



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان



Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention du Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Instrumentation Biomédicale

Présenté par : Cherifi Mossaab et Abulehia Khaled

**Etude et réalisation d'un gant intelligent,
Application aux personnes souffrant d'AVC**

Soutenu le 28/06/2022, devant le jury

M.	Kerai Salim	<i>Prof</i>	Université de Tlemcen	Président
Melle	HABIBES Naïma	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Encadreur
Melle	Ziani Cherif	<i>MCA</i>	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2021-2022

Remerciements

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant Melle « HABIBES Naïma » pour l'orientation, la confiance, la patience, qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nous exprimons nos sincères remerciements à **Mr Kerai Salim** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury de soutenance.

Nous remercions également Mme **Ziani Cherif** pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail en acceptant de l'examiner.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin nous remercions nos familles et amis pour leurs prières et leurs encouragements et tout le fun durant ces dernières années.

Dédicaces

Nous dédions principalement et au premier lieu ce travail à nos parents.

Ensuite nous le dédions à tous les gens qu'ont inspirés pour suivre ce chemin avec leurs courages, bonté, grand cœur malgré le déséquilibre vital auquel ils sont toujours affrontés.

Et nous dédions ce travail a notre ami Bilal Chouraki pour son soutien.

Sommaire:

Sommaire:	IV
Table des figures:.....	VII
Liste des tableaux :	VIII
Introduction générale.....	1
CHAPITRE01	2
Etat de l'art sur les gants intelligents	2
1.1 Introduction:.....	3
1.2 REEDUCATION:	4
1.2.1 Définition un accident vasculaire cérébral (AVC):	4
1.2.2 Principe de la rééducation :.....	4
1.2.2.1 Techniques antalgiques directes:	4
A. Massothérapie.....	4
B. Physiothérapie	4
1.2.2.2 Kinésithérapie:.....	5
A/ Mobilisation:.....	5
B/ Postures:	6
C/ Entretien et renforcement musculaires :.....	6
D/ Reprogrammation sensorimotrice:	6
1.2.2.3 Appareillage:.....	6
1.3 Différents Types de gants intelligents :	7
Modèles disponibles sur le marché :	13
A. ZZBB Gants de Robot de Rééducation:.....	13
B. REAQR Doigt de périphérique:	14
C. Appareil réglable d'entraînement du poignet et des doigts Orthèse:	14
D. Rétroaction sensorielle.....	15
1.4 Problématique	16
Conception physique:	17
Schéma de contrôle:.....	17
Praticité:	17
Abordable:	17
1.5 Conclusion	17

CHAPITRE02	18
Anatomie de la main et prototype du gant	18
2.1 Introduction.....	19
2.2 Physiologie La main humaine	19
2.3 Explication du mécanisme de fonctionnement du gant :	21
2.4 Conclusion	22
Chapitre 3	23
Conception du dispositif.....	23
3.1 Introduction:.....	24
3.2 Conception mécanique.....	24
3.2.1 Gant certifié	24
3.2.2 Les supports.....	26
3.2.3 Les tendons.....	27
3.2.4 Fil certifié	27
3.2.5 Bracelet.....	28
3.3 Conception électronique	28
3.3.1 Actionnement.....	29
3.3.2 Microprocesseur:.....	30
3.3.3 Alimentation	30
3.3.4 Bluetooth le module HC-06:	31
3.3.4.1 Présentation du module HC-06:	31
3.3.4.2 Appairage.....	32
3.3.4.3 RemoteXY:	32
3.4 Réalisation du circuit	34
3.5 Implémentation du programme	34
3.5.1 Programmation.....	34
3.5.2 Signaux servo	34
3.5.3 Organigramme.....	36
3.6 Tests et Discussion des résultats	37
3.7 Spécifications du système	37
3.8 Actionnement	38
3.8.1 Fluidité	38
3.8.2 Force	38

3.9 Coût	38
3.10 durée de vie de la batterie	39
3.11 Qualité globale du système	39
3.12 Objets saisissants.....	40
3.13 Actionnement et complexité	40
3.14 Fiabilité	40
3.15 Conclusion	40
Chapitre 4	41
Programmation du dispositif.....	41
4.1 Introduction.....	42
4.2 Carte arduino	42
4.2.1 Arduino UNO :	43
4.2.2 Schéma électronique du circuit.....	44
4.2.3 Le programme arduino	45
4.3 Programme Arduino	46
4.3.1 Programme principal Servomoteur unique:.....	46
4.3.2 Programme principal Servomoteur unique avec Bluetooth(RemoteXY):	46
4.3.3 Programme avec cinq les Servomoteurs	47
4.3.4 Programme Servomoteurs avec Bluetooth(RemoteXY):.....	48
4.3.5 Contrôlez chaque doigt individuellement par RemoteXY:	49
4.4. Résultats et discussions	50
Etape 1 : appairage module Bluetooth.....	50
Etape 2 : positionnement du Slider	51
4.4 Conclusion	52
Conclusion générale	53
Bibliographie.....	X

Table des figures:

Figure 01 CyberGlove.....	7
Figure 02 Humanglove	7
Figure 03 Gant de l'induction électrostatique.....	8
Figure 04 Gant de données 5DT	8
Figure 05 Gant IMU (Smart Glove rev 2)	9
Figure 06 Gant rev 3 Vor.....	10
Figure 07 Gant substrat textile	11
Figure 08 d exosquelette de haute technologie.....	12
Figure 09 MoCap Pro Super Splay	12
Figure 10 Manus Prime II Xsens	13
Figure 15 : ZZBB Gants.....	13
Figure 16: REAQR Doigt de périphérique	14
Figure 17 : Appareil réglable d'entraînement du poignet et des doigts Orthèse	15
Figure 18: Résultat du QCM à propos des gants intelligent aux utilisateurs de ces premiers	15
Figure 11 : Os majeurs dans la main humaine	19
Figure 12 : Degré de liberté en un seul point (ben nelson 2013).....	20
Figure 13 : représentation des degrés de liberté dans la main humaine.....	20
Figure 14 : Les degrés de liberté dans la main humaine	21
Figure 20 : Prototypes	25
Figure 21 : Gant certifié	25
Figure 22 : Programme utilisé	26
Figure 23 : Les supports certifiés	26
Figure 24 : Fil textile.....	27
Figure 25 : Fil certifié	27
Figure 26 : Bracelet.....	28
Figure 27 : (a) schéma bloc du système (b)Diagramme de fonctionnement du gant.....	29
Figure 28 : servomoteur tower pro mg996r.....	30
Figure 29 : Carte arduino UNO	30
Figure 30 : Pile au lithium	31
Figure 31 : Module HC-06.....	31
Figure 32 : Schéma de câblage du module Bluetooth.....	32

Figure 33 : RemoteXY	33
Figure 34 : test du circuit du dispositif	34
Figure 35 : Signaux servo	35
Figure 36 : Les signaux envoyés aux servomoteurs.....	36
Figure 37 : Organigramme de fonctionnement.....	36
Figure 38 : Conception finale.....	37
Figure 39: un modèle de carte arduino	42
Figure 40 : répartition de la carte arduino UNO.....	43
Figure 41 : Schéma bloc du microcontrôleur	44
Figure 42 : schéma électronique du circuit	45
Figure 43: Types de programmation arduino.....	45
Figure 44: Appairage Module Bluetooth	51
Figure 45: Positionnement du slider	51

Liste des tableaux :

Tableau N°1 : spécification du système.....	38
Tableau N°2 : Cout totale de réalisation	39

Résumé :

Ce projet permet de réaliser un gant intelligent. Ce gant aide les personnes ayant un accident cardiovasculaire pendant la phase de rééducation. Ce gant est réalisé sur la base d'un exosquelette manuel qui comprend en charge la rééducation à l'aide d'ensemble de servomoteurs. Ces derniers sont pilotés par une carte de traitement. Une application Android est utilisée afin de modifier certains paramètres de l'exosquelette suivant le cas de la personne effectuant la rééducation.

Mots clés : accident cardiovasculaire, gant intelligent, servomoteur, application Android

الملخص

هذا المشروع يسمح لنا بصنع قفاز ذكي. يساعد هذا القفاز الأشخاص الذين تعرضوا لسكتة دماغية أثناء مرحلة إعادة التأهيل. يتكون هذا القفاز من هيكل خارجي يدوي يتضمن دعم إعادة التأهيل باستخدام مجموعة من المحركات الموازية. يتم التحكم فيها بواسطة بطاقة معالجة. يستخدم تطبيق أندرويد لتعديل اعدادات معينة للهيكل الخارجي اعتماداً على حالة الشخص الذي يقوم بإعادة التأهيل.

الكلمات المفتاحية: حادث القلب والأوعية الدموية ، القفاز الذكي ، المحرك الموازر ، تطبيق اوندرويد

Abstract

This project allows the realization of a smart glove. This glove helps people with a cardiovascular accident during the rehabilitation phase. This glove is based on a manual exoskeleton which takes responsibility for rehabilitation using a set of servomotors. These servomotors are controlled by a treatment card. An Android application is used to modify some parameters of the exoskeleton according to the case of the person doing the rehabilitation.

Keywords: cardiovascular accident, smart glove, servomotor, Android application.

Introduction générale

La main est la seule forme d'indépendance et de mouvement et sa fonction est extrêmement importante pour un grand nombre de patients car elle est une composante essentielle de leur vie.

Les blessures et les symptômes sur les mains peuvent avoir de nombreuses causes. Os brisés, lésions nerveuses ou symptômes de douleur chronique. La suspension de la fonction de préhension, la motricité fine, la dextérité, l'agilité et la force et l'absence de douleur sont au centre du traitement de notre projet.

L'accident vasculaire cérébral est aujourd'hui l'une des principales causes d'invalidité dans les pays développés. Il nécessite une rééducation motrice, parfois longue et très coûteuse, pour permettre aux patients d'arriver à refaire les gestes simples de la vie quotidienne. Bien suivre les programmes d'exercices est crucial et ils se font la plupart du temps sous le contrôle d'un spécialiste. Pour augmenter le nombre de personnes susceptibles de bénéficier d'une rééducation optimale.[1]

Notre recherche vise à concevoir un gant intelligent qui traite le problème à moindre coût et sans effets secondaires. Notre recherche est basée sur une étude minutieuse et systématique pour éviter toute carence qui affecte les patients.

Nous avons réparti notre mémoire en quatre chapitres, comme suit :

- Chapitre I : Etat de l'art sur les gants intelligents
- Chapitre II : Anatomie de la main et mécanisme de fonctionnement du gant
- Chapitre III : Conception du dispositif
- Chapitre IV : Programmation du dispositif

CHAPITRE01

Etat de l'art sur les gants intelligents

1.1 Introduction

L'AVC est aujourd'hui l'une des principales causes d'invalidité dans les pays développés. Elle nécessite une rééducation motrice, parfois très longue et coûteuse, pour permettre aux patients de gérer les gestes simples de la vie quotidienne. Suivre correctement les programmes d'exercices est crucial et se fait la plupart du temps sous la supervision d'un spécialiste.

On peut dire que le bien le plus précieux de tout être humain est son corps. La paralysie de n'importe quelle partie du corps humain, en particulier la main, est une tâche difficile qui permet d'apprécier la complexité du corps humain. Pendant des siècles, des innovateurs ont tenté la rééducation motrice en utilisant des méthodes primitives basées sur le principe du pétrissage [1]. De nombreuses méthodes ont été découvertes après la Première Guerre mondiale en raison du grand nombre de victimes résultant de cette guerre, ce qui indique le souci des chercheurs à trouver des solutions. Jusqu'à récemment, la rééducation motrice progressait relativement lentement. Les méthodes primitives telles que l'exercice d'étirement de Bandol peuvent être considérées comme une simple méthode de compensation. L'histoire montre que pendant longtemps les appareils primitifs étaient des appareils passifs qui fournissaient peu de contrôle et de mouvement. [02]

Avec le temps, les matériaux se sont améliorés et les conceptions ont commencé à introduire des moyens de traitement modernes.

Cependant, ces derniers temps ont cédé la place à des progrès massifs dans les dispositifs prothétiques. Toutefois, les temps modernes ont cédé la place à des développements massifs de méthodes innovantes. L'accent n'est pas seulement mis sur les aspects physiques de l'appareil, mais également sur les systèmes de contrôle et de biofeedback. Lentement, nous approchons vers intégration interhumaine avancée de la machine et du corps. Peut-être qu'à l'avenir, les gants intelligents seront plus rapides, plus solides et peut-être plus sains que les anciens.

Au cours de ce chapitre, nous explorerons les gants intelligents dans le but de proposer par la suite un gant qui aide aux mieux à la fonction de mouvement de la main humaine.

Cette dernière a une importance capitale qui rendra meilleure une vie qui a tant besoin d'être vécue au mieux, un bébé dans les bras de sa mère, un athlète qui réalisera ses rêves, un combattant

qui a servi son pays, un enfant qui a envie de dessiner, et tant d'autres gens qui ont perdu goût à la vie par le manque d'un simple geste de tendre la main.

1.2 REEDUCATION

1.2.1 Définition un accident vasculaire cérébral (AVC)

Appelé « attaque », survient lorsque la circulation sanguine vers ou dans le cerveau est interrompue par un vaisseau sanguin bouché (AVC ischémique le plus fréquent) ou par un vaisseau sanguin rompu (AVC hémorragique), dans moins de 15% des cas. [3]

1.2.2 Principe de la rééducation

La rééducation est un ensemble de traitements non médicamenteux. Appliquée à la Rhumatologie, elle comprend : massages, physiothérapie, kinésithérapie, ergothérapie et appareillage. Outre les moyens thérapeutiques, elle peut aussi être définie par son objectif principal et la stratégie qu'elle sous-tend. Ainsi, elle vise à l'autonomisation des patients par une action ciblée sur les déterminants du handicap dont les déficiences et incapacités. [4]

1.2.2.1 Techniques antalgiques directes

Les techniques antalgiques directes ont pour objectif de diminuer la douleur. Elles comprennent les massages et la physiothérapie. Elles facilitent la réalisation d'exercices et d'activités à visée thérapeutique. [5]

A. Massothérapie

Les massages consistent en diverses techniques manuelles à base d'effleurage, de pétrissage, de frictions et de vibrations. Ils intéressent les plans superficiels et les différents composants ab-articulaires de la région traitée. Ils sont à proposer avec prudence, pour des raisons de tolérance, en cas de lésion ou de fragilité cutanée et de poussée articulaire douloureuse.[4]

B. Physiothérapie

La physiothérapie correspond à l'usage des agents physiques suivants : chaud, froid, laser, courants électriques et ultrasons. La thermothérapie comprenant le recours au chaud ou au froid en est l'élément le plus simple d'utilisation et le plus répandu. Le froid, à des températures inférieures ou égales à 0 °C, est un traitement antalgique recommandé en cas de douleur articulaire ou ab-articulaire. Les sources en sont divers dispositifs réfrigérés. Elles requièrent une exposition d'une quinzaine de minutes, indirecte – utilisation d'un

linge en interface afin d'éviter toute brûlure cutanée – et pluriquotidienne. Le chaud, entre 45 °C et 55 °C, est utile au dérouillage articulaire et au relâchement musculaire. Il est proposé hors poussée pour les articulations périphériques ainsi qu'au cours des rachialgies communes en phase aiguë. Les sources les plus utilisées sont l'eau, les boues, différents dispositifs préchauffés et les rayonnements infrarouges. La fangothérapie consiste en l'usage de boues, la parafangothérapie en l'usage de boues et paraffine.[5]

1.2.2.2 Kinésithérapie

Intéressante en phase douloureuse aiguë et face à un enraidissement articulaire. La kinésithérapie (littéralement « traitement par le mouvement ») est le principe actif essentiel de la rééducation en rhumatologie. Elle repose sur des techniques de mobilisation et postures, des exercices d'entretien et de renforcement musculaires, ainsi que sur des techniques de reprogrammation sensorimotrice. Pour les patients ambulatoires, n'entrant pas dans le cadre de procédures de prise en charge multidisciplinaires, elle est habituellement initiée lors d'une quinzaine de séances supervisées et prolongée par une auto rééducation pratiquée par l'intéressé, seul au domicile. Ces séances peuvent être réitérées de façon séquentielle après réévaluation clinique. Le prescripteur gardera à l'esprit lors de la définition de ses objectifs que la kinésithérapie ne vise aucunement la réalisation de performances athlétiques mais reste dans la perspective d'une optimisation fonctionnelle au cours des activités courantes. La kinésithérapie entre également dans la composition de programmes multidisciplinaires plus lourds, tels qu'ils sont proposés en milieu hospitalier et en centre de rééducation. La balnéothérapie, conjuguant les effets de la chaleur, d'une diminution des contraintes liées à la pesanteur et d'un renforcement de la stimulation proprioceptive, est une technique de rééducation. [6]

A/ Mobilisation

Les techniques de mobilisation sont des exercices dynamiques dont l'objectif est l'entretien ou l'amélioration de l'amplitude des mouvements. Ils sont pour cette raison dits à dominante articulaire. Il est important d'expliquer au malade qu'un secteur d'amplitude limité en raison de l'altération structurale d'une articulation ne peut au mieux qu'être préservé. Le gain d'amplitude ne se conçoit que par un travail d'étirement ou d'assouplissement sur les structures abarticulaires, lorsqu'elles sont impliquées : capsule, ligament, tendon, muscle. Sont distingués parmi ces techniques les mobilisations passives, les mobilisations actives et le contracter-relâcher. Ce dernier consiste à utiliser la phase d'inhibition musculaire suivant une contraction volontaire, pour l'étirement d'un muscle hypo-extensible.[5]

B/ Postures

Les postures sont des techniques statiques. Elles correspondent à des attitudes adoptées par un segment de membre ou par le rachis. Elles visent à s'opposer à une déformation ou à obtenir une position antalgique. Il peut s'agir de postures contre pesanteur, d'autoporteurs prises par le patient lui-même, ou de postures imposées, sous contraintes manuelles contrôlées par le kinésithérapeute. [5,6]

C/ Entretien et renforcement musculaires

L'entretien et le renforcement musculaires sont théoriquement réalisés sur un mode isométrique (contraction musculaire sans mouvement segmentaire), isotonique (contraction musculaire dynamique contre charge constante) ou isocinétique (contraction musculaire lors de mouvements de vitesse constante). L'intensité de l'effort demandé et sa durée permettent de distinguer le travail en résistance (intensité élevée et durée courte) du travail en endurance ou aérobie (intensité moins élevée et durée prolongée). Pour des raisons de tolérance, le choix se porte le plus souvent sur un travail isométrique sans charge imposée ou contrarié manuellement, ou sur un travail isotonique de faible intensité. L'effort sollicité est entrecoupé de phases de repos. Il apparaît logique d'orienter le travail vers le fonctionnement physiologique des muscles concernés, lors d'exercices concentriques (contraction lors du raccourcissement du muscle) ou excentriques (contraction lors de l'allongement). Ces exercices musculaires sont utilisés pour prévenir ou réduire faiblesse segmentaire, instabilité et amyotrophie, ainsi que pour s'opposer à d'éventuelles déformations. [7]

D/ Reprogrammation sensorimotrice

La technologie kinésithérapique utilisée en rhumatologie ne se résume pas à des techniques de mobilisation, de postures ou de sollicitation musculaire, c'est-à-dire à une kinésithérapie gymnique. Certaines techniques visent à induire une action motrice en réponse à une information sensitive, proprioceptive notamment. Elles peuvent être décomposées en un apprentissage en trois étapes : perception d'une position articulaire ou d'un mouvement censé déclencher une réaction musculaire ; acquisition du contrôle volontaire de la réponse motrice ; automatiser des séquences de perception et de réaction motrice. La mise en éveil des muscles stabilisateurs d'une articulation portante sur un plateau mobile en est un exemple.[8]

1.2.2.3 Appareillage

Les orthèses et les aides techniques sont des dispositifs externes fabriqués en série ou sur mesure. Leur confection est assurée par différents professionnels de santé formés à cet effet : orthoprothésistes, ergothérapeutes, kinésithérapeutes, podologues et médecins. Leur indication n'est pas systématique. Elles doivent être adaptées à chaque patient, au moment où elles sont envisagées de nouveau et au cours du temps.

Le petit appareillage correspond aux dispositifs médicaux fabriqués en série selon des tailles standardisées, ou confectionnés sans délai à titre provisoire. Le grand appareillage est réalisé sur mesure ou sur moulage en matériaux durables.[9]

De nos jours la rééducation se fait par des gants intelligents. Par la suite on présentera les différents types de gants intelligent.

1.3 Différents Types de gants intelligents

Il existe plusieurs catégories de gants intelligents. Ils sont généralement regroupés selon la façon dont le dispositif est contrôlé ; à titre illustratif on trouve :

En 2010, un troisième prototype avancé du CyberGlove a été créé, connu sous le nom de CyberGlove, illustré à la figure 1. Pour clarifier, ce modèle se compose de 22 capteurs piézorésistifs qui mesurent la flexion, l'extension, l'abduction et l'adduction des doigts qui sont utilisés pour la simulation virtuelle. [10]



Figure 01 CyberGlove

La figure 2 représente le Humanglove équipé de 20 capteurs à effet Hall qui mesure la flexion/extension et l'adduction/abduction des articulations des doigts [11]. Il est connu que ces appareils varient considérablement en termes de richesse des données (résolution et bande passante).



Figure 02 Humanglove

Wu et al. [12] ont présenté un mécanisme de gant sans contact basé sur l'induction électrostatique et les effets triboélectriques. Ils ont capturé directement les informations de déformation ou de pression des capteurs. Leurs résultats ont démontré une nouvelle approche pour la détection unidimensionnelle des mouvements et les gestes de base de la main.



Figure 03 Gant de linduction électrostatique

Un certain nombre de groupe de recherche, dont la NASA, ont créé des gants de données au début des années 1980 pour interagir avec le flux d'air simulé autour d'un avion [13]. Les recherches en cours de la NASA et partners (Ntention) propose un gant intelligent révolutionnaire illustré à la figure 3 pour l'exploration humaine vers Mars [11]. Leur appareil utilise une interface homme-machine (IHM) pour permettre aux humains à communiquer avec les machines en utilisant des mouvements de la main. Plus précisément, le gant est conçu pour contrôler les drones et autres robots avec de simples gestes de la main. Pour cette raison, le gant intelligent propose une bonne dextérité digitale pour le porteur [13]. De plus, les astronautes peuvent surveiller efficacement une variété des robots actifs, faire des activités de recherche et de découverte sur la Lune, Mars et d'autres destinations plus réussies et rentables [14]. Aucune information sur le type de capteurs n'est disponible.



Figure 04 Gant de données 5DT

Le gant de données 5DT illustré à la figure 4 a été conçu par Fifth Dimension Technologies et utilise 14 capteurs flexibles à fibre optique exclusifs placés dans un substrat textile. Le gant était conçu pour répondre aux exigences strictes des professionnels modernes de la capture de mouvement et de l'animation [15]. De plus, les capteurs sont placés sur le MCP, le PIP des doigts et l'IP, le MCP du pouce dans de petites poches en tissu. De plus, les mouvements d'abduction et d'adduction du pouce sont suivis entre chaque doigt à l'aide du même type de capteurs flexibles à fibres optiques placés sur le même substrat textile [16]. L'articulation CMC ou les articulations DIP ne sont pas surveillées [17]. Par conséquent, la capsule CMC relâchée permet un mouvement de rotation dans son plan unique, ce qui la rend difficile à surveiller, contrairement aux autres articulations de la main.

De nombreux gants de données ont été proposés jusqu'à présent en utilisant des IMU car ils sont petits, légers et sont l'un des capteurs les plus réalistes car ils peuvent enregistrer de manière fiable des changements subtils dans les mouvements des doigts [18]. Les gants de données commercialisés et de recherche récents ont été reconnus et examinés pour voir s'ils sont adaptés à la pratique clinique. O'Flynn et al. [19] ont mené des recherches approfondies sur les gants de données modernes tels que le 5DT (fibre optique) et leur gant propriétaire IMU (Smart Glove rev 2) [20] illustré à la figure 5.

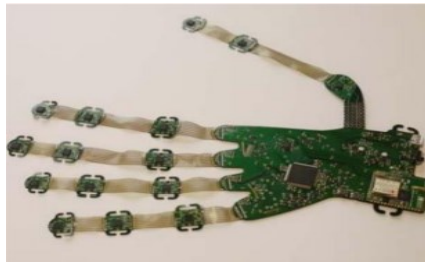


Figure 05 Gant IMU (Smart Glove rev 2)

Le gant intelligent IMU rev 2 a été développé en utilisant une combinaison de technologies pliables et légères. De plus, le gant comprend 16 IMU à 9 axes stratégiquement positionnés pour compenser le DOF de chaque articulation main-doigt. Pour évaluer l'orientation et les paramètres biomécaniques de chaque articulation, les IMU sont placées sur l'interconnexion extensible et sont situées sur la phalange de chaque segment du doigt.



Figure 06 Gant rev 3 Vor

De plus, la direction relative de chaque IMU est mesurée et utilisée pour produire un mouvement angulaire et de vitesse pendant l'exercice de flexion et d'extension de chaque articulation des doigts. Les gants intelligents rev 2 surveillent quantitativement la ROM de l'articulation des doigts, y compris la flexion, l'extension, l'adduction et l'abduction du MCP, du PIP et du DIP. De plus, les pouces CMC, MCP et IP sont surveillés ensemble lors de l'espacement de la bande pouce-index et des mouvements d'abduction palmaire [21, 16].

Enfin, le gant rev 3 VR est un dispositif similaire à celui de la figure 6, mais ne surveille pas le DIP des doigts ni le CMC du pouce [22]. Les deux gants intelligents Tyndall/UU ont le potentiel d'aider les cliniciens médicaux avec des mesures précises de la condition courante de perte de mobilité chez les patients atteints de PR [23].

Les résultats obtenus par O'Flynn et al. [19] ont révélé que le gant de données IMU avait des données répétables similaires à l'UG, mais avec la suppression des problèmes de fiabilité. Plusieurs études de Connolly [19], O'Flynn et al. [14, 17] Et Fuchun Sun [24] ont découvert que les IMU sont les technologies clés des dispositifs à fibre optique utilisés dans le gant 5DT. Similairement, Connolly [21] a constaté que le gant IMU avait une précision similaire au système de mouvement Vicon, tout en ne nécessitant aucun étalonnage et en ayant moins d'erreur globale que le gant de données 5DT. De plus, Wang et al. [25, 26] Les résultats indiquent que les IMU peuvent être utilisés pour surveiller et mesurer les ROM pendant la réadaptation. De plus, ils ont découvert que les gants à base d'IMU peuvent enregistrer avec précision la cinématique de la main, en plus ils sont légers et peuvent être facilement portés. Les gants de données sont généralement contrôlés par un microcontrôleur, qui peut traduire de nombreuses sorties de capteur en une forme reconnaissable d'informations pour surveiller la fonction de la main [27]. Les gants de données commercialisés ont un coût assez prohibitif par rapport à l'UG traditionnel [28]. Selon la technologie du capteur et le type de connexion entre le gant et l'ordinateur collectant les données, différentes technologies peuvent augmenter considérablement le coût global de l'appareil [29]. De plus, un gant avec une connectivité sans fil utilisant un module Bluetooth ou WIFI profiterait au porteur en lui permettant de se déplacer plus librement dans son domicile [29]. Alors que les gants de données disponibles dans le commerce sont assez avancés et peuvent

fournir un large éventail d'informations, ils peuvent ne pas être la meilleure solution lorsque seuls certains types d'informations sont requis dans la fonction manuelle [16]. La plupart des dispositifs susmentionnés contiennent des capteurs montés sur un support en tissu (textile) connu sous le nom de peau de gant [16]. Cependant, un inconvénient courant dans cette approche est un niveau de confort inférieur et une nature gênante du gant lorsque l'enfilage et le retrait du dispositif sont affectés ; elles peuvent gêner les mouvements de flexion/extension [13].

Des développements plus récents ont conduit à la création d'un gant intelligent qui examine la flexibilité et la limitation des articulations de la main d'un patient PR en mesurant les données angulaires et de vitesse [14]. L'équipe ActionSense [30] a créé le gant intelligent qui contient plusieurs capteurs de courbure flexible qui sont placés dans un substrat textile illustré à la figure 7. Leur gant clinique surveille les articulations MCP et PIP, bien que les articulations DIP des doigts, l'articulation CMC des pouces et les mouvements d'abduction et d'adduction entre les doigts ne sont pas surveillés. Par conséquent, ces mouvements sont importants pour bénéficier de la reconnaissance précoce de la PR [21, 31, 32,33].



Figure 07 Gant substrat textile

Un dispositif d'exosquelette de haute technologie qui s'adapte sur la main et le poignet du patient, illustré à la figure 8, a été développé par N'offert pour améliorer la neuroplasticité du patient et restaurer la fonction des survivants d'un AVC [34,35]. Le gant intelligent Rappel est un système de rééducation neurologique associé à un système d'activité numérique basé sur des données [29]. De plus, l'appareil intelligent mesure le mouvement des doigts du poignet et de l'avant-bras à l'aide d'une combinaison de capteurs de courbure et d'IMU [34,35]. Les détails sur le niveau de précision, les articulations des doigts mesurées et la résolution de l'appareil sont limités ou non disponibles. Même si l'appareil fonctionne comme un appareil de rééducation post-AVC, ses capacités d'aide au diagnostic des patients atteints de PR peuvent être sacrifiées en raison de la technique de surveillance des doigts par capteur.



Figure 08 d exosquelette de haute technologie

Un gant intelligent récemment commercialisé créé par StretchSense (MoCap Pro Super Splay) [36], illustré à la figure 9, fournit une solution pour l'animation de films et de jeux [37]. La deuxième génération de gants MoCap Pro comprend un capteur d'évasement (capacité variable) avec trois zones de détection pour capturer la courbure de chaque articulation MCP et PIP ainsi que l'évasement latéral ou la propagation des doigts de chaque doigt. De plus, les articulations IP, MCP du pouce et les mouvements d'abduction et d'adduction sont surveillés à l'aide du même capteur 3 en 1, tous positionnés dans un substrat textile [36].



Figure 09 MoCap Pro Super Splay

Enfin, un autre gant commercialisé récemment (Manus Prime II Xsens) illustré à la figure 10 permet le suivi des doigts [38]. Le dispositif prend en charge 11 DOF pour un suivi complet de la propagation des doigts garantissant les mouvements moteurs les plus fins. Les Manus cherchent à allier la robustesse et la précision. Par conséquent, tous leurs gants de la série Prime II contiennent des capteurs flexibles de qualité industrielle placés sur deux articulations de chaque doigt [39]. De plus, leur appareil Prime II Xsens contient des IMU pour assurer un mouvement fin des doigts. La dérive de l'IMU est évitée grâce à leurs filtres automatisés récemment introduits, améliorés par les points de référence de puissants capteurs flexibles. Cela permet un calcul détaillé de la propagation des doigts sans perte de cohérence continue pendant les performances en direct. Leurs gants sont insensibles aux interférences magnétiques.



Figure 10 Manus Prime II Xsens

Modèles disponibles sur le marché

Il existe plusieurs types et modèles de gant de rééducation intelligent, qui sont tous commerciaux et disponibles sur le marché, mais leur principe de fonctionnement est différent du principe de fonctionnement du gant que nous avons conçu.

A. ZZBB Gants de Robot de Rééducation

Fonction Pneumatique de la Main Robot de Réadaptation Miroir Gant Course Hémiplégie Poignée de Main. [46]

Matériel: Pneumatique comme force motrice, saisie automatique des doigts, l'extension est un dispositif de traitement de rééducation pour les symptômes tels que les spasmes des doigts et la paralysie.

Le problème avec un système de préhension prédéfini est que l'utilisateur ne peut pas contrôler finement les positions des doigts pour saisir un objet spécifique ou accomplir une tâche. Au lieu de cela, un utilisateur



Figure 15 : ZZBB Gants

doit choisir un modèle de préhension qui convient le mieux au travail en cours et ensuite activer ce modèle de préhension et il est coûteux et comporte de nombreuses fournitures et composants, il est très compliqué en cas de maintenance.

B. REAQR Doigt de périphérique

Équipement d'entraînement Anti-spasticité Attelle de boule à la main la Gêne fonctionnelle doigt Orthèse Main Boule d'exercice de rééducation doigts Hémiparésie.

Le problème : Mauvaise qualité des scratches et les entendeurs sont trop dur. Ne peut pas les utiliser et ne peut pas garder le poing. [47]



Figure 16: REAQR Doigt de périphérique

C. Appareil réglable d'entraînement du poignet et des doigts Orthèse

Pour la rééducation de la main et des doigts Pour les victimes d'attaques, d'hémiparésie, de tendinites Pour côtés gauche et droit

Le problème : n'est pas adapté. Retour et remboursement immédiats et cher et inconfortable Accompagné de beaucoup de douleur. [48]



Figure 17 : Appareil réglable d'entraînement du poignet et des doigts Orthèse

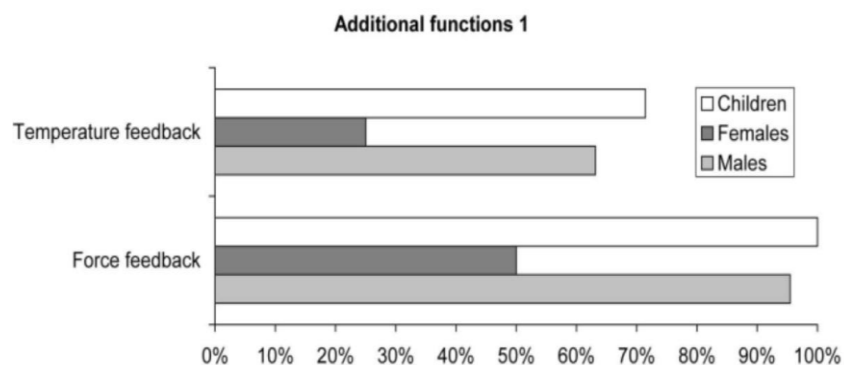
D. Rétroaction sensorielle

Le principal problème avec de nombreux gants intelligents est le manque de retour des utilisateurs à leur sujet. Le sens du toucher est un mécanisme de rétroaction naturel qui permet à une personne de faire des ajustements physiques à la fois consciemment et inconsciemment.

Sans rétroaction, l'utilisateur doit se fier entièrement à sa vision pour déterminer la position et la résistance du gant intelligent. Les résultats de l'enquête montrent que presque tous les utilisateurs de gants intelligents veulent une forme de rétroaction sensorielle moderne [49].

Les gants intelligents modernes peuvent fournir une rétroaction en stimulant les sens dans des parties spécifiques de la main. Les actionneurs offrent une alternative sensorielle primitive.

La majorité des utilisateurs de gants intelligents ont trouvé ces formes de commentaires utiles.



3. Percentage of individuals that wanted force feedback or temperature feedback in a prosthetic hand.

Figure 18: Résultat du QCM à propos des gants intelligent aux utilisateurs de ces premiers

En conclusion, plusieurs technologies ont été proposées pour surveiller la main au fil des ans pour l'IHM et dans les pratiques cliniques. Ils ont été créés dans l'espoir de générer des mesures de données en temps réel précises et fiables. De plus, ils fournissent des procédures de diagnostic plus efficaces, tout en apportant des activités d'auto-surveillance efficaces au domicile du patient. Ces technologies montrent un potentiel pour le diagnostic et la réhabilitation des conditions neurologiques, puisque les gestes et les mouvements sont observés en conséquence. De telles fonctions de la main peuvent être détectées sur la base des technologies analogiques et numériques, chacune avec ses propres faiblesses et forces.

1.4 Problématique

La main est un organe important du corps humain en raison de la multiplicité de ses fonctions. Tout défaut au niveau de son mécanisme de fonctionnement entraîne des problèmes qui affectent négativement toutes les fonctions du corps.

Les problèmes les plus importants qui provoquent une obstruction du mouvement de la main dans l'ensemble ou en partie sont causés par un accident vasculaire cérébral, des rhumatismes, une friction des vertèbres, une lésion des nerfs moteurs et une lésion musculaire.

L'accident vasculaire cérébral est aujourd'hui l'une des principales causes d'invalidité dans les pays. Il nécessite une rééducation motrice, parfois longue et très coûteuse, pour permettre aux patients d'arriver à refaire les gestes simples de la vie quotidienne. Bien suivre les programmes d'exercices est crucial et ils se font la plupart du temps sous le contrôle d'un spécialiste. Pour augmenter le nombre de personnes susceptibles de bénéficier d'une rééducation optimale, nous allons réaliser un nouveau gant intelligent.

Pour produire un gant intelligent fonctionnel, de nombreux défis de conception et de fabrication doivent être surmontés. Le défi de ce projet de mémoire est de développer un gant d'une complexité et d'une qualité raisonnable qui puisse être utilisé pour la recherche dans le domaine de la rééducation motrice. Il est important pour le lecteur de noter que notre futur travail couvrira plusieurs domaines différents de l'ingénierie et de l'électronique. Une discussion appropriée sera consacrée à chaque domaine et nous viserons à relier tous les domaines en un système unique, robuste et fonctionnel.

Voici les principaux points qui seront abordés tout au long de ce mémoire :

Conception physique

La complexité des systèmes mécaniques et électriques détermine à quel point le dispositif imite le main humaine et la quantité de dextérité qu'il est capable d'offrir. Le design visera à être aussi avancé que possible.

Schéma de contrôle

Idéalement, nous souhaiterions que le dispositif soit aussi facile et naturel à contrôler que possible. Si l'utilisateur s'efforce d'effectuer les tâches les plus élémentaires, le gant n'est probablement pas bénéfique dans la pratique.

Praticité

L'objectif visé est que le dispositif soit utile à un malade ayant un handicap. Que ce dispositif soit utilisé ou non dans l'incertitude, l'objectif est de développer un gant dont les personnes ayant des paralysies ou ayant un déficit moteur au niveau de la main puissent l'utiliser avec facilité et souplesse.

Abordable

Nous viserons à maintenir le coût matériel de l'appareil aussi bas que possible. Les gants commerciaux modernes coûtent généralement entre 23000 DA et 46000 DA. Le coût du dispositif à réaliser devrait être moins de 23000DA.

Chacun de ces défis, en particulier le système de conception physique et de contrôle sera discuté en profondeur tout au long de ce mémoire.

1.5 Conclusion

Nous avons évoqué dans ce chapitre des généralités sur la main et les gants intelligents, en tenant compte du système anatomique et les différentes pathologies pouvant affecter la main. Le chapitre suivant est consacré à l'analyse documentaire.

CHAPITRE02

Anatomie de la main et prototype du gant

2.1 Introduction

Les services de réadaptation sont offerts aux patients qui ont perdu la capacité d'effectuer leurs tâches quotidiennes normalement, ce qui est souvent causé par des blessures, des accidents vasculaires cérébraux, des infections, des tumeurs, des interventions chirurgicales ou des troubles évolutifs comme l'arthrite. Le besoin de réadaptation comprend tous les groupes d'âge.

De nombreux chercheurs étudient ce sujet, combinant divers domaines des sciences de l'ingénieur avec le monde de la médecine. Cela a permis de répondre aux besoins des personnes handicapées et d'améliorer les capacités humaines. Aujourd'hui seul l'enjeu économique et moral peut freiner son développement.

De ce fait, nos recherches et analyses se sont basés en premier lieu sur la physiologie et l'anatomie de la main humaine afin de mieux comprendre son fonctionnement.

2.2 Physiologie La main humaine

La main humaine se compose d'au moins 27 os (selon l'individu) [40], plus de 30 muscles individuels [41] et plus de 100 ligaments, nerfs et artères nommés [42].

Le gant intelligent vise à reproduire les fonctions du corps humain et à restaurer les fonctions vitales des personnes atteintes de paralysie de la main. Aucun gant intelligent actuel ne peut égaler la dextérité, la souplesse et la fluidité de la rééducation motrice de la main humaine en peu de temps [43] (Voir Figure 11). Les doigts humains contiennent 3 articulations, distales, intermédiaires et proximales.

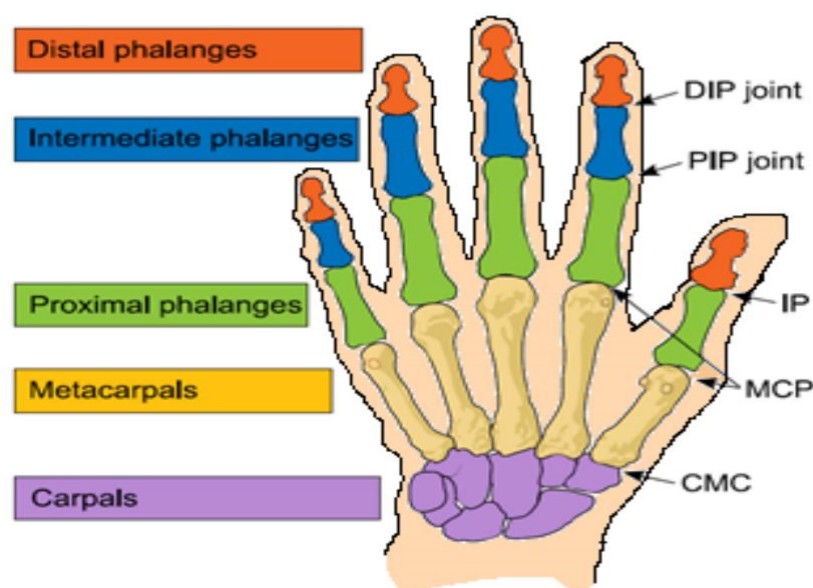


Figure 11 : Os majeurs dans la main humaine

CHAPITRE02: Anatomie de la main et mécanisme de fonctionnement du gant

Avant de poursuivre la discussion, expliquons brièvement la signification d'un degré de liberté (DOF).

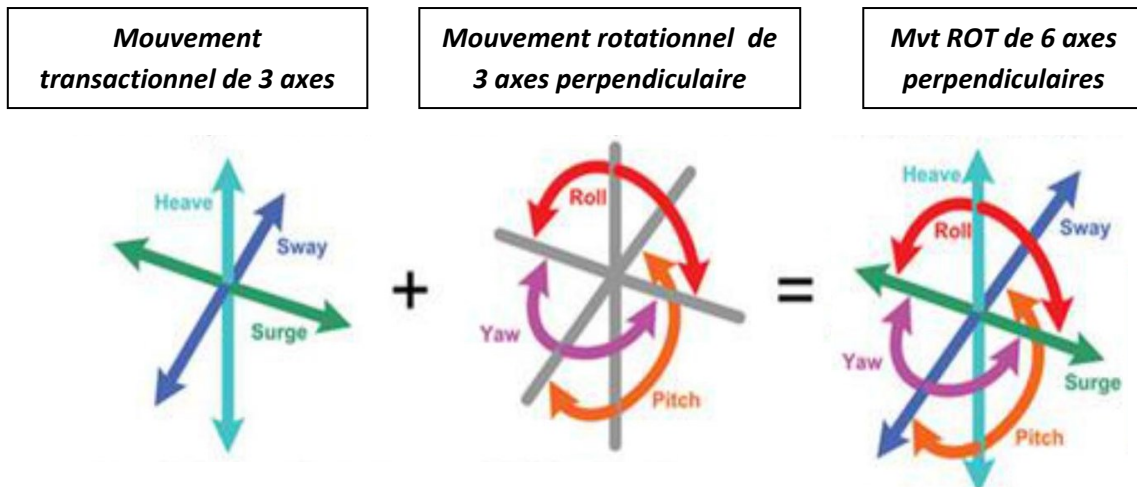


Figure 12 : Degré de liberté en un seul point (ben nelson 2013)

En regardant l'image ci-dessus (Voir figure N°6), imaginez un point dans l'espace. À partir de ce point, nous pouvons translater (déplacer) le long de 3 axes différents, c'est-à-dire que nous pouvons avancer / reculer, monter / descendre et gauche et droite. Au même point, nous pouvons également tourner autour de 3 axes différents. Le cou humain par exemple à 3 degrés de liberté de rotation - nous pouvons regarder à gauche / droite, haut / bas et incliner la tête sur le côté. Donc au total un seul point peut avoir un maximum de 6 degrés de liberté (3 translationnels, 3 rotationnels).

Le doigt humain totalise 4 degrés de liberté [44]. Trois d'entre eux sont les rotations de chaque articulation (DIP, PIP, MCP) qui se combinent pour contrôler la flexion et l'extension du doigt. La jointure (articulation MCP) permet également l'abduction / adduction (remuant le doigt d'un côté à l'autre).

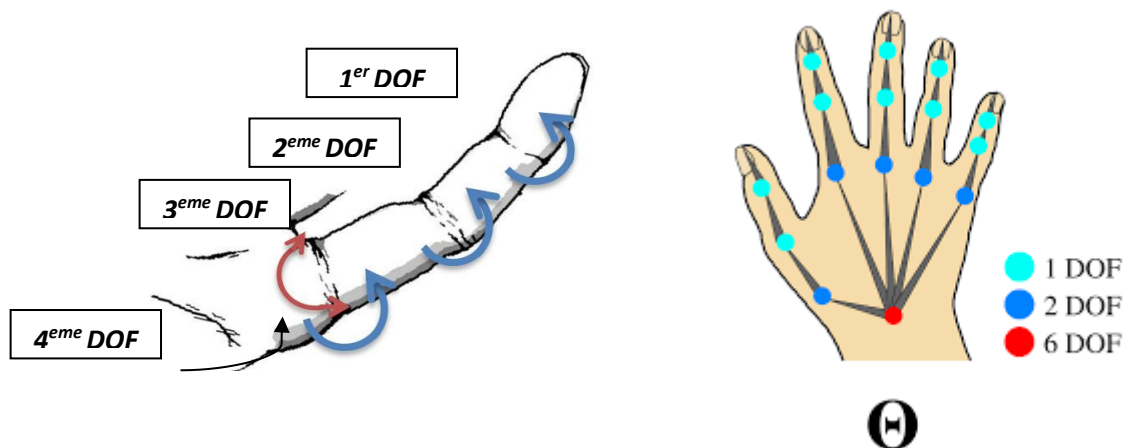


Figure 13 : représentation des degrés de liberté dans la main humaine

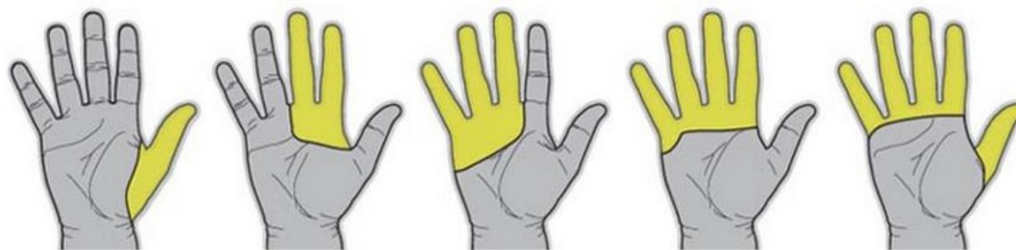


Figure 14 : Les degrés de liberté dans la main humaine

Dans le pouce, l'articulation CMC inférieure permet également l'abduction / adduction - ce qui donne 5 DOF dans le pouce [45].

Les doigts et toutes les articulations du corps humain sont actionnés par la contraction des muscles et des tendons.

Sur la base de cette étude on va réaliser notre dispositif électronique réalisant au maximum les mouvements des doigts au niveau d'une main.

L'ingéniosité résulte des nombreux degrés de liberté humaine. Le contrôle moteur précis qu'une personne a dans les articulations des doigts individuels lui permet d'effectuer un large éventail de tâches complexes. En revanche, le gant intelligent commercial est limité à des tâches simples en partie à cause du manque de contrôle précis des doigts. Par exemple, essayer de tricoter, de coudre ou de jouer d'un instrument de musique comme la guitare serait très difficile.

Un autre point de conception important dans le gant intelligent commercial est la durabilité. L'utilisateur moyen porte le gant pendant une bonne période. Par conséquent, il doit être durable, léger et emballé dans un système fermé pouvant être attaché à un doigt paralysé. La complexité mécanique détermine les degrés de liberté dans un système ; Cependant, il y a généralement un compromis car une complexité accrue peut entraîner une augmentation de la taille de l'appareil et également réduire la durabilité.

2.3 Explication du mécanisme de fonctionnement du gant

Notre projet n'est pas le premier projet à aborder le problème des mains paralysées. Nous avons été précédés par plusieurs projets, dont certains sont commerciaux jusqu'à présent, mais notre projet se caractérise par la simplicité par opposition à la complexité, la facilité d'utilisation et le faible coût. Avec cette explication, nous cherchons à surpasser le prix élevé, la complexité de fabrication, améliorer la qualité et fournir des gants avec des techniques qui permettent plus de confort sans effets secondaires en peu de temps.

CHAPITRE02: Anatomie de la main et mécanisme de fonctionnement du gant

Notre projet basé principalement sur un gant fait d'un matériau adapté à la peau des personnes souffrant de peau sensible. Afin qu'il ne provoque pas de transpiration ni de démangeaisons. Quant à sa taille, nous avons adopté qu'il a un certain allongement qui convient à différentes tailles et poids pour de nombreux groupes d'âge.

Les supports sont fixés au niveau de la surface extérieure du gant, de sorte que le nombre de supports est proportionnel au nombre d'articulations des doigts. Ces supports permettent de déterminer l'angle de courbure de chaque doigt, car ils sont couplés à chaque articulation de deux appuis.

Un fil en plastique à haute résistance traverse ces supports, qui jouent le rôle du tendon en termes d'adhérence et d'extension. Il est responsable de la modification de l'angle des supports, ce qui fait que les doigts de la main se plient et s'allongent pour attacher les soutient.

Les tendons sont assemblés par un bracelet attaché au poignet du gant, et son but est de protéger les tendons des dommages et des frottements les unes avec les autres, afin que chaque tendon ait un chemin spécifique que ce bracelet lui permet.

Les moteurs tournent selon des instructions spécifiques fournies par l'appareil Arduino grâce à une programmation spécifique adaptée à la position du patient en termes de nombre de doigts à déplacer et d'angle spécifique de rotation de ces doigts. Chaque moteur est responsable du mouvement d'un doigt. Les moteurs sont fixés à l'écart du gant dans un boîtier pour faciliter l'utilisation du gant.

Pour rendre se gant plus intelligent nous avons accompagné notre dispositif d'une application sur smartphone pour aider et faciliter l'utilisation.

2.4 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons abordés un résumé de l'anatomie de la main humaine et des définitions sur ces degrés de libertés. Aussi les mécanismes de fonctionnement du gant. Ces définitions sont nécessaires par la suite pour la réalisation de notre gant à savoir la forme et la matière. Tout ceci sera détaillé dans le prochain chapitre.

Chapitre 3
Conception du dispositif

3.1 Introduction:

Le gant intelligent est l'un des dispositifs médicaux rares dans notre pays et il est complètement différent des autres gants commerciaux. Il sera réalisé sur la base de l'anatomie de la main et son fonctionnement.

Ce gant intelligent exécute la commande reçus à partir d'une application Android pour activer un mécanisme.

Le gant intelligent est équipé de piles, d'un microprocesseur, d'un appareil Bluetooth, d'un moteur et d'un circuit de contrôle ; Puis ce dernier entraîne les doigts pour faire travailler la main au mieux.

Le microprocesseur fait partie intégrante de la carte Arduino, il exécute les instructions et traite les données du programme. De plus, les moteurs définissent la zone du cerveau qui contrôle et planifie tous les mouvements volontaires du corps humain.

Grâce à ce gant, le paralysé aura une seconde chance de contrôler la main et de mieux adapter l'équilibre perdu.

3.2 Conception mécanique

Pour créer un gant intelligent utile, il est essentiel de disposer d'un système mécanique bien conçu qui simule au mieux les fonctions de la main humaine. La conception mécanique comprend, entre autres, le fonctionnement des moteurs du système. La conception de certaines parties du gant décrites dans cette section peut être réalisée à l'aide d'une imprimante 3D et d'outils de base pour une conception plus confortable et proportionnelle.

3.2.1 Gant certifié

Le domaine des gants intelligents est intéressant car il traite de l'ergonomie paralytique du gant telle que l'attachement physique au corps et le retour sensoriel. L'ergonomie de l'interaction entre le gant intelligent d'une personne et d'autres personnes doit également être prise en compte. Le gant intelligent parfait est physiquement confortable à porter, facile à contrôler et naturel.

De grandes dimensions de main masculine ont été utilisées pour les proportions de la conception. L'objectif global de la conception des gants est d'obtenir des formes et des tailles qui correspondent à la morphologie féminine moyenne. Il est beaucoup plus facile de redimensionner le design que de le réduire pour s'adapter à une personne plus petite.

L'évolutivité a été prise en compte tout au long du processus de conception.

Avant de choisir le dernier prototype du gant, nous avons effectué plusieurs tests pour arriver à ce prototype. Nous avons testé le type de tissu pour convenir aux personnes souffrant d'allergies et de transpiration. La taille appropriée a également été testée pour être disponible pour plusieurs différentes tailles. Ce modèle a également été sélectionné en fonction des supports spéciaux. Avec des tendons en termes de facilité d'installation.



Figure 20 : Prototypes



Figure 21 : Gant certifié

3.2.2 Les supports

Les supports sont le pilier principal sur lequel les tendons sont fixés pour le processus de flexion et d'allongement des doigts. Il y a 7 supports sur chaque doigt, 4 sur la face avant et 3 sur la face arrière selon le nombre d'articulations dans les doigts. Il y a aussi 10 supports dont 5 au niveau de la paume de la main et 5 du côté opposé .

Les supports doivent être de nature plastique pour faciliter la fixation sur le gant, ils doivent être solides pour résister aux frottements répétés des supports.

La longueur des supports varie selon la division des articulations. Quant aux les supports sur la paume de la main et le côté opposé, ils ont la même longueur selon la dynamique de la main.

Dans notre projet, nous nous sommes appuyés sur la conception des supports en utilisant le programme Ultimaker Cura et en l'imprimant avec une imprimante 3D. En raison des petits supports qui correspondent à la conception, nous ne pouvions pas les imprimer en raison de leur petite taille, nous avons donc utilisé les alternatives disponibles sur le marché qui étaient suffisants pour l'objectif.

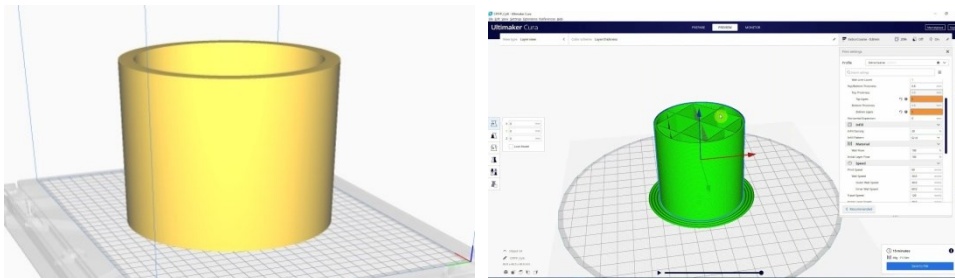


Figure 22 : Programme utilisé



Figure 23 : Les supports certifiés

3.2.3 Les tendons

Après vérification de plusieurs modes opératoires du gant, une conception de tendon artificiel a été retenue. Les tendons artificiels sont un moyen viable de bouger les doigts. Les tendons peuvent être n'importe quelle ligne à haute résistance qui ne s'étire pas lorsqu'elle est étirée. Ces lignes sont reliées aux doigts par les supports et sont tendues par les moteurs. En étirant les tendons, les doigts s'ouvrent et se ferment.

Nous avons mené de nombreuses études et expérimentations pour sélectionner un fil de haute qualité qui imite dans une proportion importante le travail du tendon naturel. Nous sommes passés par plusieurs solutions, dont la première reposait sur un fil de tissu épais, et l'un des négatifs c'est sa grande épaisseur, qui provoquait des frottements avec les supports. Ainsi que les frottements avec la surface du gant du fait qu'il est fait d'un tissu rugueux. Par la suite nous avons essayé d'utiliser le fil certifié.



Figure 24 : Fil textile

3.2.4 Fil certifié

Dans notre projet, nous nous sommes appuyés sur un fil en plastique, ce qui était pratique en termes d'absence de frottement et de facilité de glissement sur les supports, en plus de sa durabilité par rapport au fils en tissus.

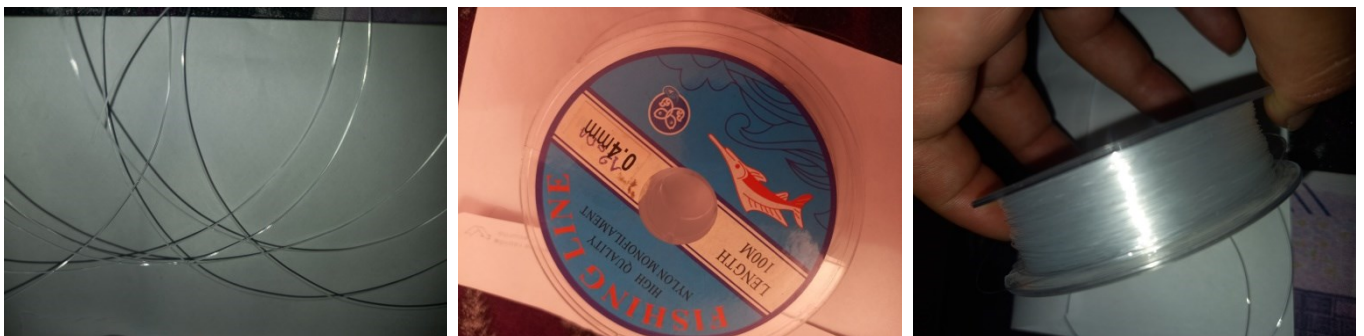


Figure 25 : Fil certifié

3.2.5 Bracelet

C'est un anneau avec de petits trous à travers lesquels passent les cordes afin de faciliter le processus de serrage et de tirage des cordes. Nous avons calculé les dimensions du poignet d'une personne de poids moyen.

Nous avons conçu le bracelet selon le programme Ultimaker Cura et l'avons imprimé avec une imprimante 3D.

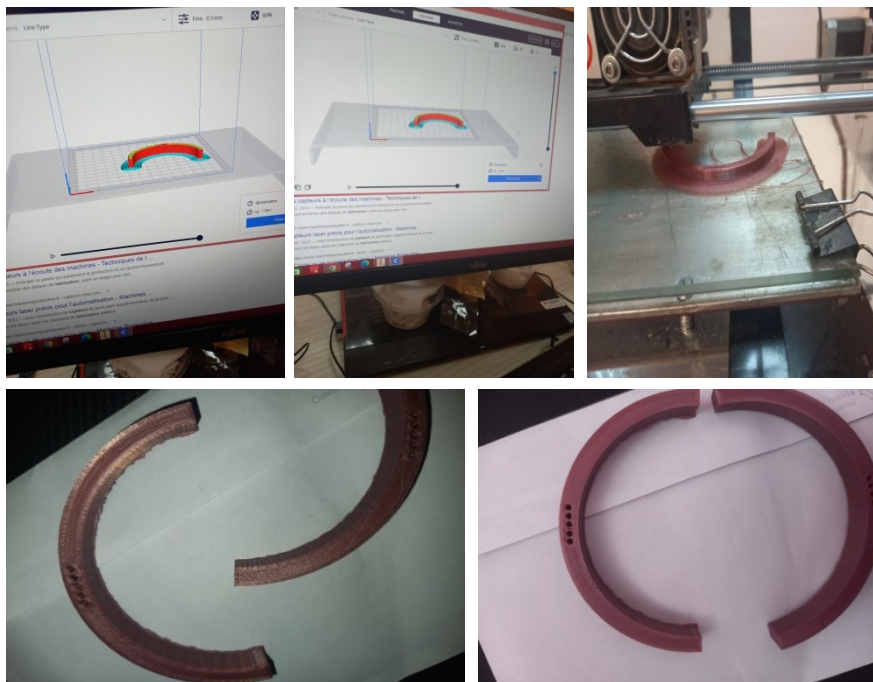


Figure 26 : Bracelet

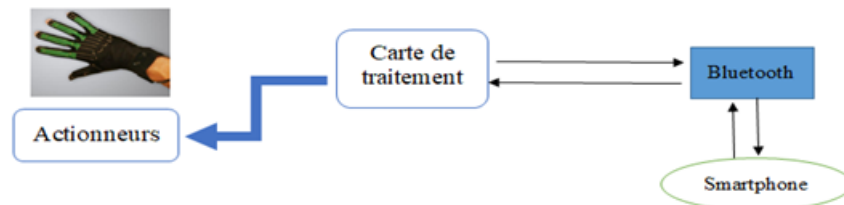
L'assemblage du système se révèle très difficile et nécessite l'utilisation de plusieurs outils. Enfiler les lignes tendineuses à travers leurs trous de guidage, tendre les tendons et régler les mouvements du servo par rapport au doigt demande une précision et patience.

3.3 Conception électronique

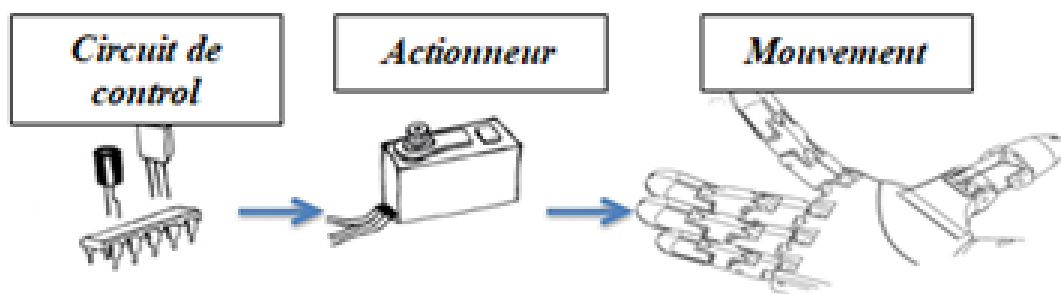
La deuxième partie de notre réalisation est la conception électronique. Pour la réalisation de cette partie on s'est basé sur le schéma bloc suivant.

Le schéma bloc de la figure 27 (a) constitue le schéma bloc total du dispositif incluant la communication avec le smartphone. Celui de la figure 27 (b) explique la partie actionnement responsable du mouvement des doigts.

Ce circuit est basé principalement sur des servomoteurs qui vont tirer des fils pour contracter ou desserrer les doigts suivant les instructions provenant de l'application Android.



(a)



(b)

Figure 27 : (a) schéma bloc du système (b) Diagramme de fonctionnement du gant

3.3.1 Actionnement

Comme indiqué précédemment, les servomoteurs utilisés dans ce système sont des servomoteurs standards. Ces moteurs peuvent être commandés pour tourner à des positions angulaires jusqu'à ± 90 degrés du repos.

Puisque les tendons artificiels (fil) se déplacent peu pour ouvrir et fermer chaque doigt, la précision angulaire de chaque servo affecte quelque peu la précision avec laquelle les doigts peuvent être contrôlés. Des servomoteurs relativement peu coûteux ont été utilisés dans ce système pour maintenir un coût bas. L'utilisation de servos de meilleure qualité augmente la force et la précision sur l'attirement des doigts, mais coûterait beaucoup plus cher.



Figure 28 : servomoteur tower pro mg996r

3.3.2 Microprocesseur

Une carte arduino UNO de la série Atmel a été utilisé comme unité de traitement pour ce système. Cette famille de processeurs a des limites sur la puissance de calcul mais est plus que suffisante pour cette conception. Afin de programmer le périphérique, la carte Arduino se connecte au circuit du micro-ordinateur qui transmet les données via une connexion USB au microprocesseur de la carte afin d'actionner les servomoteurs.



Figure 29 : Carte arduino UNO

3.3.3 Alimentation

Il est important que ce système soit portable et entièrement pris en charge par des sources internes. L'utilisation d'une source d'alimentation murale convient aux tests et au débogage, mais le gant doit être alimenté par une source que le patient peut facilement transporter.

Les servomoteurs utilisent une grande quantité de courant pendant le fonctionnement. Les piles normales ne seront pas une bonne solution car les servomoteurs consomment beaucoup de courant et ceci implique une décharge rapide des piles, donc il faudra les remplacer souvent. La solution optimale est l'utilisation des batteries au lithium polymère (LiPo) qui offrent une haute densité d'énergie et sont rechargeables.

Il y a un compromis entre la durée de vie de la batterie et la taille de la batterie. Idéalement, on aimerait que le gant puisse être utilisé plusieurs heures sans avoir à le recharger.



Figure 30 : Pile au lithium

3.3.4 Bluetooth le module HC-06

La communication entre la carte Arduino et le Smartphone est faite par liaison Bluetooth en utilisant un module HC-06 (esclave). Cela vous permet de connecter la carte Arduino à un autre système (Smartphone, ordinateur ou un autre microcontrôleur) afin d'envoyer et de recevoir des données. La communication par Bluetooth permet, par exemple, de piloter le gant via une application Smartphone. [50]

3.3.4.1 Présentation du module HC-06

Le module Bluetooth HC-06 présente 4 broches pour permettre d'établir la connexion série.

- VCC broche d'alimentation. Typiquement connectée à la broche 5V de l'Arduino.
- GND masse. Typiquement connectée à la broche GND de l'Arduino
- RX broche de réception. Typiquement connecté à la broche de transmission (TX) de l'Arduino
- TX broche de transmission. Typiquement connecté à la broche de réception (RX) de l'Arduino



Figure 31 : Module HC-06

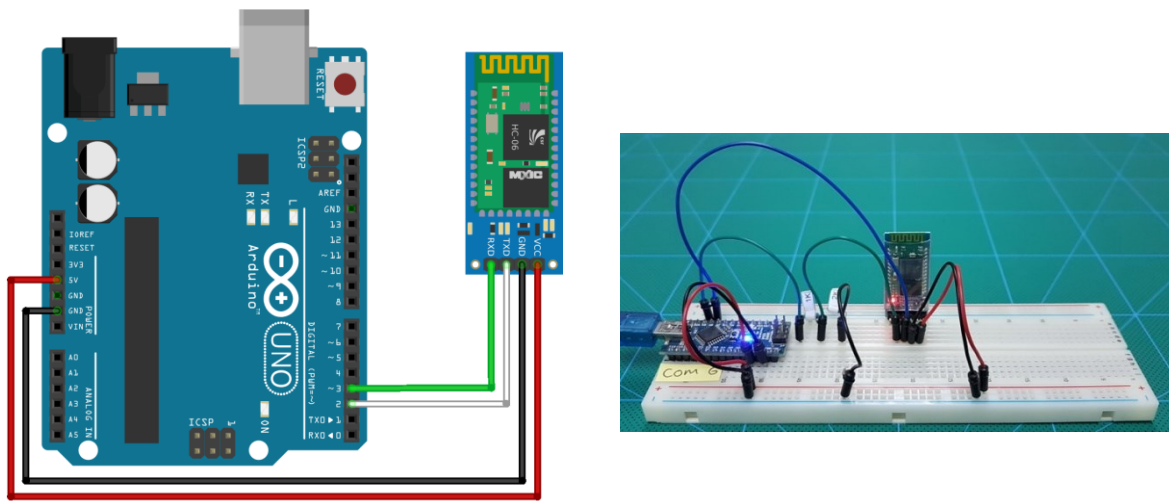


Figure 32 : Schéma de câblage du module Bluetooth

3.3.4.2 Appairage

Une fois la configuration du module effectuée, on passe à l'association du module HC-06 avec le système de votre choix comme n'importe quel périphérique Bluetooth. Sélectionnez le nom dans la liste des périphériques détectés (par défaut: HC-06) et entrez le code PIN que vous avez choisi (par défaut: 1234). Lorsque cela est fait, la LED présente sur le module doit cesser de clignoter. [51].

Le module Bluetooth est utilisé principalement pour faire fonctionner le gant à travers une application appelée (RemoteXY).

3.3.4.3 RemoteXY

RemoteXY est un package gratuit qui permet aux utilisateurs non programmeurs de générer des interfaces utilisateur pour les projets Arduino. RemoteXY s'intègre de manière transparente à diverses cartes Arduino et méthodes de communication, telles que Wi-Fi, Bluetooth et Ethernet, et comprend deux composants principaux.

Le premier composant est une interface Web, dans laquelle l'interface utilisateur est conçue en utilisant un environnement convivial de glisser-déposer pour créer des boutons et des commutateurs, entre autres contrôles. Le second est un code, qui doit être téléchargé sur le microcontrôleur. En fait, c'est le code qui génère l'application sur l'appareil mobile.



Figure 33 : RemoteXY

Voici les différentes étapes afin de créer une application avec RemoteXY :

Étape 1 : Créer une interface utilisateur sur le site Web

Divers éléments de conception sont disponibles, notamment des éléments de contrôle (tels que des boutons et des curseurs) et des éléments de rétroaction (tels que des voyants, des graphiques, etc.). La construction d'une interface se fait simplement en faisant glisser des éléments dans l'écran. Il convient de noter que la version gratuite de RemoteXY n'autorise que cinq éléments dans l'interface utilisateur, alors gardez cela à l'esprit lors de la conception. [52]

Étape 2 : Configurer la méthode de communication

Ensuite, vous sélectionnez visuellement le tableau et la méthode de communication pour le projet. RemoteXY prend en charge divers microcontrôleurs et méthodes de communication. [53]

Étape 3 : générer le code source et le copier dans l'IDE Arduino

La génération du code source se fait d'un simple clic de bouton. La bibliothèque RemoteXY doit être installée dans l'environnement de développement intégré (IDE) Arduino afin d'utiliser le code source généré. Après avoir généré le code source, il peut ensuite être copié dans l'IDE Arduino. [54]

Étape 4 : Téléchargez l'application RemoteXY et connectez-vous à l'Arduino

Après avoir téléchargé l'application sur votre appareil mobile, une connexion doit être établie avec l'Arduino via Wi-Fi, Bluetooth ou une autre méthode. L'interface utilisateur conçue à l'étape 1 doit apparaître sur l'appareil mobile. À partir de ce moment, il peut être utilisé pour contrôler la carte Arduino comme prévu. [55]

3.4 Réalisation du circuit

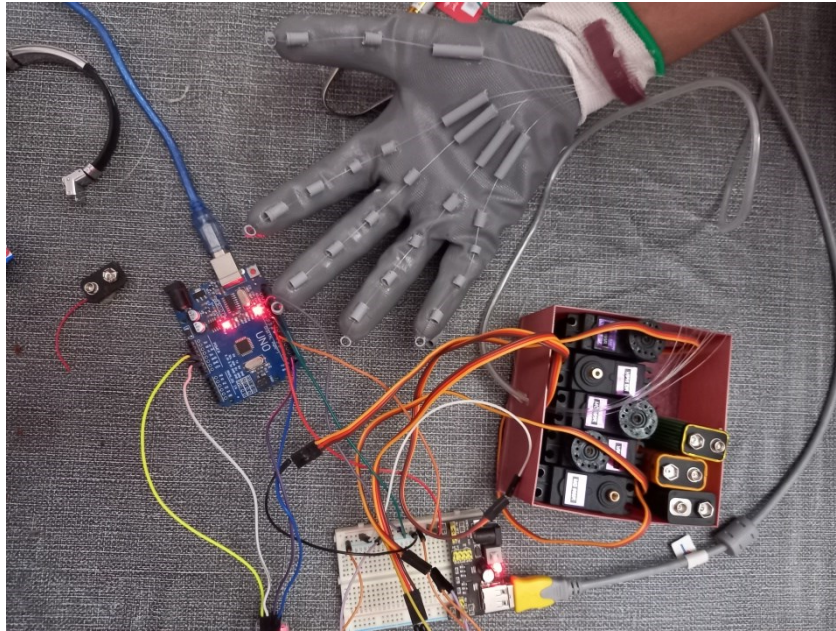


Figure 34 : test du circuit du dispositif

3.5 Implémentation du programme

3.5.1 Programmation

Un microcontrôleur PIC comprend uniquement son propre langage d'assemblage spécifique. Afin de programmer le code du logiciel du microcontrôleur doit être écrit en langage Micro C.

Le codage dans le langage C standard est généralement beaucoup plus facile et rapide. Micro C'est l'environnement de développement fourni par Microchip. Les microprocesseurs sont programmés via une connexion USB.

3.5.2 Signaux servo

Un signal modulé en largeur d'impulsion est utilisé pour commander les servomoteurs. Toutes les 20 ms, une impulsion entre 1 ms et 2 ms est envoyée du microcontrôleur PIC au circuit de contrôle interne du servo.

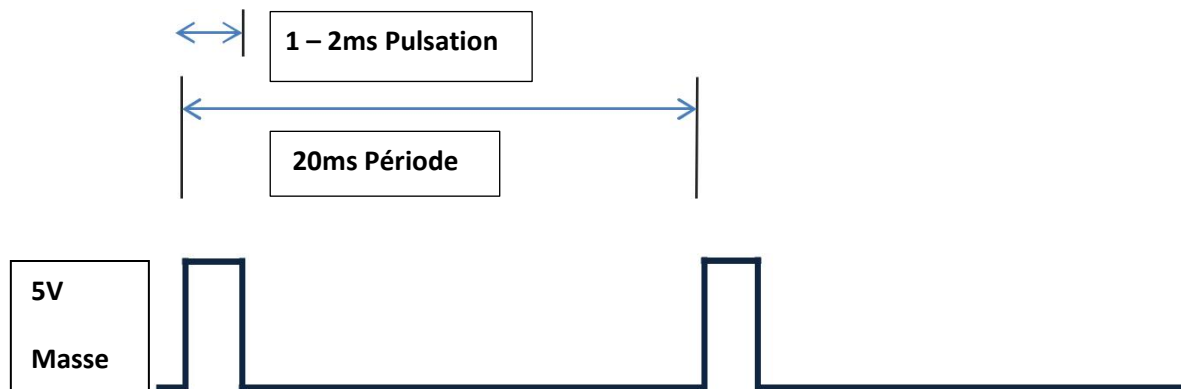


Figure 35 : Signaux servo

Une impulsion de 1,5 ms fait tourner l'arbre du servo dans sa position centrale. Différentes largeurs d'impulsion correspondent à différentes positions de l'arbre du moteur.

Pour créer un PWM, nous pourrions utiliser un temporisateur logiciel pour contrôler avec précision le temps et la durée d'une impulsion. Une autre option consisterait à utiliser la fonction intégrée du générateur PWM du microcontrôleur. Le problème avec ces deux options est qu'il n'y a pas assez de minuteries logicielles pour contrôler chaque servo. Six servos doivent être contrôlés et seulement quatre minuteurs sont disponibles.

Pour ce gant, deux minuteurs logiciels 16 bits ont été utilisés pour contrôler précisément six servos. Six signaux PWM doivent être générés sur les broches de sortie individuelles.

Toutes les 3,3 ms, le début d'une nouvelle impulsion est démarré sur une nouvelle ligne de sortie. Après la génération des six impulsions sur une durée totale de 20 ms une nouvelle impulsion commence sur la première ligne du signal et le cycle se répète. Un temporisateur logiciel est utilisé pour contrôler la période de temps de 3,3 ms. Si par exemple seulement cinq servos étaient utilisés alors nous commencerions un nouveau signal toutes les 4ms (voir figure N°36).

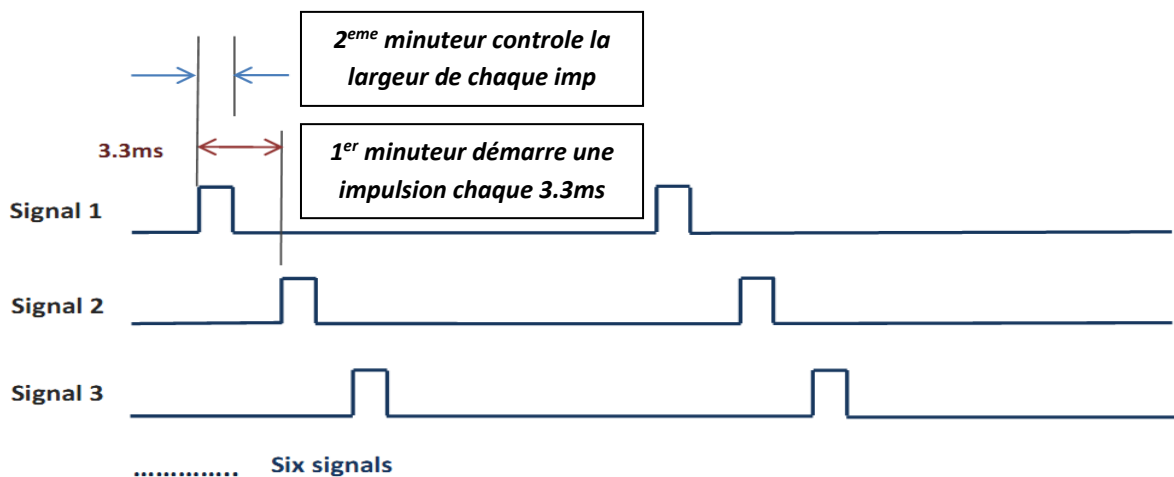


Figure 36 : Les signaux envoyés aux servomoteurs

Un maximum de huit servos commandés individuellement peuvent être contrôlé en utilisant cette méthode.

3.5.3 Organigramme

La structure de base du programme actuel est décrite ci-dessous.

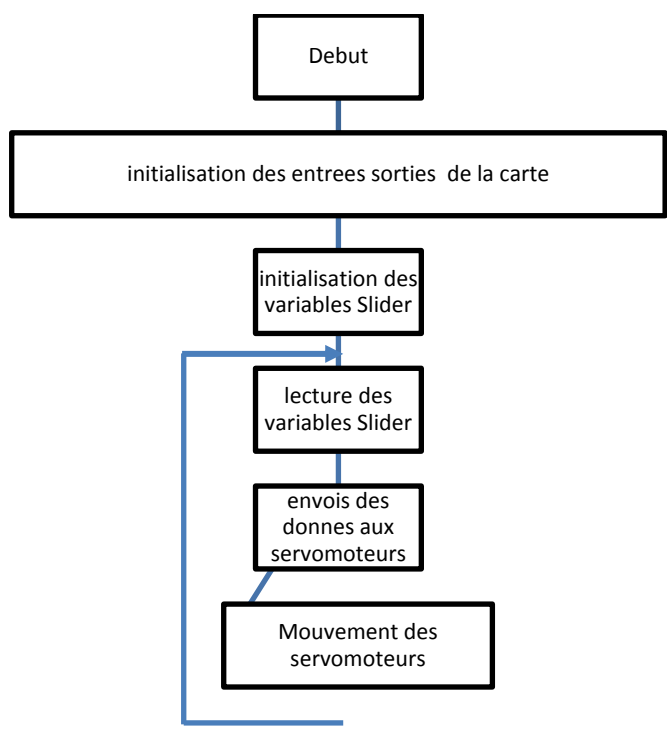


Figure 37 : Organigramme de fonctionnement

3.6 Tests et Discussion des résultats

Le système réalisé est un gant intelligent (voir photo sur la figure 51 ci-dessous) offrant six degrés de liberté et la possibilité d'être contrôlé par des servo moteurs.

La conception totale se compose de dix-sept composants individuels.

Lors de son élaboration plusieurs caractéristiques du gant prothétique ont été testées et mesurées pour améliorer ses performances. Celles-ci vont être décrites dans ce qui suit, après la description détaillée de ses spécifications et caractéristiques.

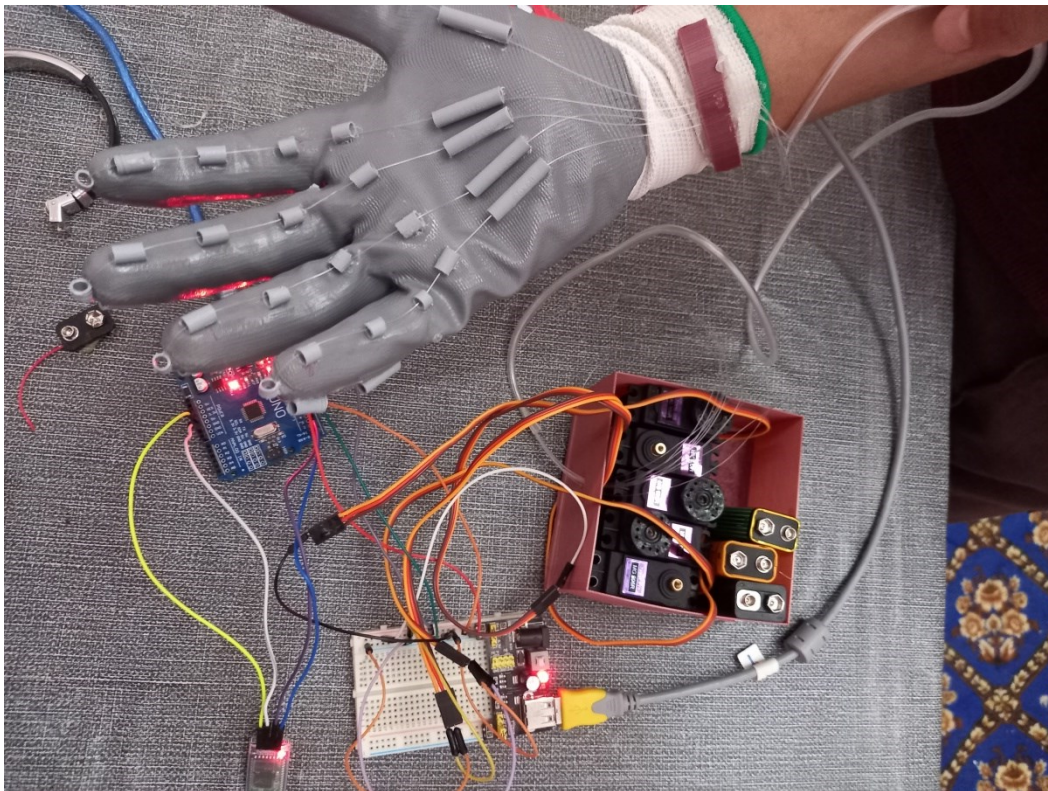


Figure 38 : Conception finale

3.7 Spécifications du système

Le pouce, l'index et le majeur se déplacent chacun indépendamment et l'annulaire et le petit doigt se déplacent en tandem. L'appareil est entièrement portable et a une autonomie de plus de 3 heures.

Le tableau N°1 ci-dessous présente certaines caractéristiques clés de cette conception :

Propriétés du système	Description
Poids	650g
Matériel	PLA plastic et plastic
Tendons	Fils
Source d'alimentation	2-Cellules 7.4V Lithium polymère rechargeable
Microcontrôleur	Arduino
Bluetooth	HC-06

Tableau N°1 : spécification du système

3.8 Actionnement

3.8.1 Fluidité

Les doigts bougent d'une manière relativement lisse et naturelle. La fluidité des mouvements des doigts dépend de plusieurs facteurs, notamment le frottement entre les composants en plastique en mouvement, le contrôle des servocommandes et aussi la tension des tendons.

Le majeur s'ouvre et se ferme exceptionnellement bien. L'annulaire et le petit doigt ne bougent pas aussi facilement et ne se ferment pas complètement. C'est parce que les tendons de L'annulaire et du petit doigt sont attachés au même servo qui doit travailler pour déplacer les deux doigts en tandem. Puisque le petit doigt est une échelle de 0,8 de l'annulaire, cela signifie que ses tendons n'ont pas à se déplacer aussi loin pour ouvrir et fermer le doigt. Aucun des tendons n'est actionné de manière optimale, ce qui réduit la fluidité de L'annulaire et du petit doigt.

3.8.2 Force

Les tests effectués à l'aide de petites balances de cuisine indiquent que les doigts peuvent fournir au moins 300 g de force chacun. En effet, les servomoteurs pourraient être tournés plus pour augmenter encore la tension sur les tendons. Cela augmenterait efficacement la force de fermeture de chaque doigt. Le facteur limitant la force des doigts n'est pas le couple des servomoteurs, mais plutôt la force des tendons.

3.9 Coût

Le tableau ci-dessous indique le coût total du matériel à 22900 DA. Idéalement, des servomoteurs de qualité supérieure devraient être utilisés, ce qui pourrait ajouter plus au coût total.

Description	Cout (DA)
200g d'PLA	3500
5 x Standard Servo moteurs	11500
2 Cell LiPo Batteries	1400
Electroniques	5500
(fils de pêche tressée, vis, etc.)	700
Les supports	300

Tableau N°2 : Cout totale de réalisation

Le coût total est de 22900 DA.

3.10 durée de vie de la batterie

La batterie LiPo utilisée est évaluée à 1600 mAh. Le courant maximum que le système peut tirer dans n'importe quelle circonstance est d'environ 3.1A. Cela correspond à une durée de vie extrême de la batterie la plus défavorable d'environ 30 minutes (1600 mAh / 3.1A). Cependant, un tel scénario ne se produirait que si tous les servomoteurs continuaient à tirer sur leur capacité maximale - ce qui ne se produirait jamais pendant une longue période.

Une estimation beaucoup plus réaliste est une consommation de courant moyenne de 75mA par chaque servo. En intégrant les exigences de puissance du microcontrôleur et d'autres composants électroniques, une estimation raisonnable de la puissance requise du système de 550 mA donne une estimation d'un peu moins de 3 heures de vie de la batterie.

En pratique, la durée de vie de la batterie est significativement plus longue, jusqu'à 6 heures.

3.11 Qualité globale du système

Les caractéristiques et la qualité de construction de toute conception technique affectent grandement les performances du système. Un gant, pratique et durable est incomparable à quelque chose de qualité minimale.

Pour réaliser vraiment un gant d'efficacité élevée, la qualité de ce système devrait être améliorée, en particulier :

1. La résistance et la rigidité de la structure devraient être améliorées par des changements de conception et l'utilisation de meilleurs matériaux.
2. Des améliorations dans le contrôle du système sont nécessaires avant qu'une personne malade puisse utiliser l'équipement de manière fiable.

3.12 Objets saisissants

La seule zone dans laquelle cet appareil excelle est la vitesse d'actionnement. Un actionnement rapide n'est pas absolument crucial, mais il permet à l'utilisateur de contrôler l'appareil plus confortablement. Une enquête auprès des utilisateurs de gant intelligent a révélé que plus de 75% se plaignaient de la lenteur de leur appareil [56].

3.13 Actionnement et complexité

Comme discuté dans la revue de la littérature, un degré de liberté est un moyen unique par lequel le dispositif peut se déplacer. La main humaine a 17 degrés de liberté, ce qui le rend beaucoup plus efficace que le gant soit intelligent.

3.14 Fiabilité

Le système développé n'est qu'un prototype et ne devrait donc pas conserver ses caractéristiques et ses performances pendant longtemps. Cependant, il est important de prendre soin de développer un prototype fiable pouvant être utilisé pour de futures recherches. En cas où l'un des composants de l'appareil se défait, il peut être facilement remplacé.

3.15 Conclusion

Dans cette partie, les composants mécaniques et électroniques du projet ont été étudiés, ainsi quant à la façon dont ils sont connectés. La partie finale de notre travail sera consacrée à la programmation de la carte Arduino pour le contrôle du gant à l'aide des servomoteurs.

Chapitre 4
Programmation du dispositif

4.1 Introduction

La partie finale au cours de la réalisation du dispositif est la programmation sur la carte Arduino. Au cours du dernier siècle l'informatique s'est montrée bénéfique aux besoins de l'homme et s'avère que l'instrumentation devient de plus en plus dépendante de cette première.

Commençant par une calculatrice de taille d'une chambre arrivant maintenant à des systèmes nanoscopiques contrôlant des robots gigantesques.

Non seulement ça mais aussi l'implantation des éléments (puces) lui permettant l'amélioration des performances intellectuelles et sensorielles.

4.2 Carte arduino

Arduino est une entreprise italienne qui conçoit des cartes de développement au grand public, avec un environnement de développement facilement utilisable, l'arduino UNO n'est pas son seul produit elle propose d'autres cartes programmables basés sur des microcontrôleurs Atmel ou autres.

Pour faire simple un microcontrôleur appelé à tort microprocesseur par nombres de personnes mal informés est en effet l'équivalent d'un petit ordinateur contenu dans un seul boîtier de circuit intégré à plus au moins grand nombre de pattes.

Il contient une unité centrale l'équivalent du microprocesseur, de la mémoire vive, de la mémoire morte. Des interfaces diverses pour communiquer et toute une circuiterie électronique et logique nécessaire pour faire fonctionner tout cela ensemble. [53]

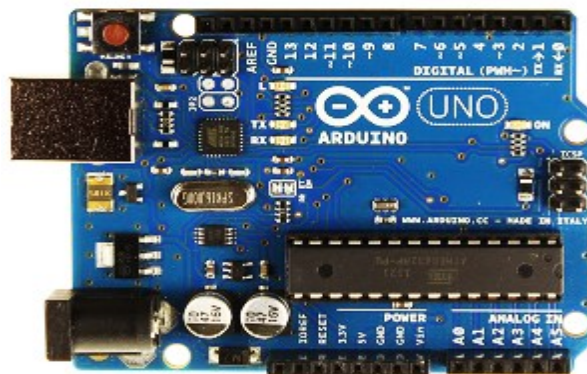


Figure 39: un modèle de carte arduino

4.2.1 Arduino UNO

C'est une carte électronique de (5.33x6.85) cm équipée d'un microcontrôleur permet de programmer et contrôler la détection des capteurs afin de faire fonctionner des actionneurs pour cela on dit que c'est une interface programmable.

La conception matérielle est distribuée sous licence « créative commun attribution share alike 2.5 ».

Le code source de l'environnement de programmation et les bibliothèques embarquées sont disponibles sous licence « LGPL ».

Les possibilités d'utilisation sont infinies de la détection de plusieurs événements jusqu'au agir sur le monde réel à l'aide des actionneurs.

De nombreuses carte « shield » sont développées afin de faciliter le fonctionnement et d'enrichir des applications potentielles pour les amateurs.

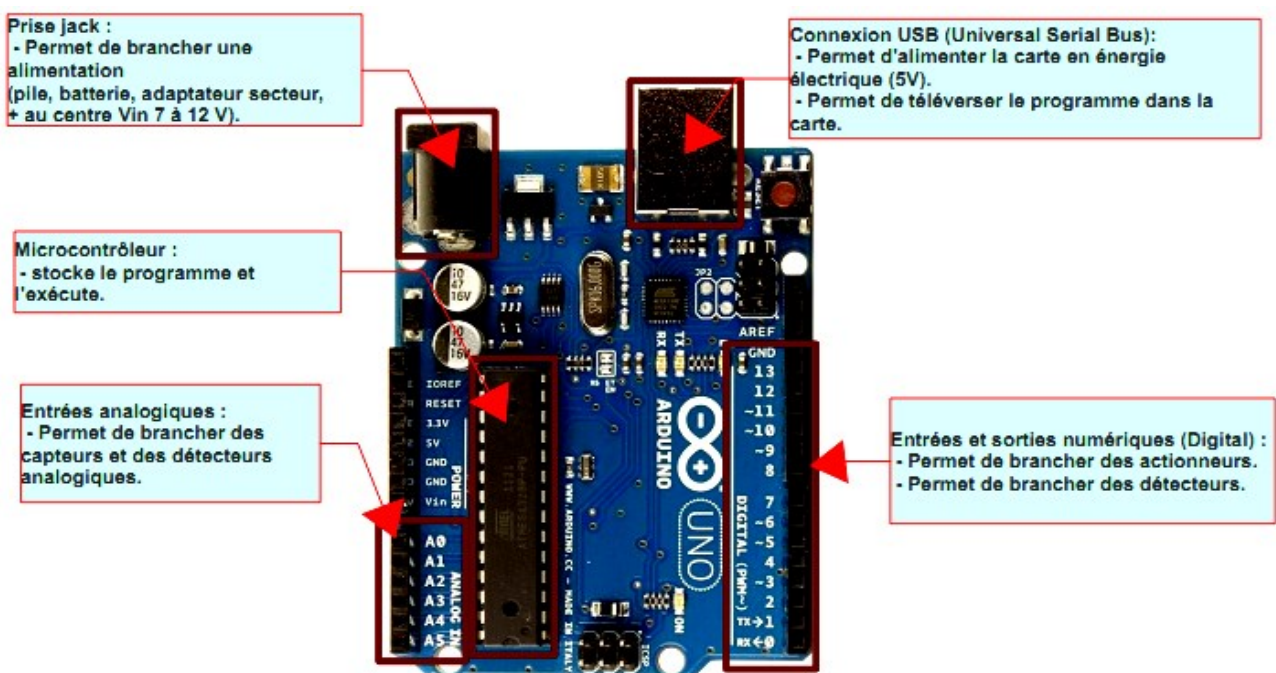


Figure 40 : répartition de la carte arduino UNO

Caractéristiques

- 13 entrées digitales, quelques-unes contiennent un signe a côté pour le PWM.
- 6 entrées numériques A0-A5.
- Microcontrôleur 32 bits.
- Des branches pour l'alimentation.
- Connexion USB universelle.
- Une prise jack pour les différents branchements.

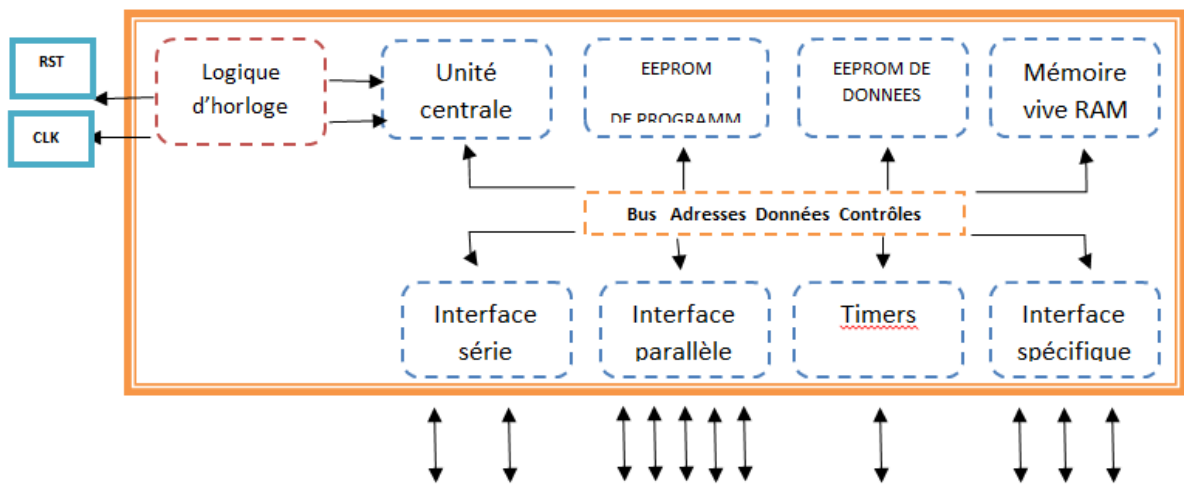


Figure 41 : Schéma bloc du microcontrôleur

4.2.2 Schéma électronique du circuit

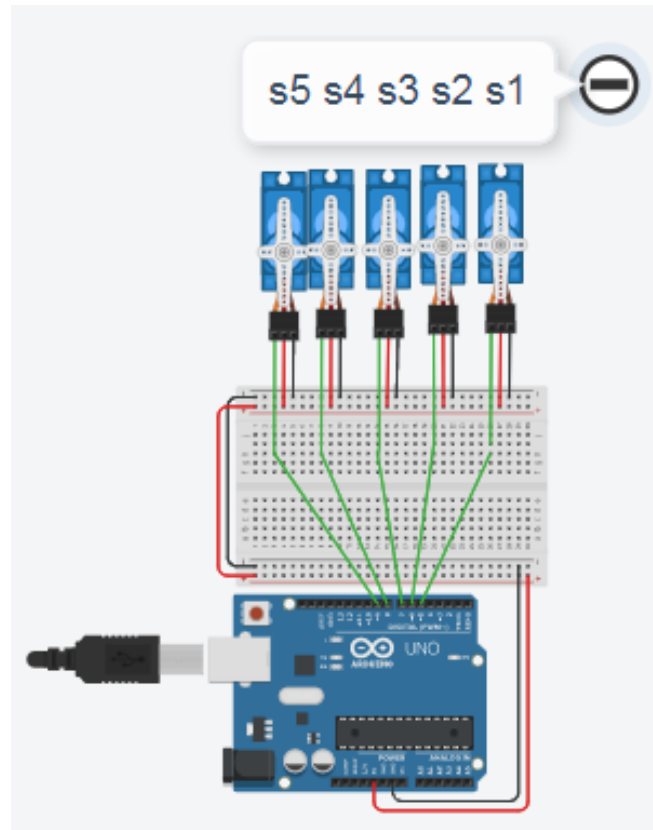


Figure 42 : schéma électronique du circuit

4.2.3 Le programme arduino

La carte Arduino est accompagnée d’un programme à plusieurs versions structuré par deux méthodes soit par langage C ou par structure bloc.

Programmation en langage C

```
void setup()
{
  pinMode(1, INPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
}
void loop()
{
  if (digitalRead(1)) {
    digitalWrite(12, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(12, LOW);
    delay(1000);
  } else {
    digitalWrite(12, LOW);
  }
}
```

Programmation par blocs

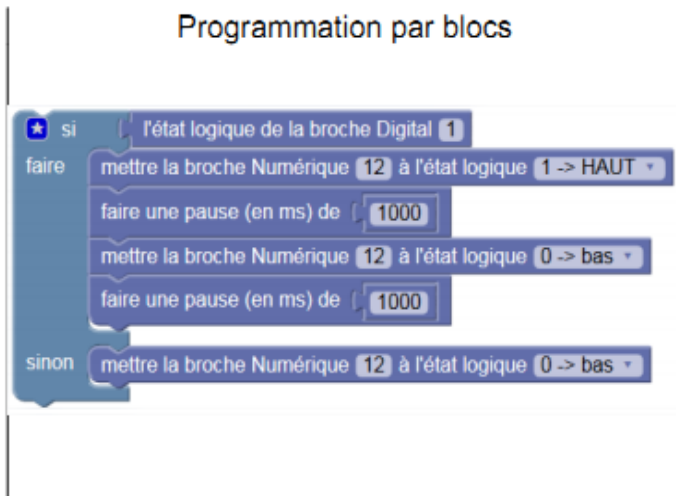


Figure 43: Types de programmation arduino

4.3 Programme Arduino

4.3.1 Programme principal Servomoteur unique:

```
#include <Servo.h>           //nécessaire pour le contrôle des servos.

Servo Servomoteurl;        //Nommer le servomoteur
|
void setup() {
  Servomoteurl.attach(9);   //Attache le servomoteur à la broche D9
  Serial.print(9600);       //Starting the serial monitor
}

void loop() {
  for (int position = 0; position <= 180; position++){ //Fait bouger le bras de 0° à 180°
    Servomoteurl.write(position);
    delay(15);
  }
  for (int position = 180; position >= 0; position--){ //Fait bouger le bras de 180° à 0°
    Servomoteurl.write(position);
    delay(15); //Delay pour décélérer le processus
  }
}
```

4.3.2 Programme principal Servomoteur unique avec Bluetooth(RemoteXY):

```
#define REMOTEXY_MODE__SERIAL
#include <RemoteXY.h>
/* RemoteXY connection settings */
#define REMOTEXY_SERIAL Serial
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 9600
/* RemoteXY configurate */
unsigned char RemoteXY_CONF[] =
  { 1,0,9,0,1,5,4,128,4,11
    ,90,20,2 };
/* this structure defines all the variables of your control interface */
struct {
  /* input variable */
  unsigned char slider_1; /* =0..100 slider position */
  /* other variable */
  unsigned char connect_flag; /* =1 if wire connected, else =0 */
} RemoteXY;
#pragma Pack (pop)
/*      END RemoteXY include      */ |
#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup()
{
```

```

RemoteXY_Init ();

// TODO you setup code
myservo.attach(9);
RemoteXY.slider_1 = 50;
}
void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();
  // TODO you loop code
  // use the RemoteXY structure for data transfer
  int ms = RemoteXY.slider_1*20+10;
  myservo.writeMicroseconds(ms);
}

```

4.3.3 Programme avec cinq les Servomoteurs

```

#include <Servo.h>      /* Inclut la lib Servo pour manipuler le servomoteur */
Servo Servomoteur1;    /* Créer un objet Servo pour contrôler le servomoteur */
Servo Servomoteur2;
void setup() {
  Servomoteur1.attach(7);
  Servomoteur2.attach(8);
  Servomoteur3.attach(9);
  Servomoteur4.attach(10);
  Servomoteur5.attach(11);
  Serial.print(9600);
}
void loop() { // Fait bouger le bras de 0° à 180°
  for (int position = 0; position <= 180; position++) {
    Servomoteur1.write(position);
    Servomoteur2.write(position);
    Servomoteur3.write(position);
    Servomoteur4.write(position);
    Servomoteur5.write(position);
    delay(15);
  }
  for (int position = 180; position >= 0; position--){ // Fait bouger le bras de 180° à 10°
    Servomoteur1.write(position);
    Servomoteur2.write(position);
    Servomoteur3.write(position);
    Servomoteur4.write(position);
    Servomoteur5.write(position);
    delay(15);
  }
}
}

```


4.3.4 Programme Servomoteurs avec Bluetooth(RemoteXY):

```

#define REMOTEXY_MODE__SERIAL
#include <RemoteXY.h>
/* RemoteXY connection settings */
#define REMOTEXY_SERIAL Serial
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 9600
/* RemoteXY configurate */
unsigned char RemoteXY_CONF[] =
{ 1,0,9,0,1,5,4,128,4,11
,90,20,2 };
/* this structure defines all the variables of your control interface */
struct {
  unsigned char slider_1; /* =0..100 slider position */ /* input variable */
  unsigned char connect_flag; /* =1 if wire connected, else =0 */ /* other variable */
} RemoteXY;
#pragma Pack (pop)
#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;
Servo myservo3;
Servo myservo4;
Servo myservo5;
void setup()
  RemoteXY_Init ();
  myservo1.attach(9); // TODO you setup code
  myservo2.attach(8);
  myservo2.attach(7);
  myservo2.attach(6);
  myservo2.attach(5);
  RemoteXY.slider_1 = 50;
}
void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();

  int ms = RemoteXY.slider_1*20+10; // use the RemoteXY structure for data transfer
  myservo1.writeMicroseconds (ms);
  myservo2.writeMicroseconds (ms);
  myservo3.writeMicroseconds (ms);
  myservo4.writeMicroseconds (ms);
  myservo5.writeMicroseconds (ms);
}

```

4.3.5 Contrôlez chaque doigt individuellement par RemoteXY:

```

#define REMOTEXY_MODE__SOFTSERIAL          // RemoteXY select connection mode and include library
#include <SoftwareSerial.h>
#include <RemoteXY.h>
// RemoteXY connection settings
#define REMOTEXY_SERIAL_RX 2
#define REMOTEXY_SERIAL_TX 3
#define REMOTEXY_SERIAL_SPEED 9600
// RemoteXY configurate
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 50 bytes
  { 255,5,0,0,0,43,0,16,31,1,4,128,9,17,42,9,2,26,4,128,
    9,34,43,9,134,26,4,128,9,51,42,9,205,26,4,128,9,66,41,9,
    96,26,4,128,10,81,39,8,233,26 };
// this structure defines all the variables and events of your control interface
struct {
  // input variables
  int8_t slider_1; // =0..100 slider position
  int8_t slider_2; // =0..100 slider position
  int8_t slider_3; // =0..100 slider position
  int8_t slider_4; // =0..100 slider position
  int8_t slider_5; // =0..100 slider position
  // other variable
  uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0
} RemoteXY;
#pragma pack(pop)
#include <Servo.h>
Servo myservol;
Servo myservo2;
Servo myservo3;

```

```

Servo myservo4;
Servo myservo5;
void setup() {
  RemoteXY_Init ();
  myservo1.attach(5);
  RemoteXY.slider_1 = 50;
  myservo2.attach(6);
  RemoteXY.slider_2 = 50;
  myservo3.attach(7);
  RemoteXY.slider_3 = 50;
  myservo4.attach(8);
  RemoteXY.slider_4 = 50;
  myservo5.attach(9);
  RemoteXY.slider_5 = 50;
}
void loop() {
  RemoteXY_Handler ();
  int ms1 = RemoteXY.slider_1*20+500;
  int ms2 = RemoteXY.slider_2*20+500;
  int ms3 = RemoteXY.slider_3*20+500;
  int ms4 = RemoteXY.slider_4*20+500;
  int ms5 = RemoteXY.slider_5*20+500;
  myservo1.writeMicroseconds(ms1);
  myservo2.writeMicroseconds(ms2);
  myservo3.writeMicroseconds(ms3);
  myservo4.writeMicroseconds(ms4);
  myservo5.writeMicroseconds(ms5);
}

```

4.4. Fonctionnement du dispositif

Le programme s'exécute sur la carte Arduino suivant l'organigramme de la figure 37. Après démarrage de l'application sur le Smartphone et appairage du module Bluetooth (figure 46), il suffit juste de faire bouger le slider (voir figure 47) et le positionner a la position désirée. Une fois le slider positionné l'information est transmise par Bluetooth vers la carte Arduino. Suite à la lecture des différentes positions des slider l'un ou les servomoteurs sont actionnés soit dans le sens ou la main soit fermée (étirement des fils responsable de le contraction) ou ouverture de la main (décontraction des doigts). Cette action est faite par relâchement des fils responsable de la contraction et étirement de ceux utilisés pour l'ouverture de la main.

Etape 1 : appairage module Bluetooth

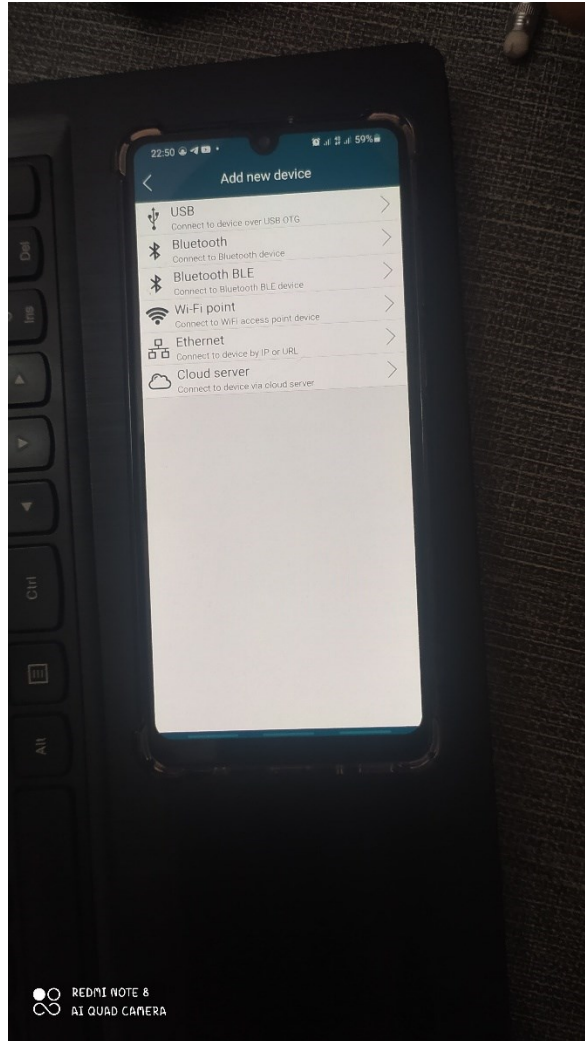


Figure 44: Appairage Module Bluetooth

Etape 2 : positionnement du Slider

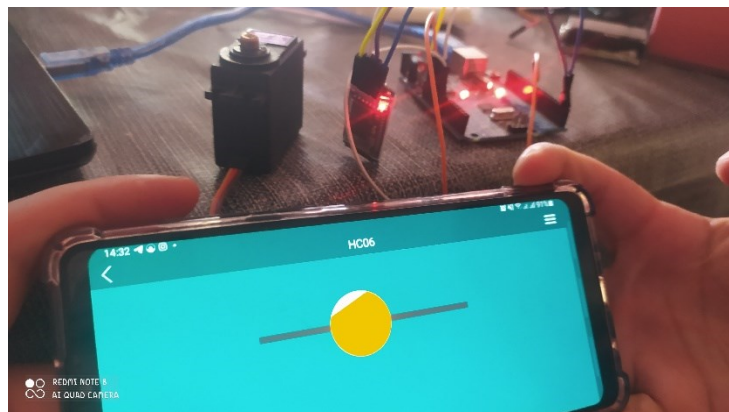


Figure 45: Positionnement du slider

4.4 Conclusion

Dans notre projet, nous nous sommes appuyés dans la partie traitement des commandes sur la carte Arduino en raison de sa facilité de langage et du fait qu'elle contient de nombreuses bibliothèques qui offrent plusieurs options. Ce qui nous a facilité la tâche des commandes des différents servomoteurs pour effectuer au mieux les mouvements des doigts de la main du malade.

Conclusion générale

Les objectifs de ce mémoire étaient initialement incertains et ont certainement changé tout au long de la réalisation. L'objectif initial était de développer un gant intelligent à faible coût. Les objectifs et les attentes pour ce mémoire ont été atteints et il est à espérer que l'ensemble des travaux présentés permettra à plusieurs nouveaux sujets de fin d'études d'être étudiés dans le futur.

Le système final fournit des performances et des caractéristiques relativement bonnes pour un prototype de modèle. L'appareil est rapide et réagit. Au cours des essais, le système s'est avéré fiable et n'a nécessité qu'un entretien minime depuis son assemblage.

La plus grande limitation de cette conception est son manque de ténacité. Certaines régions telles que le support présentent un risque élevé de rupture si l'appareil est soumis à des forces modérées. Dans le monde réel.

Avec la connexion de prise appropriée, il est possible que le département engage une collaboration avec un institut médical pour permettre à de futurs appareillages d'être testés et utilisés. Conception d'un tel test serait inestimable dans l'analyse et l'amélioration des performances des dispositifs réalisés.

En fait, le dispositif réalisé pourrait être utilisé comme une plate-forme pour des recherches futures par des étudiants en ingénierie de dernière année pour développer et tester des conceptions prothétiques avancées.

Grâce aux recherches en cours, nous espérons que les améliorations conduiront à un système plus durable et offrant une meilleure dextérité et un meilleur contrôle.

Bibliographie

- [1] <http://aainb.com/petrissageautolyse/#:~:text=LE%20PRINCIPE%20DU%20PETRISSAGE,puis%20l%C3%A9tirage%20et%20soufflage>
- [2] <https://www.ottawaheart.ca/fr/r%C3%A9adaptation-cardiaque-activit%C3%A9-physique/annexe-1-exercices-d%E2%80%99%C3%A9tirement>
- [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] : http://campus.cerimes.fr/immunologie/enseignement/immuno_122/site/html/3.html
- [10] Cyber Glove System. Cyberglove III. 2020. disponible en ligne: <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-iii/> (consulté le 12 January 2022).
- [11] Rashid, A.; Hasan, O. Wearable technologies for hand joints monitoring for rehabilitation: A survey. *Microelectron. J.* 2019, 88, 173–183.
- [12] Wu, H.; Guo, H.; Su, Z.; Shi, M.; Chen, X.; Cheng, X.; Han, M.; Zhang, H. Fabric-based self-powered noncontact smart gloves for gesture recognition. *R. Soc. Chem.* 2018, 6, 20277–20288.
- [13] Kumar, S.; Sultan, M.J.; Ullah, A.; Zameer, S.; Siddiqui, S.; Sami, S.K. Human Machine Interface Glove Using Piezoresistive Textile Based Sensors. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2018, 414, 012041.
- [14] Pascal Lee, An Astronaut Smart Glove to Explore the Moon, Mars and Beyond. 2019. disponible en ligne: <https://www.seti.org/press-release/astronaut-smart-glove-explore-moon-mars-and-beyond> (consulté le 20 Decembre 2021).
- [15] 5th Dimention Technoligies, 5DT. 2020. disponible en ligne: <https://5dt.com/5dt-data-glove-ultra/> (consulté le 25 December 2021).
- [16] Connolly, J.; Condell, J.; O’Flynn, B.; Sanchez, J.T.; Gardiner, P. IMU Sensor-Based Electronic Goniometric Glove for Clinical Finger Movement Analysis. *IEEE Sens. J.* 2018, 18, 1273–1281.
- [17] O’Flynn, B.; Torres, J.; Connolly, J.; Condell, J.; Curran, K.; Gardiner, P. Novel smart sensor glove for arthritis rehabilitation. In *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Body Sensor Networks, Cambridge, MA, USA, 6–9 May 2013*; pp. 1–6.
- [18] Lin, B.S.; Lee, I.J.; Chiang, P.Y.; Huang, S.Y.; Peng, C.W. A Modular Data Glove System for Finger and Hand Motion Capture Based on Inertial Sensors. *J. Med. Biol. Eng.* 2019, 39, 532–540.
- [19] O’Flynn, B.; Sacher-Torres, J.; Tedesco, S.; Downes, B.; Connolly, J.; Condell, J.; Curran, K. Novel Smart Glove Technology as a Biomechanical Monitoring Tool. *Sens. Transducers* 2015, 193, 23–32.
- [20] Tyndall National Institute. Tyndall IMU version 2. Tyndall National Institute. 2015. disponible en ligne: <https://www.tyndall.ie/biomechanics-and-motion-monitoring> (consulté le 12 January 2022).
- [21] Connolly, J. *Wearable Rehabilitative Technology for the Movement Measurement of Patients with Arthritis*. Ulster University: Northern Ireland, UK, 2015
- [22] Tyndall National Institute. VR Glove. Tyndall National Institute. 2017. disponible en ligne: <https://www.tyndall.ie/fundedprogrammes/vr-glove/> (consulté le 20 decembre 2021).
- [23] Ghosh, S. *Capturing Human Hand Kinematics for Object Grasping and Manipulation*; Texas A&M University: College Station, TX, USA, 2013.
- [24] Fang, B.; Sun, F.; Liu, H.; Guo, D. A Novel Data Glove Design Based on Inertial and Magnetic Sensors. *Int. J. Swarm Intell. Evol. Comput.* 2015, 4, 1–2.

- [25] Wang, Q.; Markopoulos, P.; Yu, B.; Chen, W.; Timmermans, A. Interactive wearable systems for upper body rehabilitation: A systematic review. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2017, 14, 1–21.
- [26] Wang, Q.; Liu, Y. Review of optical fiber bending/curvature sensor. *Meas. J. Int. Meas. Confed.* 2018, 130, 161–176.
- [27] de Pasquale, G. Glove-based systems for medical applications: Review of recent advancements. *J. Text. Eng. Fash. Technol.* 2018, 4, 286–295.
- [28] Milanese, S.; Gordon, S.; Buettner, P.; Flavell, C.; Ruston, S.; Coe, D.; O’Sullivan, W.; McCormack, S. Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. *Man. Ther.* 2014, 19, 569–574.
- [29] Raad, M.W.; Deriche, M.A.; Hafeedh, A.B.; Almasawa, H.; Jofan, K.B.; Alsakkaf, H.; Bahumran, A.; Salem, M. An IOT based wearable smart glove for remote monitoring of rheumatoid arthritis patients. *BIOSIGNALS 2019*, 2019, 224–228.
- [30] Condell, J.; Connolly, J.; Young, W. Action Sense. 2020. disponible en ligne: <https://www.actionsense.org/> (consulté le 31 decembre2021).
- [31] Lee, K.S.; Jung, M.C. Ergonomic evaluation of biomechanical hand function. *Saf. Health Work* 2015, 6, 9–17. [PubMed]
- [32]] Faisal, A.I.; Majumder, S.; Mondal, T.; Cowan, D.; Naseh, S.; Deen, M.J. Monitoring methods of human body joints: State-of-the-art and research challenges. *Sensors* 2019, 19, 2629. [CrossRef] [PubMed]
- [33]] Haroon, A.; Fergus, P.; Shaheed, A.; Merabti, M. A wireless home and body sensor network platform for the early detection of arthritis. In *Proceedings of the 2010 7th IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, NV, USA, 9–12 January 2010*; pp. 1–5.
- [34] Neofect. Rapael smart glove. 2020. disponible en ligne: <https://www.neofect.com/us/blog/stroke-rehabilitation-is-now-funthanks-to-rapeal-smart-glove> (consulté le 21 December 2021).
- [35] Rico, P. Meditech, LLC. 2020. disponible en ligne: https://irp-cdn.multiscreensite.com/68072aa0/files/uploaded/RAPAELCatalogue_Eng.pdf (consulté le 27 December 2021).
- [36] StretchSense. StretchSense-MoCap Pro. StrectchSense. 2020. disponible en ligne: <https://stretchsense.com/mocap-pro-supersplaymotion-capture-gloves/> (consulté le 23 decembre2021).
- [37] TEGARA. StretchSense MoCap Pro SuperSplay Gloves, a glove for hand motion capture equipped with a high-precision sensor that detects expansion and contraction. 2020. disponible en ligne: <https://www.tegakari.net/en/2020/08/stretchsense-mocap-prosupersplay/> (consulté le 27 Décembre 2021).
- [38] Manus. Manus Prime 2 Xsens. 2020. disponible en ligne: <https://manus-vr.com/xsens-gloves> (consulté le 24 December 2021).
- [39] Manus. Manus Prime II Xsens. 2020. disponible en ligne: https://www.tegakari.net/en/2020/06/manus_prime_2/ (consulté le 23 December 2021).
- [40] Commission européenne de recherche, système robotisé. DEXMART. Manipulation robotique double bras / main avec de la motricité sensorielle et motrice SMART: un pont entre la main naturelle et artificielle. Fevrier 2, 2009
- [41] Tim Taylor. Muscles de la main et du poignet. Inner Body org.
http://www.innerbody.com/image_skel13/ligm27.html#full-description[42] Faits et anecdotes sur les mains. Le manuel électronique de la chirurgie de la main. <http://www.eatonhand.com/hw/facts.htm>[43] Belter, Joseph T,M.S., B.S., J. L. Segil, Dollar, Aaron M, PhD,S.M., B.S. et R. F. Weir PhD. Design mécanique et spécification de performances d’une main prothétique anthropomorphique: *Journal de Recherche et Développement* 50(5), pp. 599-618. 2013.
- [44] George ElKoura, Karan Singh: Animer la main humaine. Département d’informatique, Université de Toronto, Toronto, Canada (2003)

[45] Lillian Y. Chang et Yoky Matsuoka. Un modèle de pouce cinématique pour la main ACT. Institut de robotique, Université Carnegie Mellon. Actes de la conférence internationale de l'IEEE sur la robotique et l'automatisation.

[46][47][48]<https://www.amazon.fr/ZZBB-R%C3%A9ducation-Pneumatique-R%C3%A9adaptation-Dentra%C3%A9nement/dp/B08QC7ZXDK>

[49] Christian Pylatiuk, Stefan Schulz et Leonhard Döderlein. Résultats d'une enquête sur Internet auprès d'utilisateurs de prothèses myoélectriques. Prothèses et orthèses Internationales, Sage Publications Dec 1, 2007

[50][51] <https://www.aranacorp.com/fr/arduino-et-le-module-bluetooth-hc-06/>

[52][53][54][55] <https://all3dp.com/2/remotexy-arduino-control-guide/>

[56] Chris Lake: Amputation partielle des mains: gestion prothétique. Académie américaine des chirurgiens orthopédiques.