إعادة التأهيل ، قفاز الكتروني ، مستشعر مرن .

Abstract:

Repetitive therapy can improve dexterity and hand movement in patients requiring finger rehabilitation. The assistance of simple robotic technology can improve the recovery rate for these patients. The study aims to develop a bionic glove rehabilitation device that helps provide effective finger exercises for physiotherapy. The prototype is designed as a wearable glove for easy use. It is based on an ARDUINO board using servo motors. This device can be used in rehabilitation to provide repetitive finger therapy at home with limited supervision by the physiotherapist

Keywords: ARDUINO, rehabilitation, bionic glove, flex sensor.

Introduction générale :

La paralysie est un trouble neurologique qui provoque l'immobilité d'une partie spécifique ou de tout le corps. Un patient paralysé peut ne pas être en mesure d'effectuer ses activités quotidiennes. Les accidents vasculaires cérébraux et les lésions de la moelle épinière peuvent avoir des effets similaires sur le corps et nécessiteraient un traitement efficace. Dans de tels cas, la rééducation joue un rôle vital dans le rétablissement précoce des patients paralysés et victimes d'un AVC. La thérapie de réadaptation est un processus qui aide les patients paralysés à retrouver leurs fonctions sensorielles, physiques et intellectuelles. La thérapie comprend des exercices qui améliorent la dextérité des muscles de la main pour récupérer les capacités fonctionnelles du patient en cas de paralysie, d'accident vasculaire cérébral, d'épilepsie et d'autres affections ayant des effets similaires sur les muscles. Selon la fiche d'information de l'OMS 2017, environ 50 millions de personnes dans le monde souffrent d'épilepsie et réagissent positivement au traitement pendant environ 70 % du temps [1]. Ainsi, une thérapie efficace et dédiée peut aider à améliorer la mobilité des groupes musculaires affectés. Il a été prouvé que les patients ayant reçu une thérapie robotique en plus de la thérapie conventionnelle réduisaient davantage les déficiences motrices. Ainsi, une technologie robotique simple et complexe basée sur des capteurs peut faciliter la thérapie de rééducation [MASI 2007] .

Une difficulté majeure à surmonter dans la thérapie répétitive est que le patient doit passer de longues heures à la clinique sous la surveillance constante du physiothérapeute. Ceci est très fatigant pour le patient tout au long de la procédure. Ces limitations sont surmontées par le gant bionique proposé car il s'agit d'un dispositif thérapeutique qui fournit une activité de rééducation en aidant le mouvement des doigts paralysés des patients. Le prototype utilise un gant pour une utilisation flexible par des patients variés. Il facilite la physiothérapie à domicile, car il est portable.

Notre mémoire est organisé de la façon suivante ;

Nous débutons par une introduction générale.

Dans le premier chapitre, nous présentons l'essentiel de l'anatomie de la main humaine, certaines lésions ainsi que les méthodes de rééducation.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des différents composants électroniques utilisés dans ce travail, ainsi que les outils logiciels.

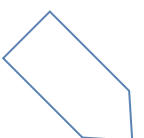
Dans le troisième chapitre, nous expliquons la simulation de notre travail et nous expliquons en détail le principe de notre réalisation pratique.

Nous finissons ce mémoire par une conclusion générale.

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR L'ANATOMIE

DE LA MAIN HUMAINE



I.1 Introduction :

Nous présentons dans chapitre l'essentiel de l'anatomie de la main de l'humain, nous commençons par présenter la principale cause des maladies de la main, nous verrons ensuite l'anatomie de la main, ensuite, les méthodes de rééducation.

I.2 Hémiparésie :

L'hémiparésie se définit comme un déficit partiel de la force musculaire qui affecte :

- Côté gauche du corps
- Côté droit du corps

Contrairement à l'hémiplégie (paralysie partielle ou complète de la moitié du corps après atteinte des centres nerveux qui contrôlent le mouvement) à laquelle elle est souvent comparée, l'hémiparésie n'est pas associée à la paralysie des membres et des parties du corps. Elle correspond à la faiblesse du muscle. L'hémiparésie est généralement considérée comme une forme bénigne d'hémiplégie. (Voir Figure 1.1, Figure 1.2)

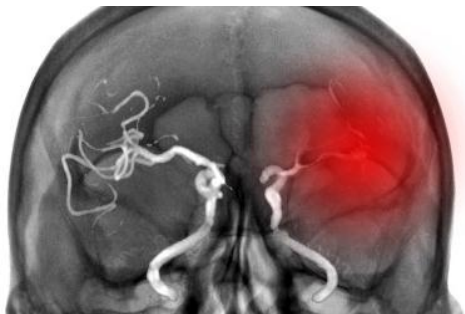


Figure 1.1:centres nerveux qui contrôlent les mouvements.

L'hémiparésie n'affecte pas systématiquement toute la moitié du corps, mais plus fréquemment

- Le bras ;
- La jambe ;
- La main ;
- Le pied ;
- L'œil.

La motricité oculaire est altérée en raison d'une faiblesse musculaire, mais pas de paralysie

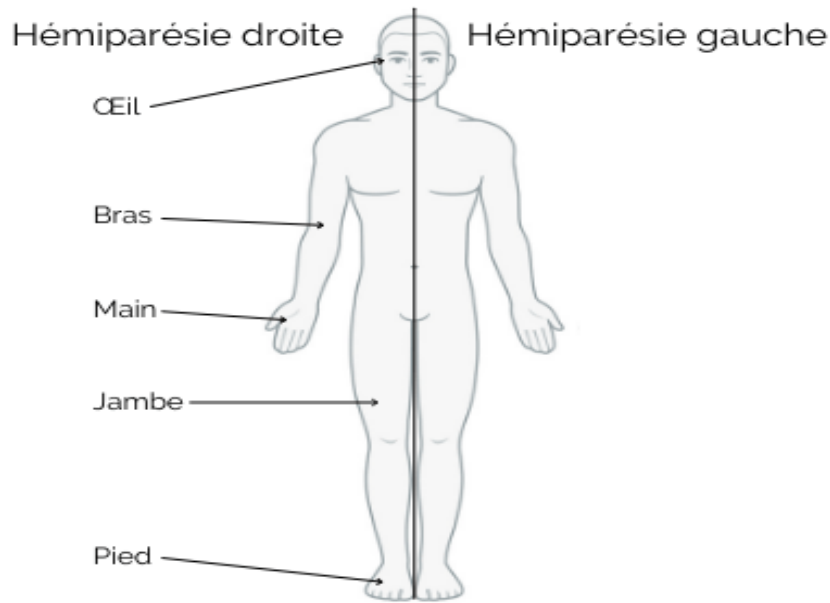


Figure1.2 : hémiplégie droite

L'hémiplégie s'observe principalement chez les enfants et moins fréquemment chez les adultes. Les raisons de ce manque de force musculaire sont multiples :

- L'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) de l'enfant est la principale cause d'hémiplégie (90 % des cas) ;
- D'autres maladies vasculaires telles que l'hémorragie cérébrale ;
- Une infection du système nerveux central (par exemple une encéphalite bactérienne provoquée par les bactéries du genre *Listeria*) ;
- Une tumeur cérébrale ou des métastases cérébrales ;
- Traumatisme crânien
- sévère [2].

I..1.1 Quelques symptômes de l'AVC

La faiblesse musculaire (le principal symptôme de l'hémi-parésie) et la perte de motricité qui en résulte peuvent entraîner d'autres symptômes tels que (voir Figure 1.3) :

- **La spasticité** correspond à une raideur musculaire et est associée à un mouvement réflexe excessif : le muscle concerné s'étire rapidement et se contracte involontairement. La spasticité peut provoquer des douleurs et peut également entraîner des déformations articulaires, en particulier chez les enfants en pleine croissance.
- **Difficulté à saisir**, les mains peuvent ne pas s'ouvrir correctement pour saisir des objets. La motricité fine peut être gravement altérée;
- **Douleur dans les extrémités affectées** par l'hémi-parésie, ainsi que douleur neurogène ;
- Si le patient doit rester allongé pendant de longues périodes, des escarres se développent ;
- **risque de thrombose** (formation de caillots dans un vaisseau sanguin) dans le membre atteint ;
- En plus de ces symptômes, d'autres troubles peuvent se développer, selon la zone cérébrale touchée :
- Crises convulsives et épilepsie ; [2].



Figure 1.3 : Séquelles d'accident vasculaire cérébral (l'hémi-parésie)

I.1.2 Traitements de l'hémi-parésie

l'hémi-parésie est traitée comme suit (voir Figure 1.4) :

- Traitement anti-infectieux en cas d'infection
- Traitement anti-tumoral en cas de tumeur
- Traitement approprié des accidents vasculaires cérébraux ou des problèmes vasculaires.

La rééducation, basée sur la kinésithérapie et la psychomotricité, permettant à l'enfant de retrouver au maximum sa motricité [2].



Figure1.4 : Rééducation à base de kinésithérapie

I.2 Anatomie de la main :

La main est un organe constitué d'os, de nerfs, de vaisseaux et de tendons miniatures, le tout servant essentiellement à saisir des objets.

La main désigne la partie terminale reliée à l'avant-bras par l'poignet. Cet organe sert essentiellement à saisir des objets.

I.2.1 Le rôle de la main :

La main est avant tout l'organe de préhension. "L'une des caractéristiques qui distinguent les primates des autres animaux est qu'il a une main préhensible à 5 doigts, avec le pouce opposé à la main. Les quatre autres doigts. Les humains sont des primates", a poursuivi notre expert. Ainsi, il nous permet d'accomplir nos fonctions de base, comme l'alimentation. Il permet également de toucher et de manipuler des objets grâce à la grande mobilité des doigts. C'est aussi un outil de communication. Avec la langue des signes, les muets peuvent communiquer et les aveugles peuvent lire le braille. La figure 1.5 présente un schéma des muscles de la main.

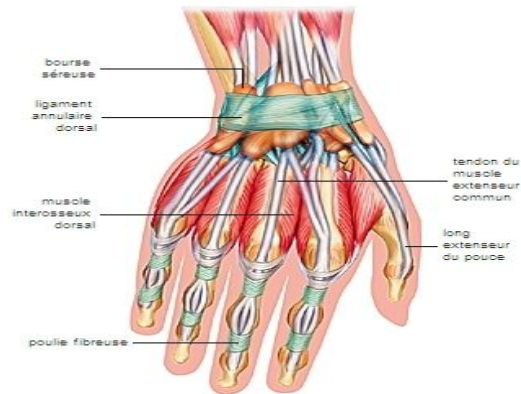


Figure1.5 : schéma des muscles de la main

I.2.2 Fonctionnement d'une main humaine

La main est une partie du corps qui n'apparaît pas très complexe, pourtant c'est une des parties du corps les plus dures à reproduire.

Grâce à ses nombreux os et articulations, la main est dotée d'une mobilité et d'une agilité extrême.

La main se compose de 27 os.

- **Les huit du carpe** constituent le poignet et sont alignés sur deux rangées

- La rangée proximale où se trouvent les 4 os suivants : **le scaphoïde, le semi-lunaire, le pyramidal et le pisiforme.**

- La rangée distale où se trouvent les os suivants : **le trapèze, le trapézoïde, le grand os et l'os crochu.**

- **Les cinq du métacarpe**, un par doigt, ce sont eux et les muscles qui donnent la forme de la main.

- **Les quatorze phalanges** se séparent en trois catégories : les proximales, les médianes, et les distales. On peut remarquer que le pouce n'a que deux phalanges il n'a pas de médiane.

Beaucoup de muscles participent à la flexibilité de la main ainsi qu'à sa souplesse.

Les muscles extrinsèques sont situés dans l'avant-bras, ils transmettent les mouvements, aux mains et aux doigts par l'intermédiaire de longs tendons parcourant soit la paume, on parle alors de tendons fléchisseurs, soit le dos de la main on parle alors de tendons extenseurs. Mais ils peuvent aussi être situés dans la main, alors ils transmettent les mouvements précis des doigts.

Les muscles interosseux, se distinguent selon leur situation, en dorsaux ou en palmaire et permettent respectivement d'écarter et de rapprocher les doigts.

Les muscles lombricaux, présents entre chacun des 5 doigts, participent à la flexion et à l'extension tandis que les muscles **thénariens** servent à la mobilisation du pouce et les **muscles hypothénariens** à celle de l'auriculaire.

Les doigts ne comportent pas de muscles, mais uniquement des ligaments et des tendons, provenant des muscles de la main et de l'avant-bras. Ils ont donc tous deux tendons (flexion/extension) venant des muscles de l'avant-bras sauf le pouce possédant en plus deux ligaments principaux.(VoirFigure 1.6) [10].

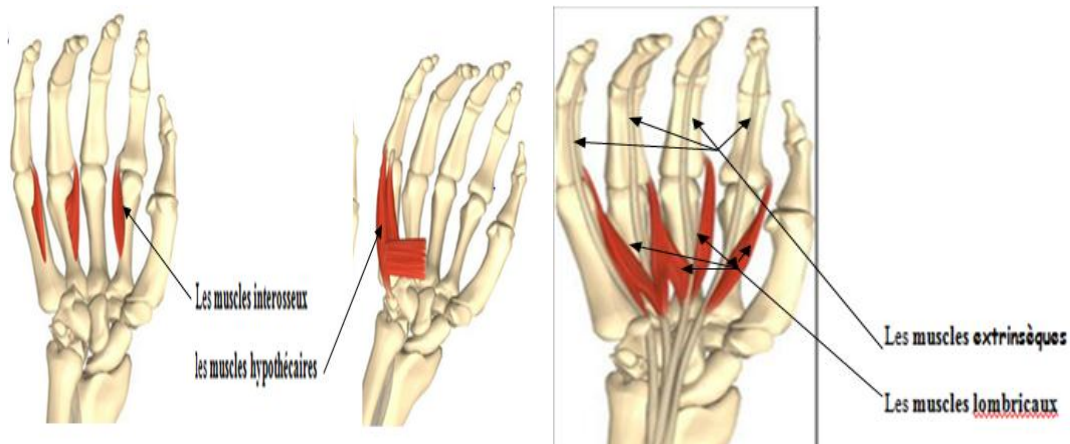


Figure.1.6 : Les muscles de la main humaine

I.2.3 Le systèmes nerveux

L'innervation est assurée par 3 nerfs principaux :

- **le médian** innerve les muscles de l'avant-bras et de la main,
- **le radial**, les muscles de la paume,
- **le cubital** (ou ulnaire), les muscles du dos de la main[10].

I.2.4 Les os de la main

La main est un organe très spécifique et particulièrement complexe, constitué d'éléments osseux (27 os), vasculo-nerveux et tendineux miniatures. Seul un chirurgien de la main, spécialisé et formé à la microchirurgie, pourra intervenir à ce niveau", chirurgien plasticien et chirurgien de la main. La main s'articule au bras par l'intermédiaire du poignet et compte cinq doigts : le pouce (1), l'index (2), le majeur (3), l'annulaire (4) et l'auriculaire (5) (petit doigt). On distingue la face palmaire (la paume) et la face dorsale sur laquelle on retrouve des ongles au bout de chaque doigt. (Voir Figure 1.6)[TOLD 1912].

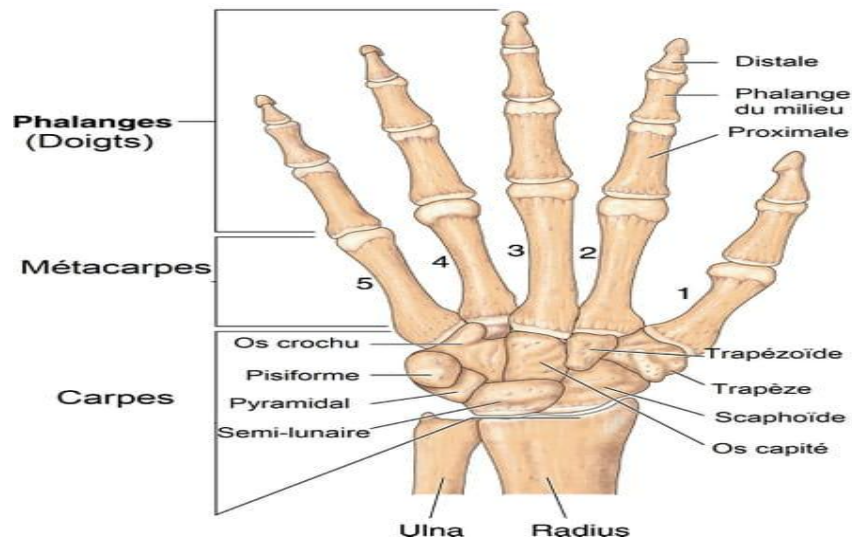


Figure.1.7:Schéma des os de la main.

I.2.5 Les principales lésions de la main et des doigts :

Les lésions de la main peuvent être (voir Tableau I.1) :

- Une fracture des doigts
- Une entorse des doigts
- Une luxation des doigts
- Une entorse, une fracture ou une luxation du pouce
- Des lésions des tendons de la main et des doigts
- Arthrose de la main
- Compressions nerveuses et maladies des nerfs
- Pathologies rhumatismales
- Maladie de Dupuyrien
- Ténosynovites à la main [4].

			
Des lésions des tendons de la main et des doigts	Une entorse	Une fracture des doigts	Une luxation des doigts

Tableau1 : Lésions de la main

I.3. Rééducation

Après le traitement initial, une partie importante des soins est la rééducation complète du poignet, de la main et des doigts, qui est effectuée par un physiothérapeute spécialisé (voir Figure 1.8) ou avec un gant bionique à la maison (voir Figure 1.9).[4].

**Figure.1.8 : Rééducation de la main et des doigts avec un kinésithérapeute**

I.3.1 L'objectif de la rééducation :

La Médecine Physique et de Réadaptation, également appelée Rééducation ou Physiologie (ou Réadaptation Fonctionnelle), est une profession destinée à assurer la prise en charge des personnes handicapées ou en incapacité afin de minimiser les conséquences physiques, psychologiques et socio-économiques.

L'objectif est donc d'améliorer la qualité de vie et l'autonomie des personnes handicapées

Par conséquent, la médecine physique et la réadaptation peuvent être recommandées dans de nombreuses situations, telles que :

- Après une maladie ou une intervention chirurgicale
- Après un accident ou un traumatisme

La rééducation est nécessaire lorsque les séquelles persistent malgré le contrôle de l'AVC. Cela doit être progressif, et plus le déficit est important, plus il faudra de temps pour se redresser. Elle est généralement pratiquée dans un premier temps à l'hôpital, puis dans un centre de rééducation spécialisé[4].

I.3.2 Caractéristiques et avantages des gants bioniques pour la rééducation de la main

Le système de tension unique étire les doigts et le pouce du client après avoir tenu. La conception fonctionnelle légère et discrète n'est qu'une des nombreuses caractéristiques innovantes offertes par les gants robotiques.

Le gan bionique a pour avantages :

- ✓ Soulager raideur musculaire.
- ✓ Formation automatique
- ✓ Soulager la tension de la main et accélérer la récupération de la main
- ✓ Stimulation la récupération nerveuse dans le cerveau
- ✓ Activer les neurones miroirs pour favoriser la récupération autonome du cerveau
récupération la fonction de la main motrice
- ✓ Diminue les déplacements des malade vers le centre de rééducation, ainsi il peut faire la rééducation chez lui

Thérapie à domicile économique suite à un AVC, facile à utiliser, aide les patients à faire de l'exercice à tout moment, n'importe où. Aide les patients à reconstruire leurs fonctions de la main grâce à l'exercice et à nouveau leur capacité à prendre soin d'eux-mêmes dans la vie quotidienne[12].

I.3.3 Formation en thérapie par le miroir:

Pendant la thérapie par le miroir (voir figure 1.8), le gant miroir est porté sur la main non affectée, qui contient les capteurs de force et de flexion, est utilisé pour mesurer la force de préhension et l'angle de flexion de chaque articulation de doigt pour la détection de mouvement. Le gant moteur, entraîné par des micromoteurs, fournit à la main affectée une force motrice assistée pour effectuer des tâches d'entraînement[11] .

I.3.4 Mode d'entraînement des gants de rééducation :

Selon la gravité de la pathologie, le temps de récupération peut être plus ou moins long. Aussi, comme il est difficile de vivre sans les mains au quotidien, ces blessures peuvent être graves et avoir des effets psychologiques importants [SHUMI 2021] .



Figure 1.9 : Rééducation de la main et des doigts avec un gant de rééducation

I.4Type de gants de rééducation :

a. Gant à base d'un système pneumatique :

Un système pneumatique est un système qui utilise de l'air comprimé pour transmettre et contrôler l'énergie. Les systèmes pneumatiques sont largement utilisés dans diverses industries. La plupart des systèmes pneumatiques dépendent d'un apport constant d'air comprimé pour les faire fonctionner. Celui-ci est assuré par un compresseur d'air. Le compresseur aspire l'air de l'atmosphère et le stocke dans un réservoir à haute pression ; Pour l'actionnement le mouvement du piston dû à la pression d'air détermine la tension du câble appelé récepteur. Cet air comprimé est ensuite fourni au système par une série de tuyaux et de vannes [6] (voir figure 1.10)[MICH 2012].

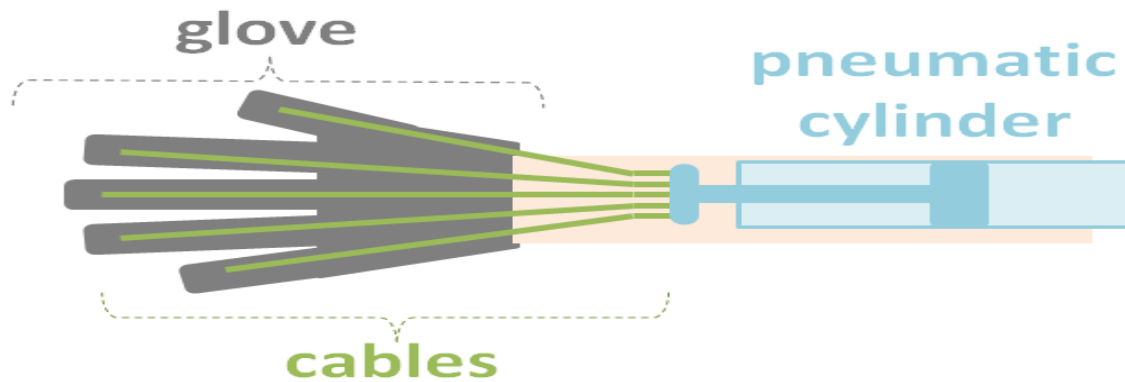


Figure.1.10 : Gant à câble avec vérin pneumatique

c. Gant à base d'un système électropneumatique :

L'action électropneumatique est un système de commande par pression d'air. La pression d'air, contrôlée par un courant électrique (voir figure 1.11) [HONG2016].

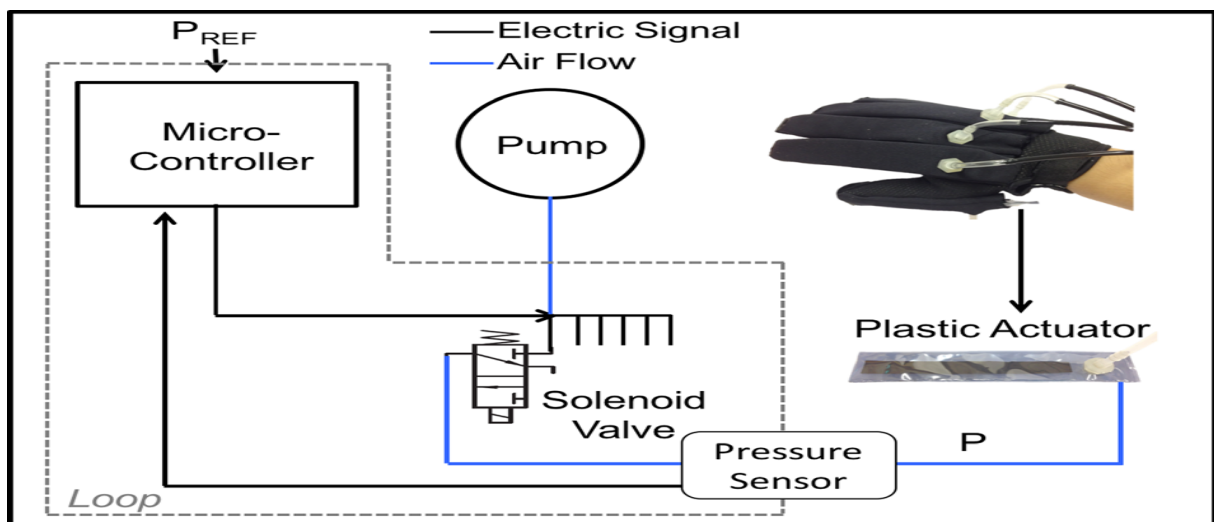


Figure 1.11 : Schéma de principe d'un gant électropneumatique

d. Gant à base d'un système électronique :

Dans notre travail, nous nous basons sur ce type de gant de rééducation (voir figure 1.12). Il est basé sur des composants électroniques en combinaison avec une carte électronique programmable (ARDUINO) [APAR 2018].

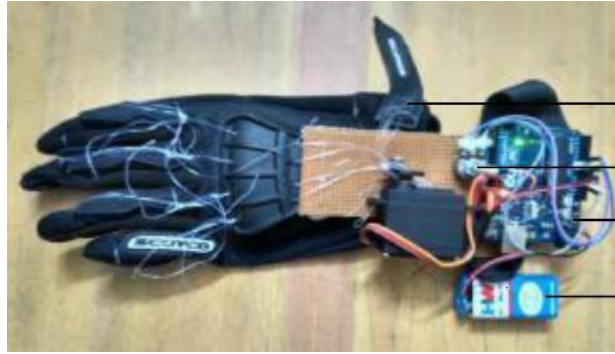


Figure 1.12: Gants de rééducation à base de carte ARDUINO)

Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre, les différentes maladies de la main. Pour ces maladies, la rééducation est nécessaire afin de retrouver la motricité. La rééducation peut se faire soit à l'aide d'un kinésithérapeute, soit en utilisant un gant bionique, ce dernier est l'objet de notre travail. Les prochains chapitres montrent les étapes et les outils utilisés dans notre travail

CHAPITRE II : COMPOSANTS ET OUTILS UTILISES

II. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les différents composants utilisés pour notre réalisation, nous commençons par l'étude de la carte ARDUINO, cœur de notre réalisation. Après cela nous présentons les outils logiciels pour la simulation.

II.1 ARDUINO UNO R3

La carte ARDUINO UnoR3 est basée sur un ATmega328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus simple et la plus économique carte à microcontrôleur d'ARDUINO. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une série de modules complémentaires.

Cette carte peut être programmée avec le logiciel d'ARDUINO disponible gratuitement en téléchargement. Le microcontrôleur ATmega328 contient un boot loader qui permet de modifier le programme sans passer par un programmeur [ROUB 2016] .

La figure ci-dessous représente les différents compartiments de la carte ARDUINO :

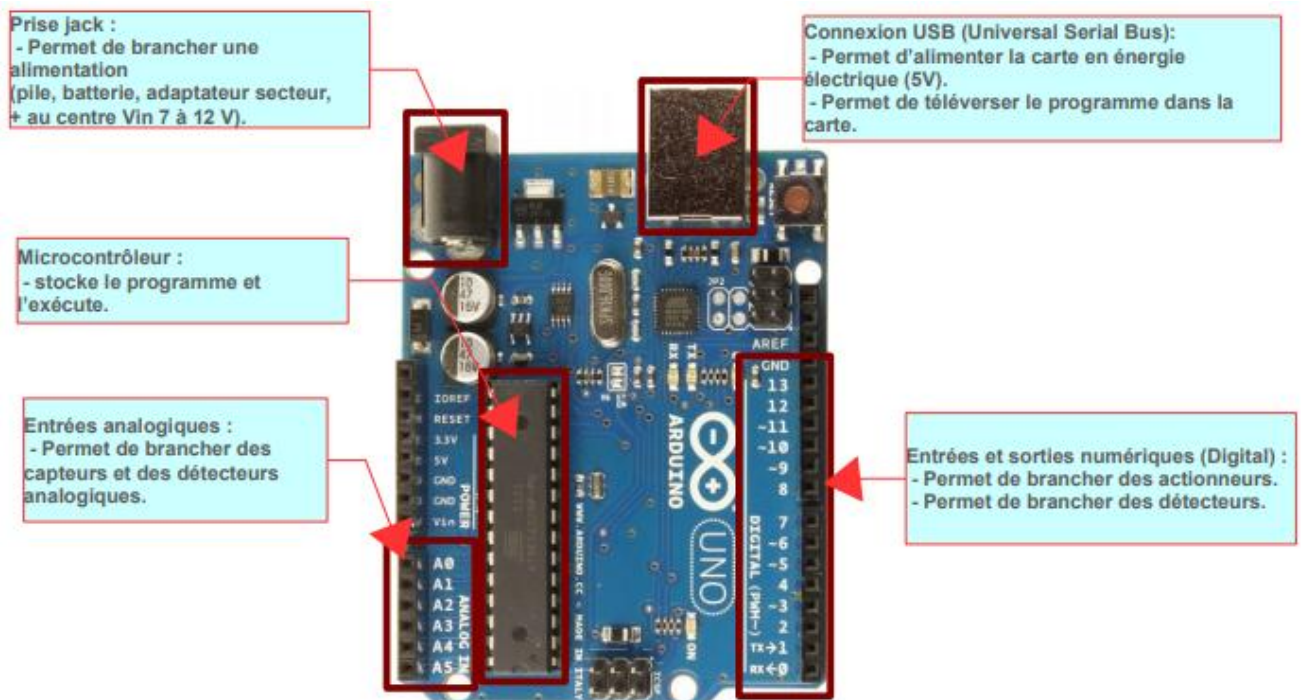


Figure 2.1: Zoom sur la carte ARDUINO UnoR3 [7]

II.1.1 Principe de Fonctionnement de la Carte ARDUINO UnoR3:

La carte ARDUINO comporte de nombreux composants qui se combinent pour la faire fonctionner. (La figure 2.2) montre les composants principaux de la carte ARDUINO :

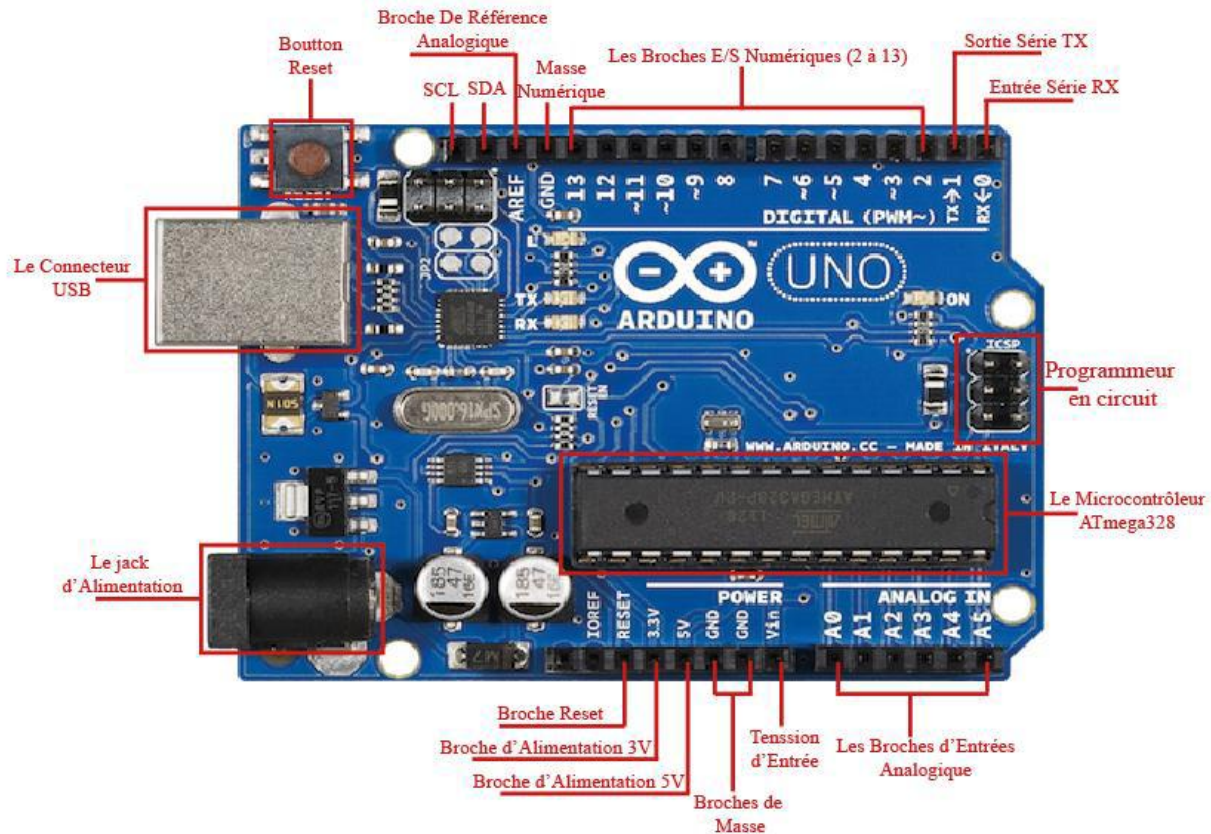


Figure 2.2 : Les Composants principaux de la carte ARDUINO UnoR3

- **Les broches d'entrée/sortie numériques** : Il existe 11 broches de (2 jusqu'à 13), ils sont utilisés pour envoyer et recevoir des signaux numériques.
- **Les broches analogiques** : Ce sont des entrées analogiques, il existe 6 broches de A0 jusqu'à A5.
- **Les sorties analogiques** : Elles sont présentées par 6 broches, elles sont simulées par les broches numériques signalées en tant que PWM à l'aide du symbole « ~ ». Ce symbole apparaît à côté des broches numériques (3, 5, 6, 9, 10 et 11).
- **Les broches d'alimentations** : Les broches d'alimentation servent à distribuer de l'énergie aux circuits et aux entrées et sorties. La broche Vin, peut être utilisée comme source de courant équivalente à celle utilisée par le connecteur d'alimentation. Il existe trois broches de masse pour fermer le circuit d'énergie, deux masses près des broches analogiques, et une troisième en haut à côté de la broche 13.

- **Le connecteur USB :** Il est utilisé pour Téléverser un programme sur le microcontrôleur. L'ARDUINO utilise le port USB pour les transferts de données, mais aussi pour sa propre alimentation en énergie.
- **Le jack d'alimentation :** Une alimentation externe pour répondre à des besoins de puissance qui dépassent les possibilités du port USB.
- **Les LED :** La carte UNOR3 dispose de quatre diodes de type LED émettant de la lumière nommées L, RX, TX et ON.
 - ✓ **ON** est verte et signifie que votre ARDUINO est alimenté.
 - ✓ **RX et TX** ne s'allument que lorsque des données sont reçues ou émises par la carte.
 - ✓ **L** est une LED particulière. Elle est directement connectée à la broche 13 et permet de procéder à des tests et des montages simples sans vous obliger à ajouter au circuit une LED externe sur la broche numérique 13
- **Le bouton Reset :** Ce bouton réinitialiser L'ARDUINO quand il est pressé ou au cas de téléchargement d'une autre commande.
- **ARFF :** Tension de référence pour les entrées analogiques utilisées avec AnalogRéférence.
- **Programmeur en Circuit :** Ceci est une autre source pour télécharger ou programmer le programme, cela aussi peut être fait en utilisant la sortie « TX » et l'entrée « RX ».
- **Broches (SDA) et (SCL) :** Elles supportent les communications de protocole I2C.
- **Le Microcontrôleur ATmega328 :** Le microcontrôleur ATmega328 (voir figure 2.3) est un circuit intégré qui associe plusieurs composants complexes dans un espace réduit au temps des pionniers de l'électronique. On le désigne aussi par circuit intégré ou puce. C'est le seul composant non soudé ; il est placé sur un support.

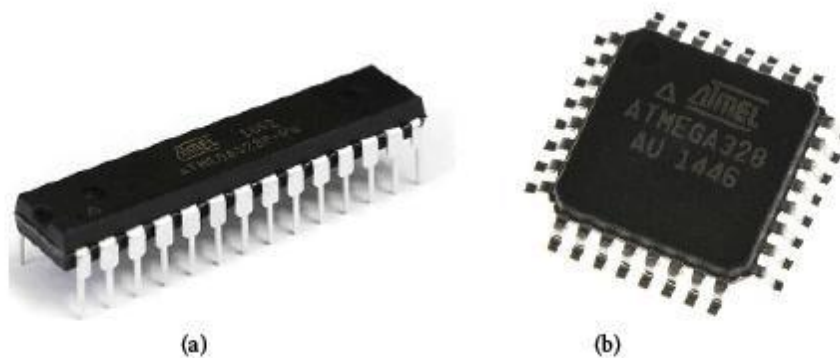


Figure 2.3: Le Microcontrôleur ATmega328.

(a) Le composant classique.

(b) Le composant CMS.

De plus, le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. En général, l'architecture interne du circuit programmable comprend les éléments clés suivants:

La mémoire Flash : c'est celle qui contient le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et reprogrammable de 32Ko (avec un boot loader de 0.5 ko).

RAM : c'est la mémoire dite "vive", elle contient 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 : On y enregistre des informations qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte est éteinte, cette mémoire ne s'efface pas[ROUB 2016] .

II.1.2 Caractéristiques de la carte ARDUINO UNO R3 :

Le tableau 2.1 récapitule les caractéristiques essentielles d'une carte ARDUINO UNO R3 :

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5 V
Tension d'alimentation -entrée (recommandée)	7-12 V
Tension d'alimentation –entrée (limite)	6-20 V
Entrées/Sorties numériques	14 (dont 6 peuvent être utilisées en sortie PWM)
Entrées analogiques	6
Courant DC nécessaire pour les broches entrée/sortie	40 Ma
Mémoire FLASH	32 kb (dont 0.5 kb utilisé par le boot loader)
Mémoire SRAM	2 Kb
Mémoire EEPROM	1kb
Fréquence d'horloge	16 Mhz

Longueur	68.6 mm
Largeur	53.4mm

Tableau 2: Caractéristiques d'une Carte ARDUINO Uno R3 [ROUB 2016] .

II.2Capteur flexible

II.2.1Définition du capteur Flexible:

Un capteur flexible ou un capteur de courbure est un capteur peu coûteux et facile à utiliser spécialement conçu pour mesurer la quantité de déviation ou de courbure.

Il est devenu populaire dans les années 90 en raison de son utilisation dans le Nintendo Power Glove comme interface de jeu. Depuis lors, les gens l'utilisent comme goniomètre pour déterminer le mouvement des articulations, un capteur de porte, un interrupteur de pare-chocs pour la détection de mur ou un capteur de pression sur les pinces robotiques[6].

II.2.2 Présentation du capteur flexible :

Un capteur flexible est essentiellement une résistance variable dont la résistance varie lors de la flexion (voir figure2.4). Étant donné que la résistance est directement proportionnelle à la quantité de flexion, on l'appelle souvent un potentiomètre flexible.

Les capteurs flexibles sont généralement disponibles en deux tailles : l'une mesure 2,2" (5,588 cm) de long et l'autre mesure 4,5" (11,43 cm) de long[6].

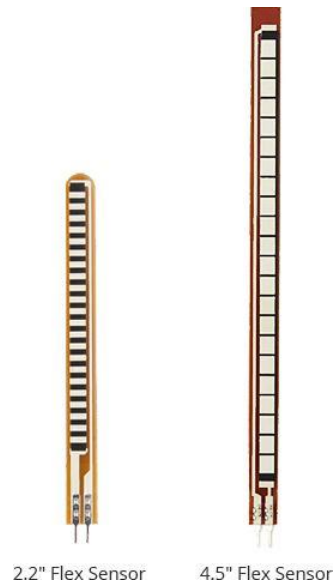


Figure 2.4: capteur flexible

II.2.3 Construction :

Un capteur flexible est constitué d'un substrat en résine phénolique avec une encre conductrice déposée (voir figure 2.5). Un conducteur segmenté est placé sur le dessus pour former un potentiomètre flexible dans lequel la résistance change lors de la déviation[6].

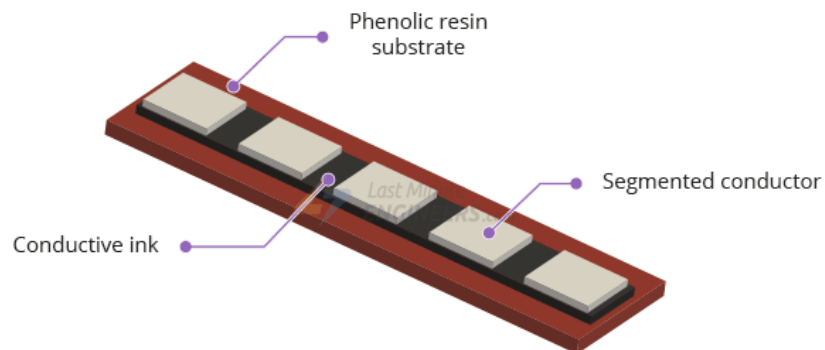


Figure2.5 :zoom sur capteur flexible

II.2.4 Mode d'emploi :

Les capteurs flexibles sont conçus pour fléchir dans une seule direction, loin de l'encre (comme illustré sur la figure 2.6). Il est recommandé de plier le capteur dans une autre direction peut l'endommager. De plus, il ne faut pas plier le capteur près de la base, car le bas du capteur (là où les broches sont serties) est très fragile et peut casser lorsqu'il est plié[6].

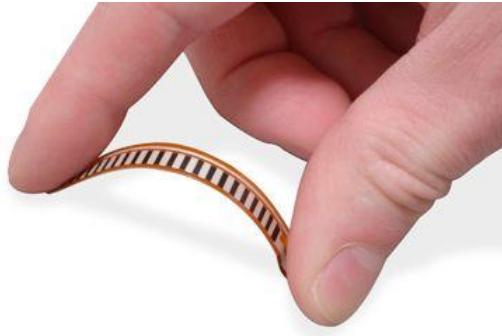


Figure 2.6 : pliage de capteur flexible

II.2.5 Comment fonctionne le capteur flexible ?

L'encre conductrice imprimée sur le capteur agit comme une résistance (voir figure 2.7). Lorsque le capteur est droit, cette résistance est d'environ 25k.

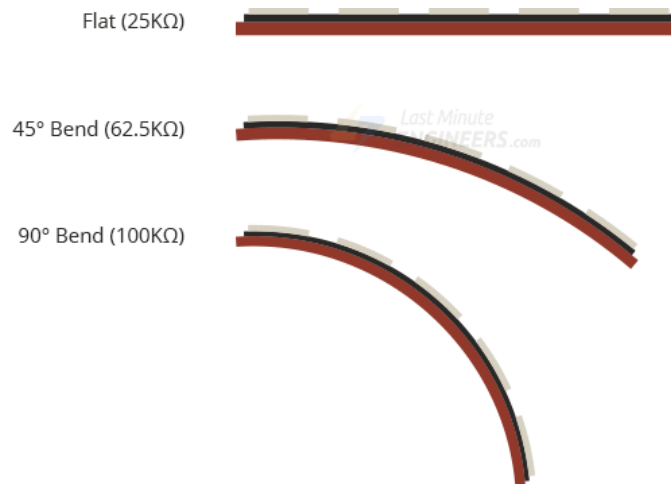


Figure 2.7 : Influence du pliage sur la résistance du capteur flexible

Lorsque le capteur est plié, la couche conductrice est étirée, ce qui réduit la section transversale. Cette section réduite se traduit par une résistance accrue. A un angle de 90°, cette résistance est d'environ 100KΩ.

Lorsque le capteur est à nouveau redressé, la résistance revient à sa valeur d'origine. En mesurant la résistance, on peut déterminer à quel point le capteur est plié[6].

II.2.6 Lecture d'un capteur flexible

Le moyen le plus simple de lire le capteur flexible est de le connecter à une résistance à valeur fixe (généralement 47kΩ) pour créer un diviseur de tension. Pour ce faire, on connecte une extrémité du capteur à Power et l'autre à une résistance pull-down. Ensuite, le point entre la résistance pull-down à valeur fixe et le capteur flexible est connecté à l'entrée ADC d'un ARDUINO.

De cette façon, on peut créer une sortie de tension variable, qui peut être lue par l'entrée ADC d'un ARDUINO.

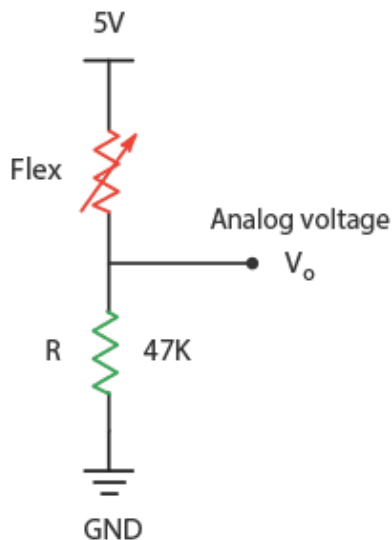


Figure 2.8: circuit de capteur flexible

La tension de sortie que mesurée est la chute de tension à travers la résistance pull-down, et non à travers le capteur flexible.

La sortie de la configuration du diviseur de tension est décrite par l'équation :

$$V_O = V_{CC} \frac{R}{R + R_{Flex}}$$

Dans la configuration illustrée, la tension de sortie diminue avec l'augmentation du rayon de courbure.

Par exemple, avec une alimentation 5V et une résistance pull-down de 47K, lorsque le capteur est plat (0°), la résistance est relativement faible (environ 25kΩ). Il en résulte la tension de sortie suivante :

$$\begin{aligned}V_o &= 5V \frac{47k\Omega}{47k\Omega + 25K\Omega} \\ &= 3.26V\end{aligned}$$

Lorsqu'il est complètement fléchi (90°), la résistance monte à 100KΩ. Il en résulte la tension de sortie suivante :

$$\begin{aligned}V_o &= 5V \frac{47k\Omega}{47k\Omega + 100K\Omega} \\ &= 1.59V\end{aligned}$$

Il est assez facile de connecter un capteur flexible à un ARDUINO.

On doit connecter une résistance pull-down de 47 kΩ en série avec le capteur flexible pour créer un circuit diviseur de tension. Ensuite, le point entre la résistance pull-down et le FSR est connecté à l'entrée A0 ADC d'un ARDUINO[6].

a .Application des capteurs Flex Sensor :

- Robotique
- Jeux (Virtual Motion)
- Équipement médical
- Périphériques d'ordinateur
- Instruments de musique
- Thérapie physique

b .Spécifications mécaniques du Flex Sensor

- **Cycle de vie** : > 1 million
- **Epaisseur** : 0,43 mm
- **Plage de température** : -35 ° C à + 80 ° C [6].

c .Spécifications électriques du capteur Flex Sensor

- **Résistance à plat** : 10 k 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 [6].

II.2.8 Branchement avec carte ARDUINO

La capture flexible possède deux fils de connexion. Il est branché en série avec une résistance. La figure 2.9 montre comment nous connectons les fils aux pins de la carte ARDUINO.

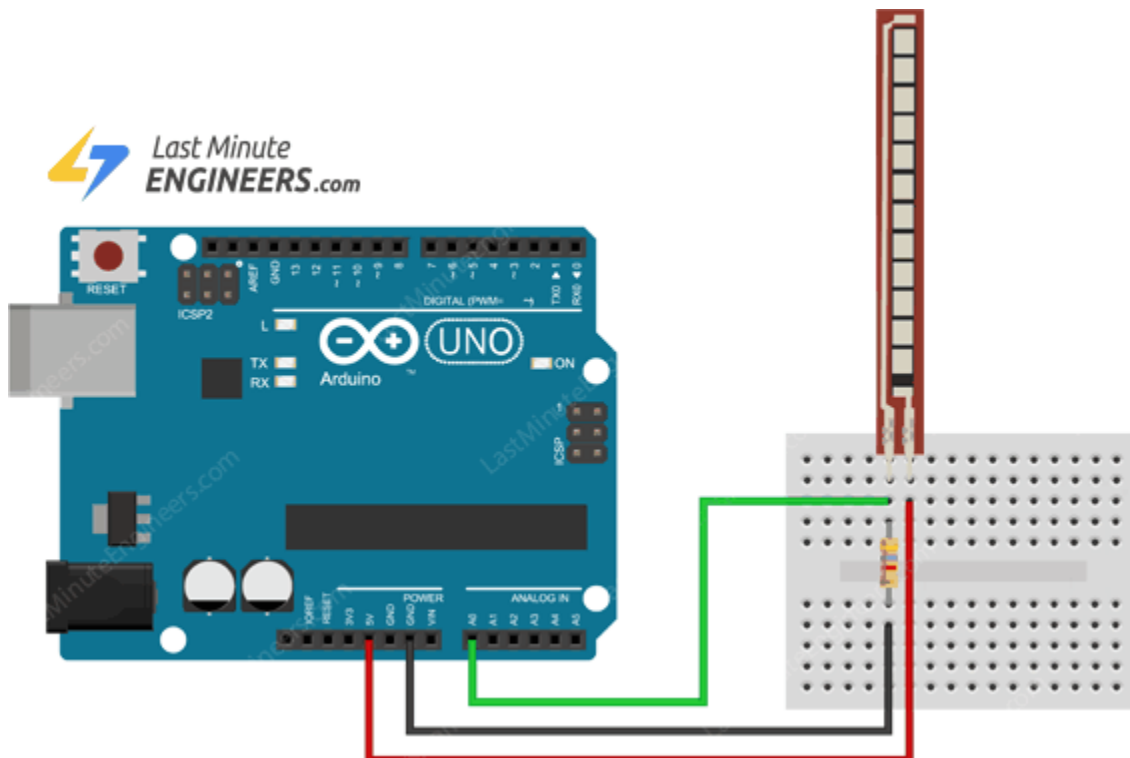


Figure 2.9 : Connexion de capteur flexible avec ARDUINO

II.3 Servomoteur SG90 :

Les servomoteurs, souvent abrégés en « servo » tout court par leurs utilisateurs, sont des moteurs d'un type particulier, très appréciés pour faire tourner quelque chose jusqu'à une position bien précise et capable de maintenir cette position jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle instruction. Ils sont très utilisés dans le modélisme (direction des voitures télécommandées, commande des gouvernes de dérive et de profondeur sur les avions, etc.), mais ont aussi leur place dans la robotique et l'industrie par exemple dans des vannes pour réguler des flux de liquides.

Les caractéristiques du SG90 sont les suivantes :

- Dimensions : 22 x 11.5 x 27 mm.
- Poids : 9 gr.
- Tension d'alimentation : 4.8v à 6v.
- Vitesse : 0.12 s / 60° sous 4.8v.
- Amplitude : de 0 à 180°.



Figure 2.10: servomoteur SG90.

Le servo est équipé d'une prise de type Graupner à 3 fils.

La correspondance des fils est la suivante :

Marron	Masse (-)
Rouge	Alimentation (+ 5 V)
Orange	Signal PPM

Un servomoteur dit « 9 grammes » très répandu dans le monde de L'ARDUINO.

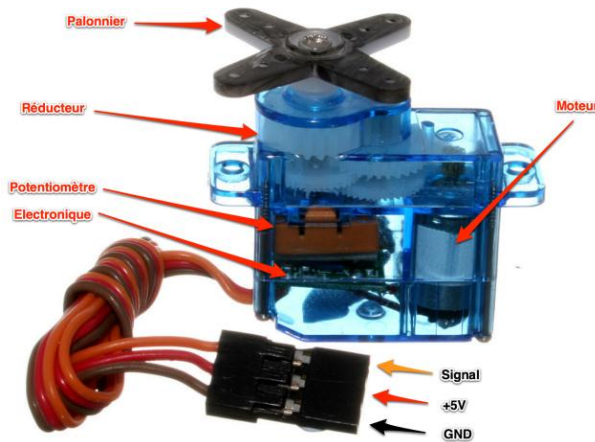


Figure2.11 : composant de servo SG90

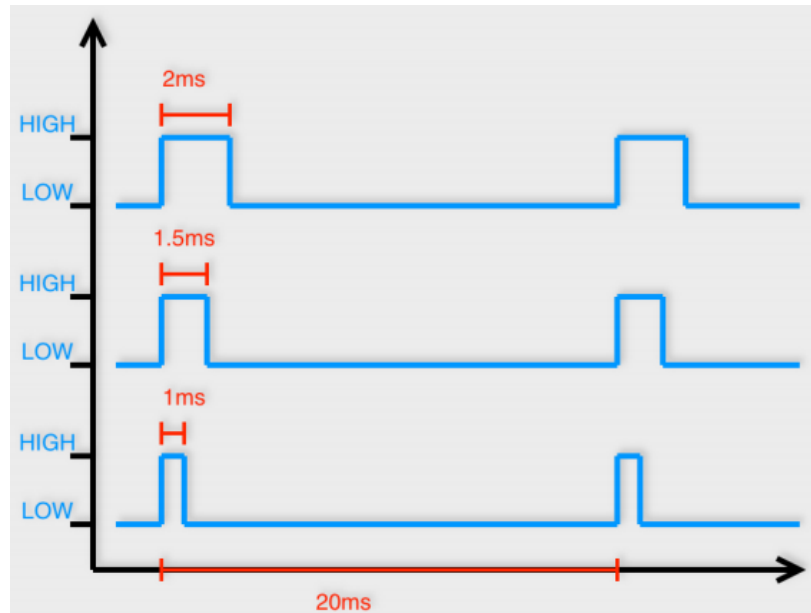
Un petit moteur à courant continu est relié à un potentiomètre (résistance variable) par l'intermédiaire d'un circuit électronique ce qui permet de contrôler finement le moteur en fonction de la position du potentiomètre. Sur l'axe de sortie du moteur, une série d'engrenages permet d'augmenter son couple (sa force utile) en réduisant sa vitesse de rotation.

Quand le moteur tourne, les engrenages s'animent, le bras bouge et entraîne dans son mouvement le potentiomètre. Si le mouvement s'arrête, le circuit électronique ajuste en continu la vitesse du moteur[5].

II.3.1 Utilisation d'un servomoteur avec L'ARDUINO

Pour commander un servomoteur, il faut lui envoyer un train d'impulsions dont la période (intervalle de temps entre chaque impulsion) est toujours de 20 ms (millisecondes). Ce qui va varier et qui finalement déterminera la position du bras n'est pas la période, mais bien la durée de l'impulsion :

- pour une impulsion de 1 ms, le servomoteur se met en position 0° ;
- pour une impulsion de 1,5 ms, le servomoteur se met en position 90° ;
- pour une impulsion de 2 ms, le servomoteur se met en position 180°[5].



La figure 2.12 : impulsions de commande du servomoteur

(La figure2.13) montre le branchement du servomoteur avec la carte ARDUINO.

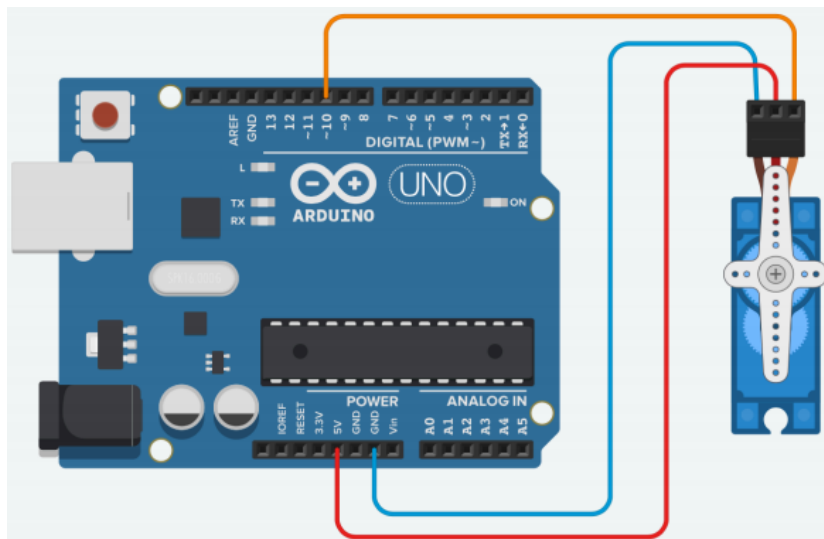


Figure2.13 : Connexion du servomoteur SG90 avec ARDUINO.

II.4 RESISTANCE :

Dans notre travail, nous avons utilisé une résistance de valeur 10k Ohms. Cette résistance est branchée en série avec le capteur flexible pour réaliser le diviseur de tension. Cette partie a été expliquée dans le paragraphe concernant le capteur flexible. (Voir figure2.14)[7]



Figure2.14 : résistance

II.5Le gant :

Dans notre travail, nous avons utilisé des gants de plongée. Ce gant est caractérisé par sa solidité et facilité d'utilisation par le patient.(voir figure2.15)[11].



Figure2.15 : gant de plongée

II.6 Programmation de la carte ARDUINO

L'open-source ARDUINO Software (IDE) est une version simplifiée de programme C++. C'est un ensemble d'instructions qui informe le matériel de ce que faire et comment le faire. C'est un environnement de développement intégré, qui se présente sous la forme d'une interface graphique. Cette interface permet de lire et écrire des lignes de texte et d'interagir

d'une manière visuelle avec l'ordinateur. Les programmes écrits pour Arduino s'appellent des croquis.



Figure2.16: logo ARDUINO

La fenêtre qui constitue l'interface graphique d'Arduino est divisée en quatre zones principales

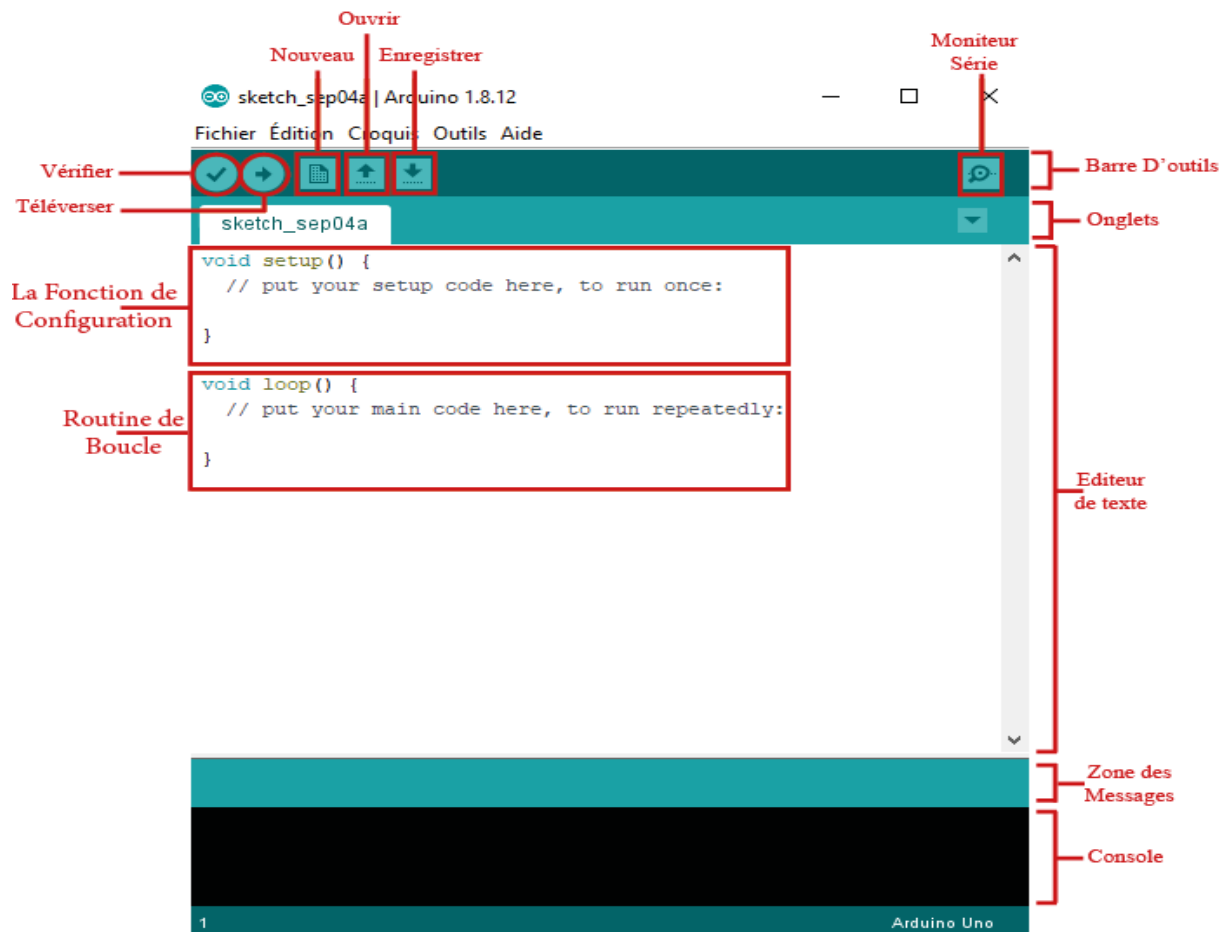


Figure.2.17: Présentation de l'interface initiale du logiciel

- **La barre de menus** : Elle contient des menus déroulants pour tous les outils, paramètres et informations du programme.
- **La barre d'outils** : La barre d'outils contient plusieurs boutons qui sont communément utilisés lorsque vous écrivez des croquis pour Arduino. Ces boutons, qui sont aussi accessibles dans la barre de menus, permettent d'accomplir les actions suivantes:
 - ✓ **Vérifier** : Assurer que le code est correct pour le programme Rduino. Aussi désigné par le terme de compilation, ce processus est une sorte de correction de l'orthographe et de la grammaire. Sachez cependant que si le compilateur vérifie le code pour des erreurs apparentes, il n'y a aucune garantie que le dessin fonctionnera correctement.
 - ✓ **Téléverser** : Envoie le croquis à la carte Arduino connectée à l'ordinateur. Le croquis est compilé avant d'être envoyé.
 - ✓ **Nouveau** : Crée un nouveau croquis.
 - ✓ **Ouvrir** : Ouvre un croquis existant.
 - ✓ **Enregistrer** : Sauvegarde le croquis courant.
 - ✓ **Moniteur série** : Permet de visualiser les données qui sont envoyées ou reçues par la carte Arduino.
 - ✓ **Éditeur de texte** : Le croquis est affiché sous forme d'un texte dans cette zone. C'est approximativement un éditeur de texte, avec des fonctionnalités supplémentaires. Il contient :
 - ✓ **La fonction de configuration** : C'est la fonction « **Void Setup** », elle permet d'initialiser et sélectionner l'état initial des variables. Le code initial va être exécuté une seule fois.
 - ✓ **Routine de boucle** : C'est la fonction « **Void Loop** », elle présente une boucle qui fonctionne ou exécute le code principal d'une manière fréquente
 - **Zone des messages** : C'est l'une des premières sources d'explications. Elle montre le message de l'IDE dans la zone noire[BOU 2021] .

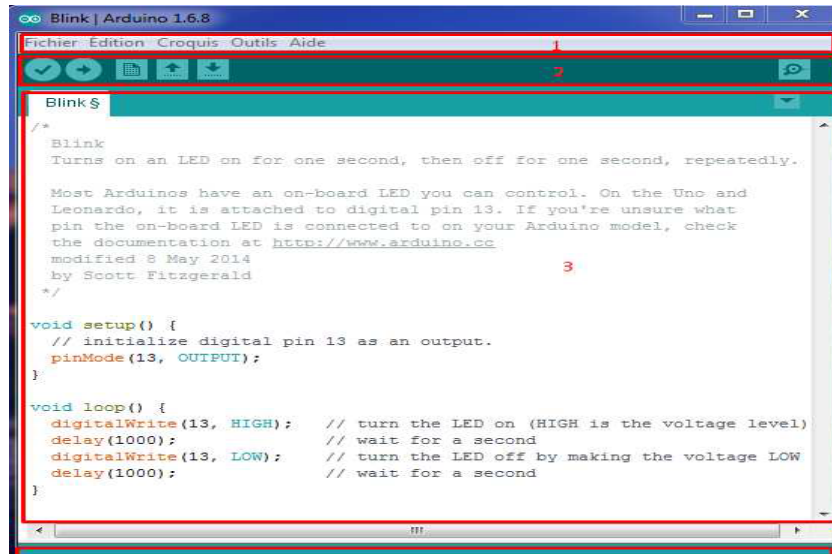


Fig.2.17: Présentation de l'interface initiale du logiciel

II.7 Simulation sous Tinkercad

Tinkercad Circuits est un moyen plus simple permettant de simuler des circuits électroniques, il contient tous les composants dont nous avons besoin dans notre travail. Il permet d'éditer le code à télé verser dans la carte ARDUINO. (voir figure .18)[9]



Figure2.18:logo tinkercad

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons commencé par présenter tous les composants que nous utilisons dans notre travail en expliquant le principe de leur fonctionnement, nous avons fini par présenter les outils logiciels utilisés, dont l'environnement de programmation de ARDUINO et l'outil de simulation Tinkercad.

CHAPITRE3 : SIMULATION, REALISATION ET RESULTATS

III-introduction :

Dans ce travail, nous avons fait la simulation de deux gants bioniques électroniques de deux façons différentes, l'un basé sur un capteur flexible et l'autre basé sur des fils et des moteurs uniquement.

Pour la réalisation pratique, nous avons réalisé un gant bionique basé sur des capteurs flexibles.

Ce chapitre présente les deux simulations ainsi que notre réalisation pratique.

III .1.Fonctionnement général du gant bionique

LA (Figure 3.1) présente un schéma synoptique du fonctionnement général de notre gant bionique.

- A gauche nous avons un **gant porté par une main saine** (soit la main saine du malade s'il a une seule main malade ou bien par une autre personne) chaque doigt de ce gant contient un **capteur flexible** relié à une carte **ARDUINO**.
- Quand la **main saine** bouge, cette information est envoyée à la carte **ARDUINO** qui va la transmettre à cinq servomoteurs (un pour chaque doigt).
- Les **cinq servomoteurs** sont reliés au gant porté par la **main malade**. Chaque mouvement des **servomoteurs** entraîne le mouvement des doigts du **gant bionique** (porté par la **main malade**)

Ce type de rééducation avec une main saine et une main malade est appelé ***principe de miroir***.

La figure 3.2 présente l'organigramme de fonctionnement de notre gant bionique

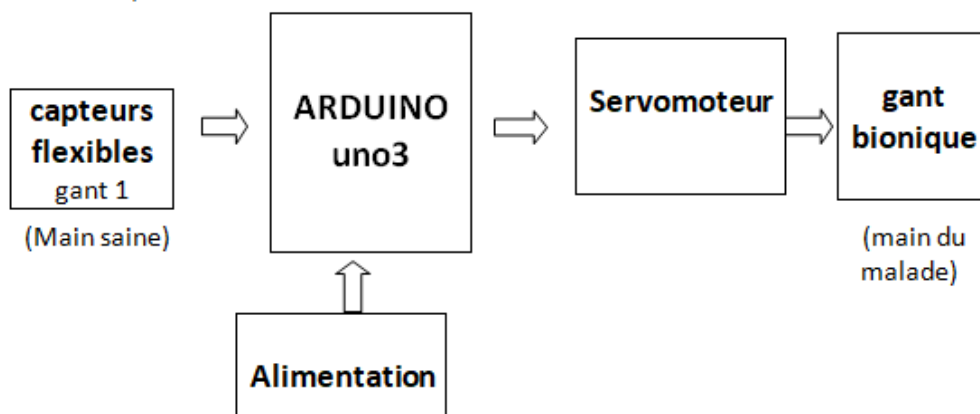


Figure 3.1: Schéma synoptique du gant bionique.

III.2.Organigramme de fonctionnement du gant bionique

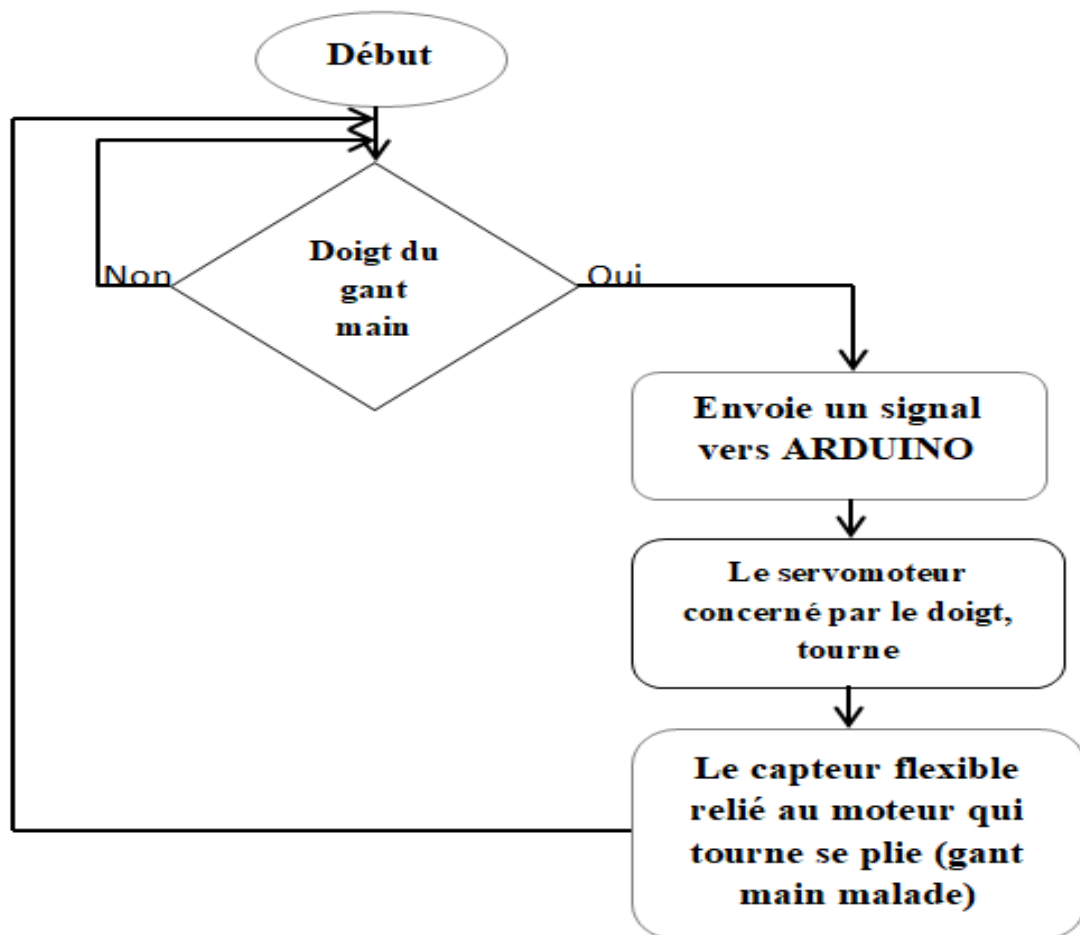


Figure.3.2 : organigramme de fonctionnement du gant bionique

III.3 Propriétés du gant

Dans notre travail, nous avons utilisé un gant de plongée. Le (tableau 3) présente les spécifications des tailles des gants. En effet, si une personne porte un gant qui n'est pas à la taille de sa main, le gant bionique ne fonctionne pas correctement. Le respect de la taille est donc important[11].

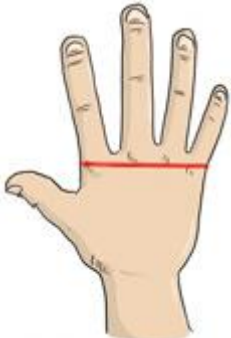
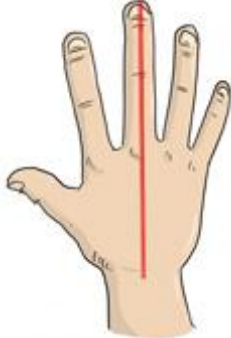
			
	LARGEUR DE LA MAIN (cm)	LONGUEUR DE LA MAIN (cm)	DIMENSION DU DOIGT DU MILIEU (cm)
M	6-8	14-16	4-5
L	7-9	16-18	5-6
XL	8-10	16.5-19	6-7

Tableau 3 : spécification de taille

III. 4. Programmation de la carte ARDUINO

Les étapes d'envoi du programme sont comme suit (voir figure 3.3):

- Choisir la bonne carte et le bon port COM avant de télécharger le code sur la carte.
- Aller dans Outils> Carte et sélectionner ARDUINO UNO
- Aller dans Outils> Port et sélectionner le port approprié via lequel votre carte est connectée.
- Cliquer sur le bouton de téléchargement pour télécharger le code dans la carte de développement ARDUINO.
- Après avoir téléchargé le sur L'ARDUINO, appuyer sur son bouton RST.

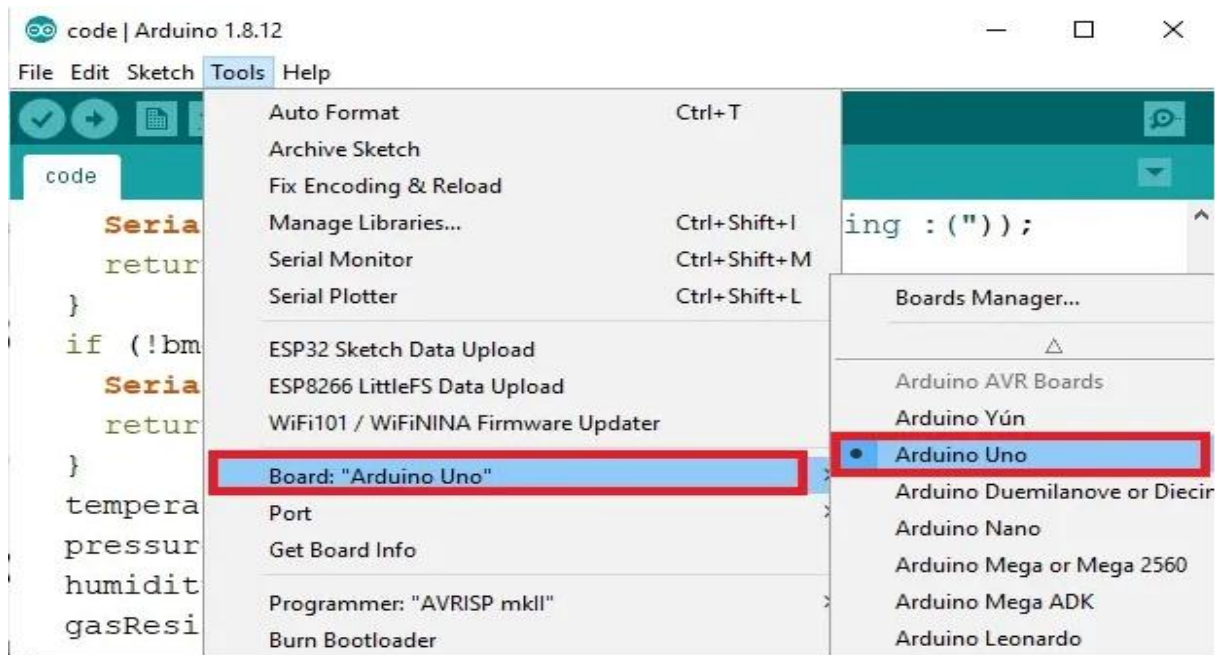


Figure 3.3 : les étapes d'envoi du programme

III.5 Simulation sous Tinkercad

III.5.1 1a première simulation sans capteur flexible :

La figure 3.4 : présente le début de la simulation sous tinkercad du gant bionique basé sur des fils et des servomoteurs uniquement. Cette partie n'a pas été réalisée pratiquement.

La figure 3.5 montre cette simulation avec les servomoteurs qui ont tourné (quelques secondes après le démarrage de l'exécution du programme)

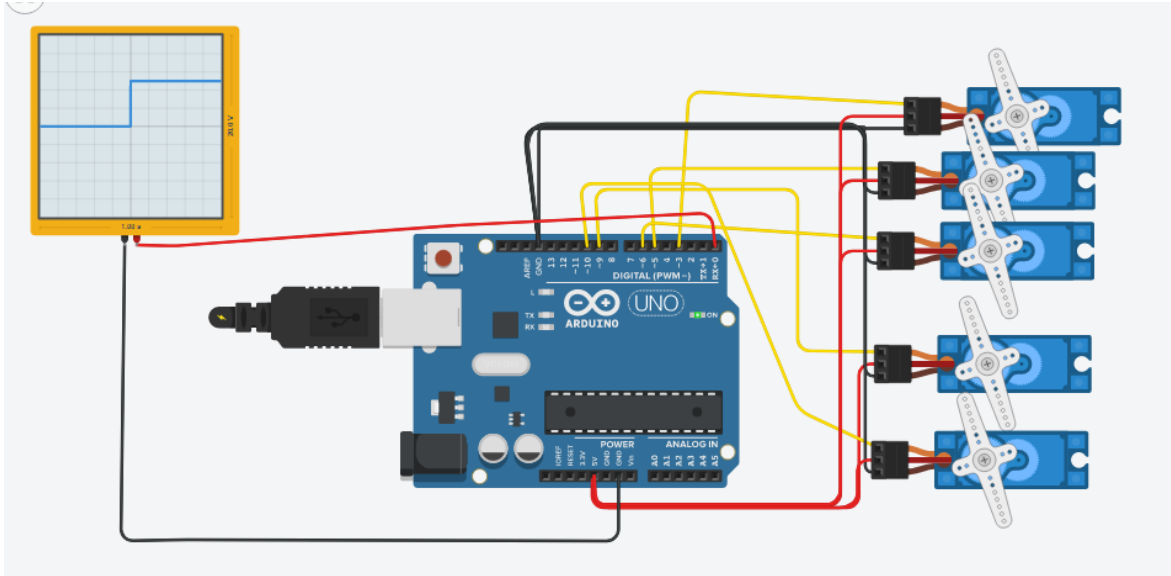
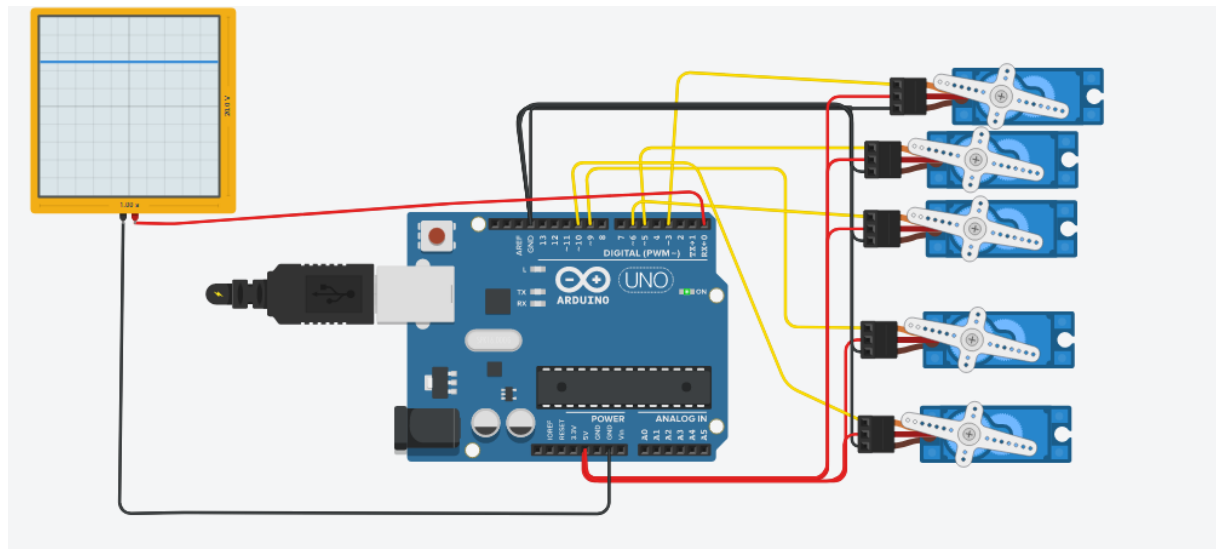


Figure 3.4 : simulation avec fils et servomoteurs (début de la simulation)



La figure3.5 : simulation avec fils et servomoteurs (milieu de la simulation)

III .5.2 Simulation du gant bionique avec capteur flexible :

La figure 3.6 présente le début de la simulation sous tinkercad du gant bionique basé sur des capteurs flexibles. Cette partie a été réalisée pratiquement.

La figure 3.7 montre cette simulation avec les capteurs flexibles, les servomoteurs ont tourné (quelques secondes après le démarrage de l'exécution du programme)

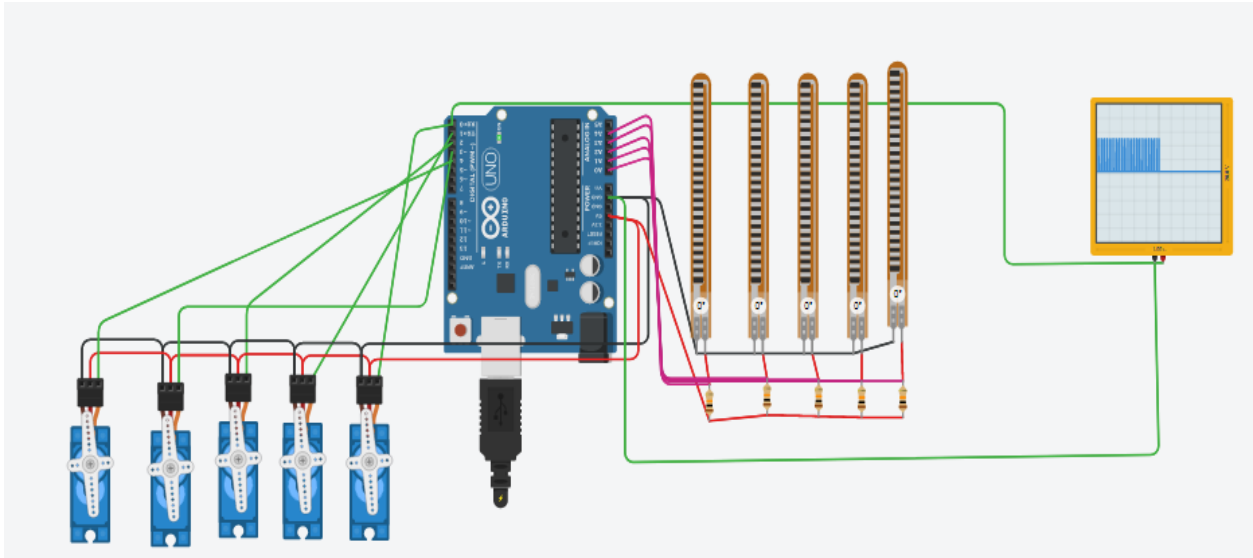


Figure 3.6 : simulation avec capteurs flexibles (début de la simulation)

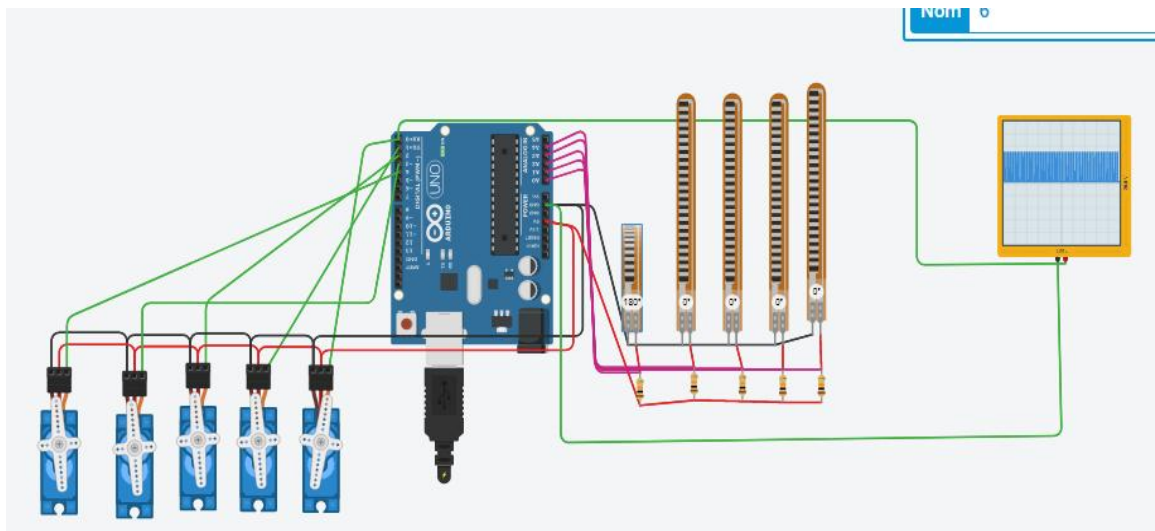


Figure3.7 :.simulation avec capteurs flexibles (milieu de la simulation)

Nous présentons dans (la figure3.8)le schéma du circuit imprimé de notre réalisation.

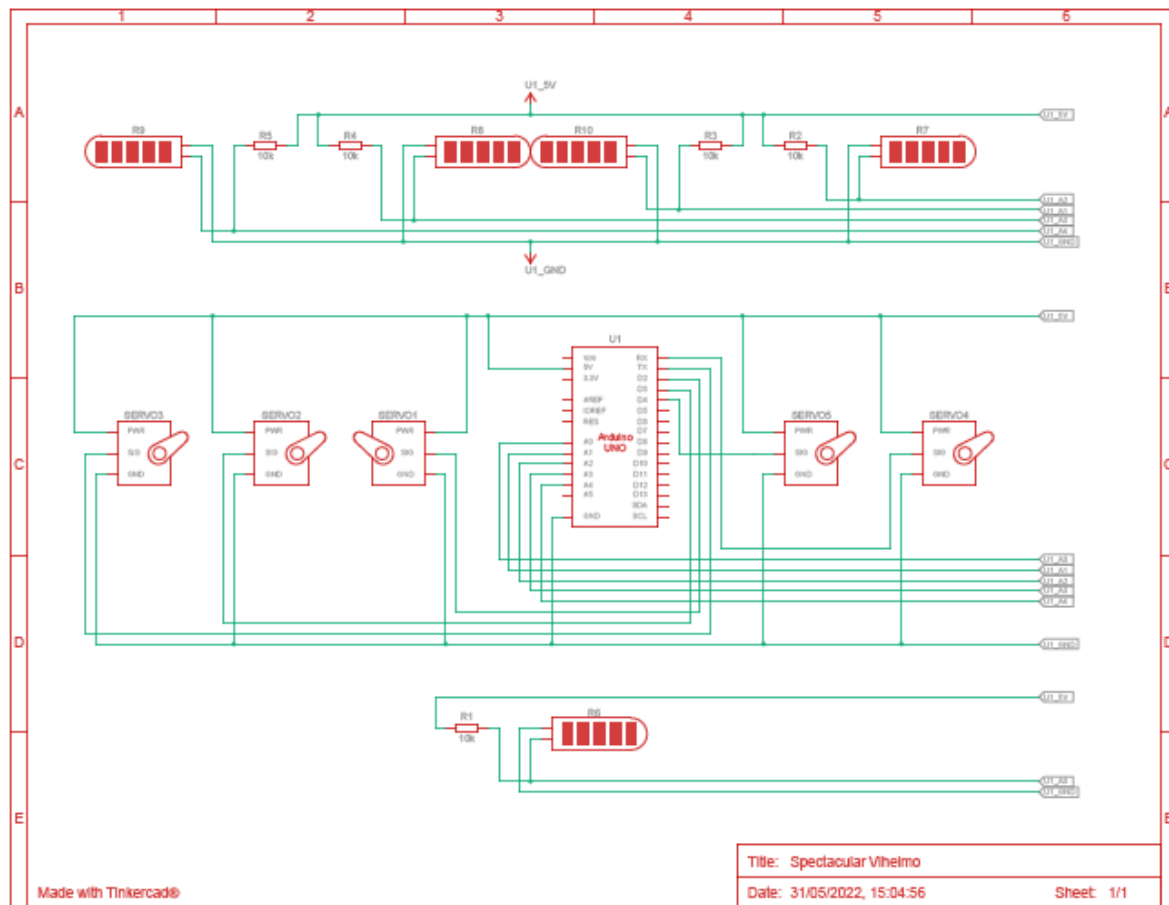


Figure. 3.8: Représentation schématique du gant bionique.

III.6 Coûts de la réalisation

Carte ARDUINO 2000DA

1 capteur flexible 3000 DA : Pour le gant bionique, nous avons besoin de 5 capteurs flexibles, dans notre travail, nous avons acheté un seul capteur et avons réalisé nous même les 4 autres capteurs)

1 Gant de plongée : 1600 DA / nous avons besoin de 2 gants

1 servomoteur : 700 DA, 5 servomoteurs : 3500 DA

Fils de connexion : 1000 DA

Bread bord : 200DA

5 résistances : 50 DA

Fils de pêche 250DA

Total avec un seul capteur flexible : 9600 DA

III.7 Réalisation pratique

La figure 3.9 : présente une photo de notre réalisation.



Figure.3.9 : photo de notre réalisation

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons appliqué les deux différentes étapes de la réalisation pratique de notre appareil : les organigrammes et les programmes de capteurs flexible et actionneurs ainsi que la réalisation de le dispositif est utile pour des applications de thérapie de réadaptation à court terme.

Conclusion Générale :

Notre travail a consisté en la simulation et la réalisation d'un gant bionique. Ce gant est utile à certains malades qui ont besoin de suivre une rééducation de la main. En effet, les malades grâce à ce gant n'ont plus besoin de rendre rdv au centre de rééducation, il peut le faire chez lui tranquillement.

Notre réalisation est basée sur une carte ARDUINO que nous avons programmée, nous avons utilisé d'autres composants que nous avons expliqués en détails dans notre mémoire. L'un des principaux composants est le capteur flexible. Ce capteur est particulièrement couteux, nous avons donc trouvé le moyen d'en fabriquer.

Nous avons fait une simulation de notre travail sous l'outil Tinkercad, une fois la simulation bien en marche, nous avons réussi à faire la réalisation qui a très bien fonctionné. Nous pouvons donc conclure que nous avons finalisé notre travail avec succès.

Comme perspectives, nous proposons la réalisation de ce même gant en utilisant une carte ARDUINO de plus petite taille et des composants plus légers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

[APAR 2018] AparnaB1, AnithakrithiB1, NaveenaP1,Yaswanth Kumar M 1,Avinash M 1,S Sivanandam2 “Design and simulation of bionic glove for rehabilitation of the paralytics“ 2018

B

[BOU 2021] BOUHAMED h, BOURNISSA f « réalisation d'un désinfectant de sol, mobile, par lumière UV, à base de carte Arduino et commandé par Bluetooth. »Mémoire de Master. UMBB, 2021.

H

[HONG2016] Hong Kai Yap,JeongHoon Lim, James Cho,Raye Chen-Huaconsulté le 12.04.2022Yeow “Design of a Soft Robotic Glove for Hand Rehabilitation of Stroke Patients With Clenched Fist Deformity Using Inflatable Plastic Actuators“ 2016

M

[MASI 2007] Masiero, S., Celia, A., Rosati, G. and Armani, M., 2007.Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke.Archives of physical medicine and rehabilitation, 88(2), pp.142-149.2007.

[MICH 2012] Michael A. Delph II RBE Sarah A. Fischer ECE/RBE Philip W. Gauthier ME Carlos H. Martinez Luna BME “Rehabilitative Robotic Glove“ p22. 2012

R

[ROUB 2016] Roubehie Mohamed Nabil, Hasseni Mohamed “ Commande d’un robot mobile viaune application Android“. Mémoire de Master, Université de Blida .2016.

S

[SHUMI 2021] Shumi Zhao2, Ziwen Wang1, Yisong Lei1, Shaotong Huang1, Jie Zhang1, Jianxun Liu1, Zidan Gong1“A bionic soft robotic glove mimicking finger actions based on sEMG recognition“ 2021.

T

[TOLD 1912] C. Toldt, “Atlas d'anatomie humaine, à l'usage des étudiants et des médecins. Régions du corps humain“. B. Ostéologie ; adaptation française d'après la 8e édition allemande, par M. Lucien,... ; (p122 123),1912.

Sites web :

- [1] www.who.int/mediacentre/factsheets/fs999/en .Consulté(**le 2.04.2022**)
- [2]<https://www.sante-sur-le-net.com/maladies/neurologie/hemiparesie/>.Consulté
(**le15.04.2022**)
- [3]<http://bras-bionique-tpe1ere.e-monsite.com/pages/1-fonctionnement-d-une-main-humaine.html>.Consulté (**le10.04.2022**)
- [4] <https://www.institut-kinesitherapie.paris>.consulté(**le 5.03.2022**)
- [5]<https://www.instructables.com/Flex-Sensor-Glove/>.Consulté(**le 12.04.2022**)
- [6]<https://www.redohm.fr/2019/12/capteur-de-flexion/>.consulté (**le 6.04.2022**)
- [7]<https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-servomoteur>.Consulté(**le20.04.2022**)
- [8]<https://eiquarzt.monsite-orange.fr/file/e7088f729ba035c7e9c4a41578cc1d84.pdf>.consulté
(**le27.04.2022**)
- [9]<http://www.energiazero.org/simulazioni/Intro%20thinkercad.pdf>.Consulté(**le 12.04.2022**)
- [10]<http://bras-bionique-tpe1ere.e-monsite.com/pages/1-fonctionnement-d-une-main-humaine.html>.Consulté(**le 12.5.2022**)
- [11]<https://www.medicalexpo.fr/prod/sifsof/product-112926-1043042.html>.Consulté
(**le 19.05.2022**)
- [12] https://fr.made-in-china.com/co_syrebo/product_Physical-Therapy-Medical-Healthcare-Equipment-Hand-Rehabilitation-Glove_uroogeyseu.html. Consulté(**le 10.05.2022**)