الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Département : Génie électrique Et Informatique Industrielle

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état

Spécialité

Systèmes Embarqués

Conception et réalisation d'un système multifonctionnel d'aide à la mobilité pour les personnes malvoyantes et aveugles.

Réalisé par

Hana HELALI

Présenté et soutenu publiquement le (15/09/2022)

Composition du Jury:

Présidente	Mme Souhila BOUTARFA	M.C.B	ENST
Promotrice	Mme Khadidja ZELLAT	M.C.B	ENST
Examinateur	M Islam BOUCHACHI	M.C.B	ENST
Examinatrice	Mme Akila SID	M.A.A	ENST

Année universitaire 2021 –2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Département : Génie électrique Et Informatique Industrielle

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état

Spécialité

Systèmes Embarqués

Conception et réalisation d'un système multifonctionnel d'aide à la mobilité pour les personnes malvoyantes et aveugles.

Réalisé par

Hana HELALI

Présenté et soutenu publiquement le (15/09/2022)

Composition du Jury:

Présidente	Mme Souhila BOUTARFA	M.C.B	ENST
Promotrice	Mme Khadidja ZELLAT	M.C.B	ENST
Examinateur	M Islam BOUCHACHI	M.C.B	ENST
Examinatrice	Mme Akila SID	M.A.A	ENST

Année universitaire 2021 –2022

Remerciements

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات

Je remercie tout d'abord Allah le tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage, et la force pour atteindre mes objectifs

Je remercie Mme ZELLAT Khadidja d'avoir accepté de m'encadrer, de m'avoir épaulée, conseillée, guidée et encouragée

Mes remerciements à Mme ASTITE Wissem pour son suivi, son temps consacré, et tous ses conseils précieux

Mes vifs remerciements à ma très chère amie LAOUAR Imane pour son soutien

Mes remerciements vont également aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner mon travail et l'enrichir par leur propositions



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A la mémoire de ma très chère amie KAOUZ Nour El Houda Hania
Allah yerhemeha

A mes très chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour le soutien et l'amour que vous me porter, que ce modeste travail soit l'exhaussement de vos veux et le fruit de vos sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

A mon très cher frère Abdellah

A mon très cher grand père Saadi et mon adorable grand mère Zahra

A toute ma famille et tous mes amis

Je vous aime



Table des matières

	Page
Liste des figures …….....	**i**
Liste des tableaux ……..	**iv**
Liste des Abréviations ……..	**v**
Liste des Symboles…….	**vi**
Introduction générale ……	**7**
Chapitre I : système visuel et déficiences	
Introduction ……...	**10**
I.1. Le système visuel ……...	**10**
I.1.1. Fonctionnement de l'œil : La vision ……...	**11**
I.2. Critères d'analyse de la vision ……	**12**
I.2.1. Acuité visuelle ……	**12**
I.2.2. Le champ visuel……	**13**
I.3. Les déficiences visuelles ……	**13**
I.3.1. La cécité……...	**14**
I.3.2. La malvoyance ……	**15**
I.3.3. Evaluation de la déficience visuelle ……...	**15**
I.3.4. Causes des déficiences visuelles ……	**16**
I.3.5. Les pathologies qui causent une déficience visuelle……...	**17**
I.3.5.1. La cataracte ……...	**17**
I.3.5.2. Le glaucome …….	**17**
I.3.5.3. La Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age DMLA.....	**17**
I.3.5.4. La rétinopathie diabétique ……	**18**
I.3.5.5. Le trachome ……..	**18**
I.4. Impact des déficiences visuelles……..	**18**
I.5. Les difficultés rencontrées par les personnes atteintes d'une déficience visuelle ……..	**19**
Conclusion ……	**19**
Chapitre II : Systèmes pour les malvoyants	

Introduction ……... **21**
II.1. Déficience visuelle dans le monde ……. **21**
II.2. Technologies pour les aveugles et malvoyants ……... **22**
II.2.1. Les technologies disponibles sur le marché …… **22**
II.2.1.1. Les tablettes tactiles……... **22**
II.2.1.2. Les lecteurs voix hautes ……..... **23**
II.2.1.3. Rétines artificielles …… **26**
II.3. Systèmes d'aide à la mobilité des personnes malvoyantes et aveugles …… **27**
II.3.1. La mobilité……... **27**
II.3.2. La locomotion chez les déficients visuels……... **28**
II.3.3. Moyens de compensation ……... **29**
II.3.3.1. Aides humains……... **29**
II.3.3.2. Aides animaliers ……... **30**
II.3.3.3. La canne blanche …….. **31**
II.3.4. Systèmes technologiques d'aide à la mobilité …… **33**
II.3.4.1. La canne électronique ……... **33**
II.3.4.2. La casquette radar …… **36**
II.3.4.3. Les lunettes créant un espace auditif …… **37**
II.3.4.4. Tactile Vision System TVS……... **38**
II.3.5. Quelques systèmes proposés dans la littérature …….. **38**
Conclusion…….. **40**

Chapitre III : Description élémentaire du projet

Introduction ……... **42**
III.1. Description et fonctionnement du dispositif ……..... **42**
III.2. Constitution du système …….. **43**
III.3. Matériels choisis…….. **44**
III.3.1. Partie Hardware…… **44**
III.3.1.1. Capteur à ultrason HC-SR04…… **44**
III.3.1.2. Servomoteur …….. **47**
III.3.1.3. Moteur vibreur …….. **49**
III.3.1.4. Buzzer passif ……. **50**
III.3.1.5. Speaker (haut parleur) …….. **50**
III.3.1.6. Le module GPS NEO6MV2…….. **51**
III.3.1.7. SIM800L GSM/GPRS……... **55**
III.3.1.8. Capteur de rythme cardiaque : pulse sensor ……. **58**
III.3.1.9. Carte Arduino ……..... **59**

III.3.2. Partie Software …….. **62**
III.3.2.1. Arduino IDE ……. **62**
III.3.2.2. Easy EDA ……..... **64**
III.3.2.3. Fritzing……... **64**
III.4. Description du fonctionnement des différents blocs…… **65**
III.4.1. Bloc de détection d'obstacles et d'alerte …….. **65**
III.4.2. Bloc de localisation …….. **67**
III.4.3. Bloc surveillance des battements de cœur ……... **69**
Conclusion ……. **71**

Chapitre IV : Test et Réalisation

Introduction ……... **73**
IV.1. La réalisation des différents blocs ……... **73**
IV.1.1. Bloc de détection d'obstacles et alerte …….. **73**
IV.1.2. Bloc de localisation ……... **76**
IV.1.3. Bloc de surveillance des battements de cœur ……... **80**
IV.2. Emplacement des capteurs sur la canne …….. **83**
IV.3. Réalisation du PCB ……. **85**
IV.4. Résultat finale ……. **88**
Conclusion ……. **89**

Conclusion générale …….. **90**
Bibliographie ……. **92**
Annexe…….. **96**

Liste des figures :

	Page
Figure I.1 : schéma global du système visuel humain……..	**11**
Figure I.2 : fonctionnement du phénomène de la vision……..	**11**
Figure I.3 : Exemple d'échelle d'acuité visuelle (optotypes). L'échelle est en fraction numérique (à gauche) et en unité log MAR (à droite)……..…	**12**
Figure I.4 : champ de vision humain en degré…….	**13**
Figure II.1 : Blitab tablette…….	**23**
Figure II.2 : EyeRing……	**24**
Figure II.3 : FingerReader……..……..	**25**
Figure II.4 : lunette intelligente OrCam MyEye……..	**26**
Figure II.5 : Implant de la rétine artificielle…….……	**27**
Figure II.6 : Aide humain pour personne aveugle……	**30**
Figure II.7 : Chien guide……..……..	**31**
Figure II.8 : La canne blanche……..……..	**32**
Figure II.9 : Canne électronique…….	**34**
Figure II.10 : le boitier TOM POUCE…….…….....	**34**
Figure II.11 : EYECAN…….…….	**35**
Figure II.12 : Ultra-Cane……..	**36**
Figure II.13 : Casquette Radar…….	**37**
Figure II.14 : les lunettes créant un espace auditif…….…….	**37**
Figure II.15 : Le TVS……..…	**38**
Figure III.1 : Schéma représente la constitution du système…….....…..	**44**
Figure III.2 : capteur à ultrason HC-SR04……..	**45**
Figure III.3: Broches du capteur HC-SR04……	**45**
Figure III.4 : fonctionnement du capteur……..	**46**
Figure III.5 : principe de l'Echo……..	**47**
Figure III.6 : servomoteur…….	**47**
Figure III.7 : Brochage du servomoteur……	**48**

LISTE DES FIGURES

Figure III.8 : Moteur Vibreur…… **49**

Figure III.9 : buzzer passif…….. **50**

Figure III.10 : speaker SHD4216……. **50**

Figure III.11 : Le module GPS NEO6MV2……..…… **51**

Figure III.12 : principe de trilateration…….…… **52**

Figure III.13 : composants du module GPS NEO6MV2……..….. **53**

Figure III.14 : Broches du module…….……. **54**

Figure III.15 : exemple des données NMEA……..…….. **55**

Figure III.16: le module sim800l GSM/GPRS…… **55**

Figure III.17 : Les composants du module GSM SIM800L…….….. **56**

Figure III.18: La face arrière du module…….…… **57**

Figure III.19 : Broches du module GSM SIM800L…….. **58**

Figure III.20: Capteur de fréquence cardiaque……..… **59**

Figure III.21 : Brochage du capteur de rythme cardiaque……..…….. **59**

Figure III.22 : La carte Arduino…… **60**

Figure III.23 : description de la carte Arduino…… **61**

Figure III.24 : Description de l'IDE Arduino…….…….. **63**

Figure III.25 : Logiciel Easy EDA……. **64**

Figure III.26 : Logigramme présentant le fonctionnement du bloc de détection d'obstacles……. **66**

Figure III.27 : Logigramme présentant le fonctionnement du bloc de localisation……..… **68**

Figure III.28: Logigramme présentant le fonctionnement du bloc de surveillance su rythme cardiaque…… ……..…… **70**

Figure IV.1 : le montage pour brancher le module hc-sr04 avec l'arduino……. **73**

Figure IV.2 : branchement des composants de la partie détection des obstacles… …..…. **74**

Figure IV.3 : traitement du message vocal avec audacity…… …..… **74**

Figure IV.4 : branchement du bloc de détection et alertes……. **75**

Figure IV.5 : aperçu sur le programme…… **75**

Figure IV.6 : montage du bloc de détection et alerte sur plaque d'essai……. **76**

Figure IV.7 : montage du module GPS NEO 6MV2 avec Arduino……..... **77**

Figure IV.8 : Données GPS fournit par le module neo6Mv2…….. **77**

Figure IV.9 : Câblage du module SIM800L avec Arduino……. **78**

Figure IV.10 : aperçu sur le programme find location……...……. **79**

Figure IV.11 : Message de localisation reçu sur le téléphone……. **79**
Figure IV.12 : aperçu sur le programme d'envoie sms en appuyant sur le bouton……... **80**
Figure IV.13 : Montage du bloc de localisation sur plaque d'essai……. **81**
Figure IV.14 : branchement du capteur de fréquence cardiaque avec la carte Arduino…… **81**
Figure IV.15 : le signal des battements de cœur obtenu…….. **82**
Figure IV.16 : résultat du calcul des BPM…… **82**
Figure IV.17 : aperçu sur le programme du bloc 3……..….. **83**
Figure IV.18 : le message « crise de panique »…… **83**
Figure IV.19 : Montage du bloc de surveillance des battements sur plaque d'essai… **84**
Figure IV.20 : Emplacement des capteurs sur la canne…….. **85**
Figure IV.21 : Schéma du système, réalisé avec logiciel Easy EDA…….. **86**
Figure IV.22 : le schéma non routé……. **87**
Figure IV.23 : le schéma routé…… **87**
Figure IV.24 : la couche supérieure du PCB……..…….. **88**
Figure IV.25 : La couche inférieure du PCB…… **88**
Figure IV.26 : Le résultat finale de la canne ……. **88**

Liste des tableaux :

	Page
Tableau I.1: Classifications des déficiences visuelles selon l'OMS ……	**16**
Tableau IV.1 : Branchement des composants du premier bloc……	**76**
Tableau IV.2 : Branchement des composants de ce deuxième bloc……	**80**
Tableau IV.3 : Branchement des composants du troisième bloc…….	**84**

Liste des abréviations :

AVC :	Acuité Visuelle Corrigé
BBR :	Battery Backed RAM
BPM :	Battements Par Minute
CAO :	Conception Assisté par Ordinateur
DMLA :	Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age
ECG :	Electrocardiogramme
EDA :	Electronic Design Automation
EEPROM :	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FDA :	Food and Drug Administration
GPS :	Global Positioning System
GSM :	Global System for Mobile Communications
GUI :	Graphical User Interface
LDR :	Light Dependent Resistor
LED :	Light Emitting Diode
Log MAR :	Unité qui permet de quantifier l'acuité visuelle
MAR :	Minimum Angle of Resolution
MIT :	Massachusetts Institute of Technology
NMEA :	National Marine Electronics Association
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONU :	Les Nations Unies
PCB :	Printed Circuit Board
PWM :	Pulse Width Modulation
SIM :	Subscriber Identity Module
SMS :	Short Message Service
TTFF :	Time-To-First-Fix
TVS :	Tactile Vision System
UART :	Universal Asynchronous Reciever Transmitter

LISTE DES ABREVIATIONS

USB :	Universal Serial Bus
WEB :	désigne Internet

Liste des symboles :

d1	Distance 1
d2	Distance 2
Echo	Sortie de mesure donnée en écho
GND	La broche de terre.
Rx	Broche récepteur
S	Broche Signal
Trig	Entrée déclenchement de mesure
Tx	Broche émetteur
VCC	La broche d'alimentation.

Introduction Générale

Dieu a donné aux humains et aux différents animaux et insectes des organes qui leur permettent de comprendre et d'interpréter différentes informations sur leur environnement.

Ces organes peuvent capter les différentes grandeurs physiques, qui sont envoyées par la suite au cerveau pour les traiter, les analyser et reconnaître les changements du monde qui nous entourent ; ce sont les cinq sens.

Malheureusement, en raison d'un accident ou d'une maladie, ces sens peuvent être compromis et endommagés, ce qui devient une contrainte pour la personne affectée. Parmi les contraintes les plus couramment rencontrées dans notre société on cite les déficiences visuelles.

A l'échelle mondiale, au moins 2,2 milliards de personnes ont une déficience visuelle touchant la vision de près ou de loin. Pour ce qui est des différences régionales, on estime que dans les régions à revenu faible ou intermédiaire, la prévalence des déficiences visuelles affectant la vision de loin est quatre fois plus importante que dans les régions à revenu élevé. En ce qui concerne la vision de près, les taux de déficiences visuelles non prises en charge sont, d'après les estimations, supérieurs à 80% en Afrique.

La déficience visuelle a de graves répercussions sur la qualité de vie des populations atteintes et est loin d'être anodine. L'une des composantes les plus importantes de la qualité de vie est la mobilité.

La déficience visuelle se répercute sur les déplacements, surtout dans les environnements inconnus ou comportant des obstacles.

Quand on mentionne les déplacements d'une personne déficiente visuelle, la première chose qui nous vient à l'esprit est la canne blanche qui est l'outil le plus utilisé pour se déplacer de manière autonome et plus sûre. Cette dernière se caractérise par deux fonctionnalités principales : d'une part, permettre à la personne de sentir les objets et les caractéristiques de son environnement à courte distance (obstacles, murs, etc.) ; d'autre part, elle rend son porteur clairement identifiable comme déficient visuel pour les autres personnes. Mais cette dernière ne permet pas d'éviter toutes sortes des objets ou obstacles.

Les avancées technologiques ne cessent d'ouvrir de nouveaux horizons aux déficients visuels dans le but de leur offrir une plus grande autonomie et une intégration au sein de la société. La canne électronique est devenue un objet où l'innovation technologique tient désormais une place prépondérante qui pourrait faciliter et sécuriser les déplacements quotidiens des milliers de personnes déficientes visuelles. Et c'est dans ce contexte-là, que s'est axé notre projet.

Objectif du travail :

L'objectif du présent projet de fin d'étude est la conception et la réalisation d'un système multifonctionnel d'aide à la mobilité des personnes malvoyantes et aveugles

Structure du mémoire :

Le présent travail se compose de quatre (04) chapitres qui se débutent par une introduction générale et se terminent par une conclusion générale.

Le premier chapitre : est dédié à la définition du système et déficiences visuels, quelques pathologies de l'œil, et les difficultés rencontrées par les personnes déficientes visuelles dans la vie quotidienne

Le deuxième chapitre : est consacré à l'état de l'art sur les technologies pour les aveugles et les malvoyants ainsi que les systèmes d'aide à la mobilité de cette dite population.

Le troisième chapitre : traite des spécificités de notre système conçu, nous avons développé le mode de fonctionnement du système, mentionné les différents matériels utilisés hardware et software, et établi les logigrammes des différents blocs de notre solution

Le quatrième chapitre : présente les différentes étapes de réalisation de notre système, et interprète les résultats obtenus.

Chapitre I : Système visuel et déficiences.

Introduction

Parmi les nombreuses bénédictions que dieu nous a donné, on trouve la bénédiction de la vue. L'œil est responsable de ce sens, qui est considéré comme le plus important, car vivre sans lui est très difficile.

L'œil est l'un des organes les plus complexes du corps, c'est l'organe qui donne à l'humain la capacité de voir, et qui permet la perception de la lumière et la capacité de distinguer les couleurs et la profondeur, en détectant la lumière et en envoyant des signaux par le nerf optique au cerveau, l'œil est considéré un des organes du système nerveux.

Dans ce premier chapitre on s'intéresse à l'aspect médical de notre thème, tout d'abord nous parlerons du système visuel, par la suite, nous allons présenter les déficiences visuelles, et on parlera sur la cécité. Nous présenterons aussi les maladies qui peuvent causer ces déficiences, et finalement nous indiquerons les difficultés rencontrées par les aveugles et les personnes ayant une déficience visuelle dans la vie quotidienne.

I.1. Le système visuel

Le système visuel humain est un ensemble d'organes impliqués dans la perception visuelle humaine, de la rétine au système sensori-moteur. Son rôle est de percevoir et d'interpréter deux images bidimensionnelles en une seule image tridimensionnelle. Il se compose principalement de l'œil (la rétine plus particulièrement), du nerf optique, du chiasma optique, du corps géniculé latéral, du rayonnement optique et du cortex visuel.

Les informations visuelles sont reçues par les yeux puis transmises au cerveau après diverses opérations de traitement préliminaires à travers la rétine. Le traitement de niveau supérieur est effectué au niveau des zones visuelles du cerveau à l'arrière des deux hémisphères cérébraux (figure I.1).

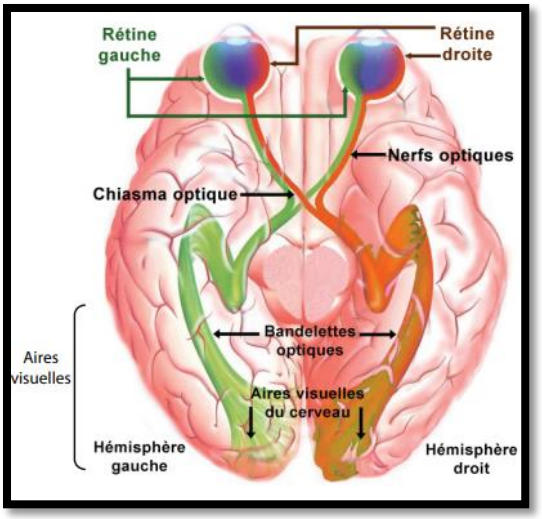


Figure I.1: Schéma global du système visuel humain [1]

I.1.1. Fonctionnement de l'œil (La vision)

La vision est un système complexe que l'on peut assimiler très simplement à un appareil photo, la pupille fait office d'ouverture, l'objectif fait la mise au point comme un objectif d'appareil photo, l'image est projetée sur une pellicule photo, pour l'œil c'est la rétine,

Pour voir, l'œil transmet les informations lumineuses qu'il reçoit au cerveau. En effet, la rétine convertit la lumière qu'elle reçoit en impulsions électriques, et le cerveau la convertit en image : c'est le phénomène de la vision (figure I.2).

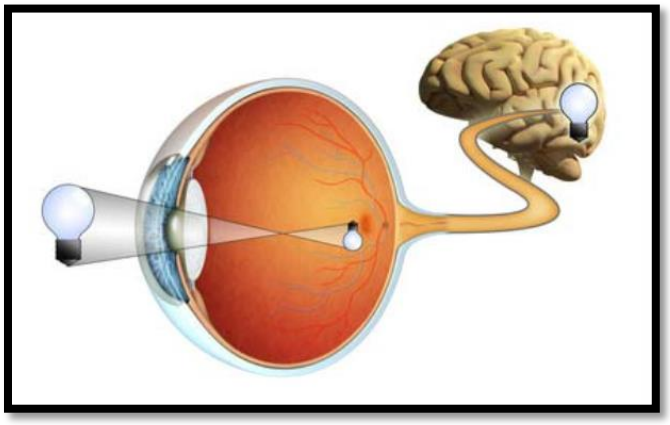


Figure I.2 : Fonctionnement du phénomène de la vision [2]

C'est la lumière qui permet la vision : la lumière peut provenir de sources lumineuses comme le soleil ou les ampoules, mais aussi de tous les objets que nous voyons car ils réfléchissent la lumière.

I.2. Critères d'analyse de la vision

Les critères d'analyse de la vision sont des indices pour déterminer la qualité de la vision d'une personne. Les experts les utilisent souvent pour détecter une éventuelle déficience visuelle.

I.2.1. Acuité visuelle

L'acuité visuelle, un des critères de " bonne vision ", fait référence à la capacité de distinguer les informations que la vision apporte au cerveau et détermine la qualité de la vue.

Cette acuité visuelle peut être différente pour chaque œil. Elle est mesurée à l'aide d'optotypes au contraste maximal

Ce concept a été proposé il y a plus d'un siècle, notamment par Helmholtz [3], et reste d'actualité car l'acuité visuelle est toujours mesurée à l'aide de l'optotype au contraste maximum en clinique pour tester l'exploration de la fonction maculaire, cependant, la définition a évolué depuis. Michel Imbert [4] l'assimile à la capacité de discerner les détails fins des objets dans le champ de vision, pour CHEVALERAUD [5], cela correspond à la capacité d'apprécier les formes, c'est-à-dire d'interpréter des détails spatiaux mesurés par l'angle sous lequel ils sont observés.

En effet, il est difficile de trouver une définition unique de l'acuité visuelle en raison de la variété des approches d'exploration et de la manière dont les valeurs sont exprimées.

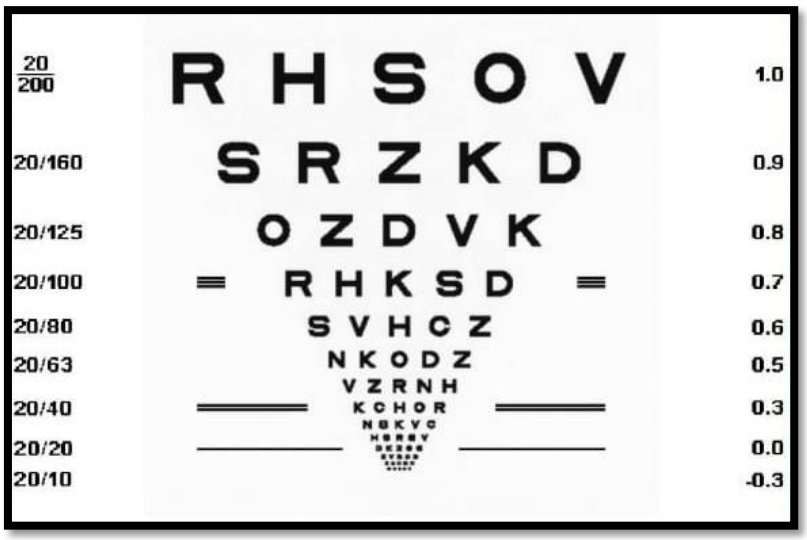


Figure I.3 : Exemple d'échelle d'acuité visuelle (optotypes). L'échelle est en fraction numérique (à gauche) et en unité log MAR (à droite) [6]

I.2.2. Le champ visuel

Le champ de vision (appelé aussi périmétrie) est la surface totale possible pour la perception visuelle lorsqu'une personne regarde vers l'avant. Le but de la périmétrie est de cartographier cet espace, lorsque l'œil fixe un point immobile qui se trouve directement devant lui.

Pour un œil sain, par rapport à l'axe optique de l'œil, le champ de vision normal est de 60° vers le nez, 100° vers la tempe, 65° vers le haut et 75° vers le bas. Dans les jumelles, le champ de vision est jusqu'à 200° (figure I.4).

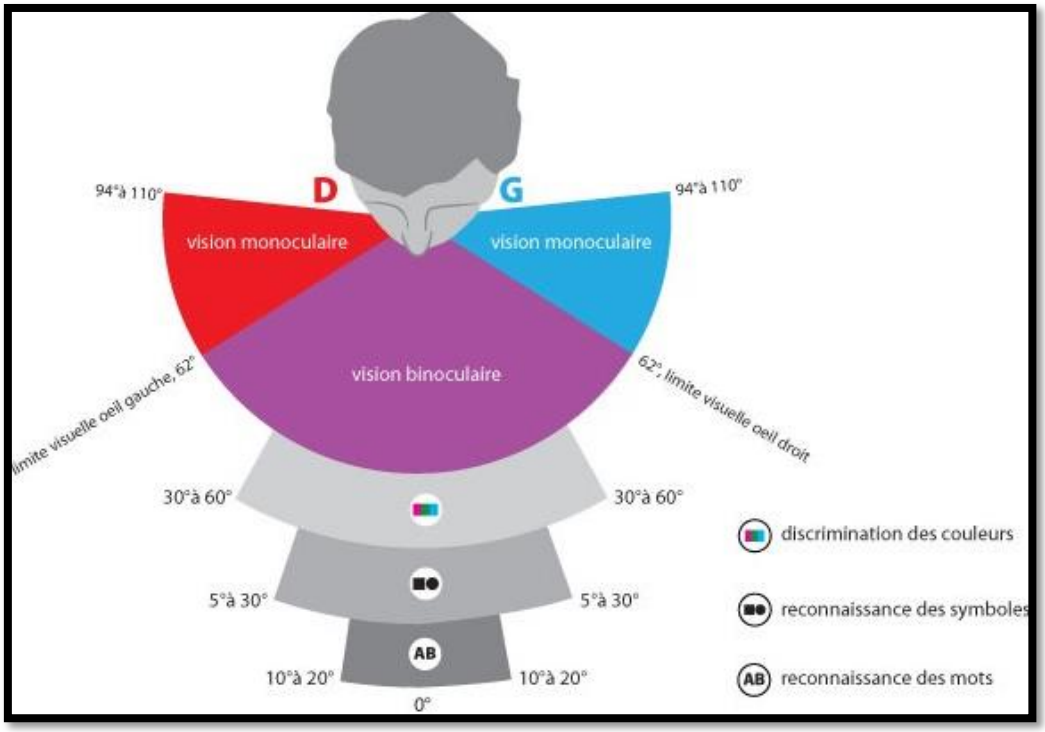


Figure I.4 : Champ de vision humain en degré [7]

I.3. Les déficiences visuelles

Derrière le terme de « déficience visuelle », qui n'est pas toujours lisible pour le grand public, se cachent plusieurs pathologies, de la malvoyance jusqu'à la cécité absolue, et parfois aussi un handicap invisible des autres.

La déficience visuelle désigne les troubles liés à la fonction visuelle, qui persistent après traitements (thérapeutiques, médicaux, chirurgicaux,..). C'est est le stade ultime d'une atteinte visuelle lorsque les différents traitements sont épuisés ou même limités à empêcher une aggravation [8].

La détermination de la déficience visuelle s'appuie sur deux critères : l'état du champ visuel et la mesure de l'acuité visuelle, cette dernière est toujours évaluée à partir du meilleur œil après correction

A partir de là, et selon l'organisation mondiale de la santé « OMS » on distingue deux catégories de personnes atteintes de déficience visuelle [9] :

- Les personnes aveugles, atteints de cécité, dont l'acuité visuelle corrigée est inférieure ou égale à 1/20
- Les personnes malvoyantes, atteints d'amblyopie, dont l'acuité visuelle après correction du meilleure œil est comprise entre 4/10 et 1/10.

I.3.1. La cécité

La cécité est un handicap défini comme l'absence de la vision d'un ou des deux yeux. Les personnes souffrant de cécité sont privées du sens de la vue, soit partiellement si c'est une cécité partielle ou totalement (cécité totale), de façon invalidante [10].

Il existe plusieurs degrés et plusieurs formes de cécité :

- La cécité amaurose : c'est la perte totale de la vision, et soudaine généralement, sans lésion décelable de l'œil, ni trouble fonctionnel du système optique. Elle peut être d'origine congénitale, toxique ou nerveuse.

- Cécité scotome : Un scotome est une anomalie du champ visuel de l'œil qui est causée par un dysfonctionnement au niveau de la rétine ou du nerf optique, produisant des taches lumineuses ou sombres dans le champ visuel.

- La cécité corticale est une perte de sensation visuelle liée à des lésions atteignant les voies optiques en arrière du corps genouillé latéral et plus particulièrement les cortex visuels primaires et plus particulièrement les cortex visuels primaires.

- L'amblyopie est la baisse de l'acuité visuelle.

I.3.2. La malvoyance

La malvoyance, dite aussi basse vision, est une déficience visuelle importante qui ne peut pas être totalement corrigée avec des lunettes, des lentilles de contact, un traitement médical, ni avec une opération chirurgicale. Cette déficience se caractérise donc par une vision des détails moins performante ainsi que par un champ de vision altéré [11].

Au quotidien, les malvoyants pourront ainsi discerner la forme d'un visage mais pas ses traits, percevoir les contours des mains mais pas les ongles, etc. La malvoyance s'accompagne par ailleurs d'une sensation d'éblouissement permanente à l'extérieur, et ce quelles que soient les conditions de l'éclairage. La nuit, la vision de la personne malvoyante est quasiment nulle. [12]. À mi-chemin entre la cécité et une acuité visuelle « normale », le malvoyant souffre au quotidien de gênes à divers degrés.

I.3.3. Evaluation de la déficience visuelle

L'organisation mondiale de la santé « OMS » dans la classification internationale des maladies et dans la classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé, a défini cinq catégories de déficiences, en tenant compte à la fois de la baisse de l'acuité visuelle et de la réduction du champ visuel.

Les catégories 1 et 2 correspondent à ce que l'on nomme communément la malvoyance (appelée aussi basse vision ou vision réduite), et celles de 3 à 5 correspondent à la cécité [9, 13].

- Catégorie 1 : déficience visuelle moyenne : L'acuité visuelle binoculaire corrigée est inférieure à 3/10 et supérieure à 1/10 et le champ visuel est d'au moins 20°.

- Catégorie 2 : déficience visuelle sévère : L'acuité visuelle binoculaire corrigée est inférieure à 1/10 et supérieure ou égale à 1/20 et le champ visuel est compris entre 10° et 20°.

- Catégorie 3 : déficience visuelle profonde : L'acuité visuelle binoculaire corrigée est inférieure à 1/20 et supérieure ou égale à 1/50 et le champ visuel est compris entre 5° et 10°.

- Catégorie 4 : cécité presque totale : Après correction, l'acuité visuelle des deux yeux inférieure à 1/50, mais la perception lumineuse est préservée, avec un champ visuel inférieur à 5°.

- Catégorie 5 : cécité absolue : Aucune perception de la lumière

Tableau I.1: Classifications des déficiences visuelles selon l'OMS (AVC signifie Acuité Visuelle Corrigée) [9]

Catégorie OMS	Conditions sur l'acuité visuelle et le champ de vision	Type d'atteinte visuelle	Type de déficience visuelle
Catégorie 1	1/10 < AVC < 3/10 champ visuel d'au moins 20°	Malvoyance (basse vision)	moyenne
Catégorie 2	1/20 < AVC < 1/10	Malvoyance (basse vision)	Sévère
Catégorie 3	1/50 < AVC < 1/20 5° < champ visuel < 10°	Cécité	Profonde
Catégorie 4	AVC < 1/50 mais perception lumineuse préservée champ visuel < 5°	Cécité	Presque totale
Catégorie 5	Cécité absolue, absence de perception lumineuse	Cécité	totale

I.3.4. Causes des déficiences visuelles

Les enfants comme les adultes peuvent souffrir des déficiences visuelles. Un enfant peut être touché dès la naissance, un adulte peut perdre la vision suite à une blessure ou suite à l'apparition d'une maladie oculaire. La vue d'un adulte peut décliner très rapidement ou progressivement [11].

La déficience visuelle survient le plus fréquemment avec l'âge. De nombreuses maladies oculaires sont des maladies liées au vieillissement. C'est pourquoi de nombreuses personnes âgées sont touchées par les problèmes de vue.

La susceptibilité aux lésions oculaires augmente significativement au-delà de 60 ans. Sachez que de nombreuses maladies oculaires peuvent passer inaperçues pendant plusieurs années. C'est pourquoi il est important que les personnes de plus de 60 ans consultent leur ophtalmologiste annuellement.

Chez l'enfant, les causes de la déficience visuelle varient d'un pays à l'autre. Par exemple, dans les pays à faible revenu, la cataracte congénitale est une cause principale, tandis que dans les pays à revenu intermédiaire, la rétinopathie du prématuré est plus souvent en cause. Comme chez les adultes, le défaut de réfraction non corrigé reste l'une des principales causes de déficience visuelle chez l'enfant dans tous les pays [9].

I.3.5. Quelques pathologies qui causent une déficience visuelle

I.3.5.1.La cataracte

Il s'agit d'une opacité partielle ou totale du cristallin, la lentille convergente située à l'intérieur de l'œil. Cette opacification est responsable de la perte progressive de la vision, initialement accompagnée d'une gêne à la lumière.
Si la cataracte n'est pas traitée, elle peut s'aggraver progressivement. La lentille ou le cristallin devient de plus en plus opaque et la personne finit par perdre complètement la vue.

I.3.5.2.Le glaucome

Le glaucome est une maladie oculaire chronique caractérisée par des lésions du nerf optique. C'est généralement une augmentation anormale de la pression du liquide dans l'œil. Cela provoque la dégénérescence des fibres nerveuses responsables de la transmission des informations de la rétine au cerveau. Dans le glaucome, les terminaisons nerveuses du nerf optique sont endommagées dans la rétine et le nerf optique perd progressivement ses fibres. Cela entraîne des dommages progressifs au champ visuel, où l'espace que l'œil voit se rétrécit progressivement, ce qui peut conduire à une cécité. Il existe deux principaux types de glaucomes, le glaucome à angle fermé (très douloureux) et celui à angle ouvert (asymptomatique) [14].

I.3.5.3. La Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age DMLA

La dégénérescence maculaire liée à l'âge, une maladie dégénérative rétinienne évoluant de manière chronique, est la maladie oculaire la plus répandue dans les pays industrialisés. Elle

atteint la rétine centrale, provoquant la déformation des lignes puis l'apparition de taches centrales permanentes. On distingue deux formes évolutives de DMLA, la forme atrophique (ou « sèche ») et la forme exsudative (ou « humide »)

I.3.5.4.La rétinopathie diabétique

La rétinopathie diabétique est une complication courante du diabète qui altère la fonction de la rétine. C'est la pathologie qui survient lorsque les vaisseaux sanguins rétiniens se détériorent. Trop de sucre peut altérer les vaisseaux sanguins de la rétine : ils peuvent se boucher ou se rompre. La vision est généralement floue et la personne sera gênée par l'apparition de taches noires.

I.3.5.5.Le trachome

Le trachome est causé par une infection bactérienne de l'œil. La bactérie Chlamydia trachomatis se propage en touchant les yeux et le nez d'une personne infectée. Au fil du temps, la maladie fait que les paupières se tournent vers l'intérieur et que les cils se frottent contre le globe oculaire, provoquant une douleur intense et un durcissement de la cornée. Ces lésions conduisent à une cécité irréversible.

I.4. Impact des déficiences visuelles

Les jeunes enfants atteints de déficience visuelle grave à un âge précoce peuvent subir des retards de développement moteur, psychologique, social, cognitif et langagier avec des conséquences à vie. Les enfants d'âge scolaire ayant une déficience visuelle peuvent également avoir de moins bons résultats scolaires.

La déficience visuelle affecte gravement la qualité de vie des adultes. Les adultes ayant une déficience visuelle ont généralement des taux d'activité et de productivité plus faibles, et des taux plus élevés de dépression et d'anxiété.

Pour les personnes âgées, la déficience visuelle peut entraîner un isolement social, des difficultés à marcher, un risque plus élevé de chutes et de fractures et une plus grande probabilité d'entrer plus tôt dans une maison de retraite [9].

I.5. Les difficultés rencontrées par les personnes atteintes d'une déficience visuelle

Les déficiences visuelles ont bien sûr des conséquences très importantes sur le quotidien des personnes atteintes. Pour une personne aveugle ou malvoyante, c'est difficile, voire impossible, de lire des textes ou les écrire, reconnaitre des objets. Interagir avec des personnes ou se sociabiliser est encore plus difficile, car ils ne peuvent pas reconnaître les personnes ce qui leurs faisant se sentir inférieurs et marginalisés. Aussi, toutes les tâches qu'une personne normal fait au quotidien, une personne avec une déficience visuelle aura du mal à les faire, tel que faire les courses, s'habiller, faire sa toilette, manger, se servir à boire, réaliser les tâches ménagères. Généralement, cette catégorie de personnes trouve aussi du mal à se déplacer (monter ou descendre les escaliers, marcher dans un espace inconnu).

La mobilité est une composante importante de la qualité de vie : une déficience visuelle, même partielle est susceptible de rapidement entraîner une gêne à la mobilité, notamment pour sortir de son domicile ou accéder aux moyens de transport.

Le maintien de cinq capacités en particulier est mis en avant par l'organisation Européen Blind Union:

- La lecture et l'écriture.
- L'orientation et la mobilité.
- Les activités quotidiennes.
- La communication.
- Le maintien d'activités visuelles.

Conclusion

La vue est un don très précieux de dieu, qu'il faut préserver puisque seul le déficient visuel connait et vit les difficultés du quotidien. Une déficience visuelle a de lourdes conséquences psychologiques et fonctionnelles, et de graves répercussions sur la qualité de vie des populations concernées.

Chapitre II : Systèmes pour les malvoyants

Introduction

Les déficiences visuelles limitent la capacité des personnes déficientes visuelles à accomplir les tâches quotidiennes et les empêchent de s'intégrer dans la société. Et parmi les grands problèmes que ces personnes rencontrent on cite la mobilité.

Se déplacer quand on ne voit pas devient une tâche complexe, tous les déficients visuels ont des problèmes à se déplacer surtout quand il s'agit d'espaces inconnues. Et comme les nouvelles technologies s'imposent de plus en plus au sein de notre quotidien, les déficients visuels ont aussi besoin d'utiliser de nouveaux moyens technologiques pour retrouver leur autonomie et sécurité dans leurs déplacements.

Ce chapitre est consacré à un état de l'art sur les systèmes pour les malvoyants. Dans un premier temps, nous présentons quelque chiffres et statistiques sur les déficiences visuelles dans le monde, ensuite, nous présentons les différentes solutions qui ont été proposées pour compenser la perte visuelle, et restaurer, si ce n'est un réel sens visuel, au moins certaines des fonctions perdues.

II.1. Déficience visuelle dans le monde

L'Organisation Mondiale de la Santé estime qu'environ 2,2 milliards de personnes dans le monde souffrent d'une forme de déficience visuelle. Selon un rapport fourni par l'organisation, il y a actuellement 284 millions de personnes malvoyantes et 39 millions de personnes aveugles dans le monde [9]. En 2015, 217 millions de personnes étaient atteintes d'une déficience visuelle modérée à sévère et 36 millions étaient aveugles à l'échelle mondiale. Ces chiffres devraient tripler d'ici 2050, le nombre de personnes aveugles pouvant passer à 115 millions et le nombre de cas modérés à graves à 588 millions contre 284 millions, en raison de la croissance démographique et de l'allongement de l'espérance de vie [15].

La plupart des personnes malvoyantes ont plus de 50 ans. Si l'on considère les groupes d'âge, on peut dire que 60% des personnes déficientes visuelles ont 65 ans et plus, et il y a 19 millions d'enfants déficients visuels. Étant donné que la plupart des déficiences visuelles sont liées à l'âge, le nombre de personnes touchées dans le monde continuera d'augmenter à mesure que la population continue de croître et de vieillir. Cependant, cette croissance devrait ralentir, à condition que le diagnostic et l'accès aux services de santé soient améliorés, et que les investissements dans le développement de nouveaux traitements augmentent, car 60 % des cas de cécité dans le monde peuvent être guéris et 20 % peuvent être évités [16].

II.2.Technologies pour les aveugles et malvoyants

Les technologies ne cessent de progresser et deviennent plus performantes chaque jour. Certaines permettent même de révolutionner des vies. De nos jours, appareils connectés, applications ou autres, la technologie progresse encore et encore pour améliorer le quotidien des personnes handicapées. Les avancées technologiques en matière de robotique, d'intelligence artificielle et de systèmes embarqués ont permis l'arrivée de procédés d'aide aux malvoyants pour améliorer leur quotidien en leur facilitant davantage la vie.

II.2.1. Les technologies disponibles sur le marché

II.2.1.1. Les tablettes tactiles

Les tablettes numériques pour transcrire le braille font partie des nouvelles technologies pour les aveugles. Encore en phase de recherche, cette tablette tactile destinée aux malvoyants et aveugles permet de reproduire instantanément des caractères Braille. C'est une idée révolutionnaire, cette tablette est une véritable aubaine car elle facilite le braille et aide à l'alphabétisation chez les aveugles. Dans un processus de développement continu, cette technologie intègre désormais des représentations en relief telles que des figures, des cartes et même des figures géométriques.

Alors que les outils de traduction en braille existent depuis un certain temps, la nouvelle technologie d'aujourd'hui pourrait être l'indice qui amène les aveugles à utiliser des objets connectés.

La startup autrichienne Blitab Technology a été pionnière dans le développement de cette tablette numérique braille. Elle utilise une technologie et des techniques à base de liquide pour créer des reliefs en braille, des reliefs graphiques et même des cartes. Auparavant, les tablettes braille n'étaient que mécaniques, leurs performances étaient donc limitées. Par exemple, ce nouveau projet peut transcrire instantanément le contenu d'une clé USB en braille. Il s'agit d'une nouvelle percée pour les personnes aveugles qui étaient auparavant exclues des nouvelles technologies. Selon Slavi Slavev, co-fondateur de Blitab Technology, « *Cette invention est révolutionnaire et nous souhaitons par-là résoudre un grand problème, qui est l'alphabétisation des personnes aveugles* » [17].

Blitab a été fondée à Vienne en 2014 par Kristina Tsvetanova et Slavi Slavev. Après plusieurs années d'expérimentation, ils ont présenté une tablette (figure II.1) avec un écran tactile et une matrice de 14 lignes pour l'affichage en braille de documents (pages Web, applications, texte,

etc.). Cette grille permet d'afficher 65 mots à la fois au lieu de 4 à 5 avec d'autres technologies, ainsi que des formes géométriques ou des plans. En termes d'autonomie, elle fonctionne pendant 5 jours si elle est utilisée 8 heures par jour

L'intérêt de cette technologie réside dans sa capacité à améliorer de nombreux aspects de la vie quotidienne des personnes déficientes visuelles :

- Dans l'enseignement, de tels outils permettent aux enfants de comprendre rapidement les visuels envoyés par l'enseignant. Les tablettes fonctionnent pour les informations textuelles, mais aussi pour les informations non textuelles (cartes du monde, formes, etc.). Auparavant, les ressources étaient rares et souvent coûteuses ;
- Il fournit un accès numérique en temps réel à l'information ;
- Avec seulement 1 % des livres publiés en braille, l'appareil fournira une littérature auparavant indisponible ;
- Cela permettra de lutter contre le chômage des déficients visuels. En fait, 75 % des personnes aveugles ou malvoyantes sont au chômage. Un tel dispositif pourrait s'avérer bénéfique pour effectuer de nombreuses tâches ;
- Ce dispositif permettra de lutter efficacement contre l'exclusion numérique et sociale des aveugles [18].



Figure II.1 : Blitab tablette [37]

II.2.1.2. Les lecteurs voix hautes

Bien que les bibliothèques numériques soient une ressource littéraire efficace pour les aveugles, les options restent limitées. En fait, même si les personnes aveugles peuvent lire des

livres retranscrits en braille ou en mode phonétique dans ce genre de bibliothèques, les options sont encore très limitées.

Conscients de ces problèmes rencontrés par les malvoyants, les experts ont créé des appareils qui lisent les textes plutôt que les aveugles.

- Le Media Lab du Massachusetts Institute of Technology (MIT) Lab a développé EyeRing (figure II.2), une bague qui lit le texte lorsque le doigt se déplace le long de la page. Cet anneau scanne le texte et le lit "à haute voix" en temps réel.
  Si la personne aveugle n'est pas sur la ligne de texte, des signaux vibratoires et sonores se déclenchent automatiquement pour avertir le lecteur. Par conséquent, les personnes malvoyantes ont toutes les possibilités de lire des livres, que ce soit sur des écrans numériques ou sous forme papier. La seule condition est que les caractères à lire ne dépassent pas 12 points.

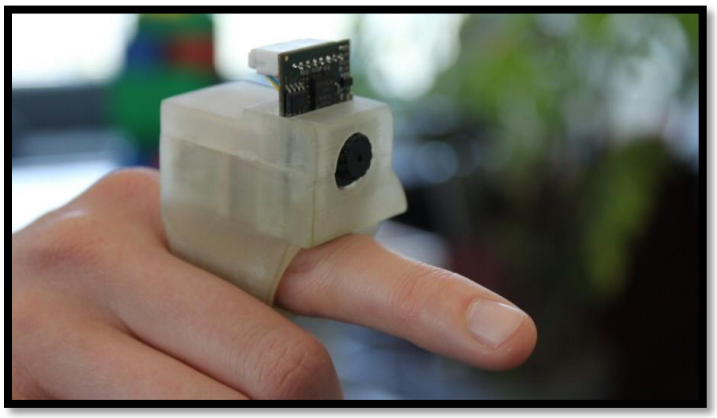


Figure II.2 : EyeRing [19]

- FingerReader (figure II.3) est une technologie qui permet aux personnes malvoyantes de lire librement des livres ou tout texte imprimé.
  C'est une amélioration de l'EyeRing, une autre technologie spécifiquement destinée aux malvoyants. Équipé d'une micro-caméra haute définition et de deux moteurs vibrants (bas et haut), il guide l'utilisateur pour lire l'intégralité du texte et l'avertit même de la fin d'une ligne ou d'une page. Cette technologie aide la personne à bien se positionner, bien s'orienter, et à ne pas s'écarter de sa trajectoire. FingerReader peut "lire" n'importe quel écran papier ou numérique. Il utilise actuellement des fils connectés à un ordinateur, mais les chercheurs envisagent de le développer sans fil.

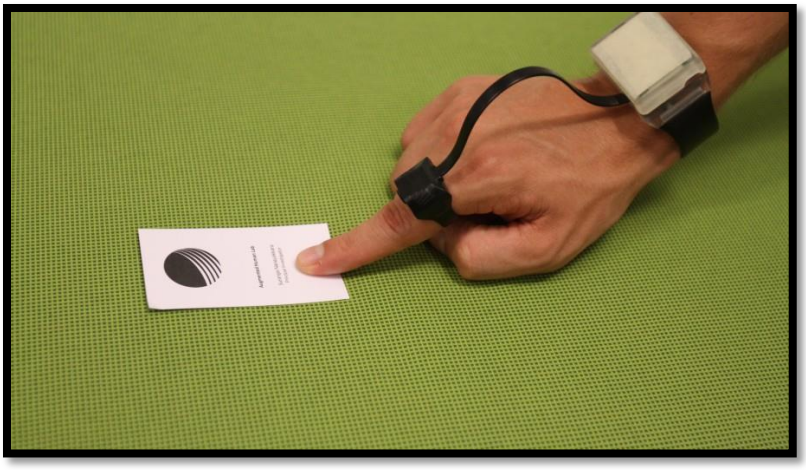


Figure II.3 : FingerReader [19]

- OrCam MyEye (figure II.4) est une autre nouvelle technologie développée par la société israélienne OrCam [20], une société fondée en 2010, par Amnon Shashua et M. Ziv Aviram. Depuis 2013, elle conçoit des lunettes capables de lire du texte à haute voix.

  Ce dispositif se compose d'une caméra inspirée de Google Glass, connectée à un petit ordinateur qui enregistre et traite les informations pertinentes. Le haut-parleur à conduction osseuse transmet un discours clair, lisant les mots ou l'objet pointé par l'utilisateur. Tous ces composants reposent sur des lunettes, qui peuvent même être personnalisés. L'appareil peut également s'adapter aux lunettes que la personne porte habituellement.

  Le système peut reconnaître des textes tel que des articles, des journaux, des numéros de bus aussi, des objets (en pointant leur nom), des feux de circulation ("feux verts par exemple"), et même les visages d'amis (en chuchotant leur nom à l'oreille).

  L'ORCAM dispose d'une grande quantité de données intégrées dans son système, mais les utilisateurs peuvent ajouter de nouvelles informations en secouant leurs lunettes ou en agitant leurs mains (pour ajouter des visages ou des lieux). L'appareil demandera alors immédiatement à l'utilisateur comment il souhaite stocker les informations dans sa bibliothèque. Cette application permet aux utilisateurs de stocker de nouvelles informations personnelles quotidiennes.

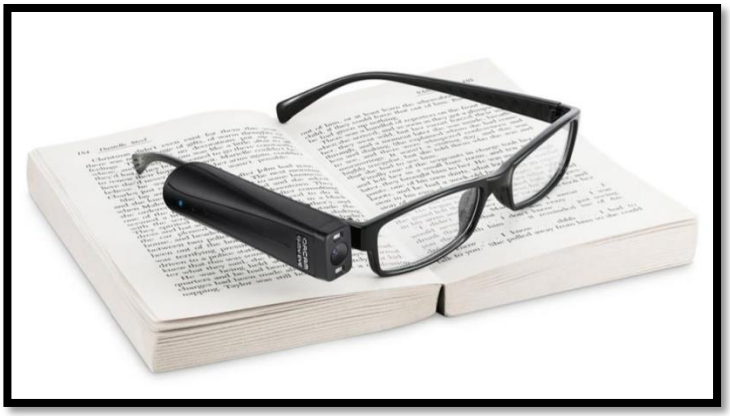


Figure II.4 : lunette intelligente OrCam MyEye [20]

II.2.1.3. Rétines artificielles

La rétine artificielle (figure II.5) est une technologie encore en phase de développement, c'est une révolution pour les personnes aveugles et les malvoyantes. Il s'agit d'un implant fixé directement sous la rétine, qui pourrait leur permettre de détecter à nouveau les signaux lumineux. Plus précisément, ce sont des photorécepteurs qui stimulent électriquement les neurones rétiniens. Les premiers dispositifs testés dans les années 1990 comprenaient 16 à 20 électrodes. Ils en comptent actuellement jusqu'à 1 500. Cependant, la perception visuelle d'un patient n'est pas directement liée au nombre d'électrodes, et pour que ce système fonctionne, les cellules nerveuses et le nerf optique doivent toujours être fonctionnels, ce qui n'est pas le cas de toute personne non-voyante.

Plusieurs appareils sont en cours d'évaluation. Trois d'entre eux ont reçu le marquage de l'autorité européenne (marquage CE) ; Argus II (Second Vision USA), Retina Implant (AG, Allemagne) et IRIS II (Pixium Vision, France). Argus II a également été approuvé par l'agence américaine (FDA) et est disponible et commercialisé en France. Les trois dispositifs existants ont fourni des résultats à peu près similaires. Les recherches se poursuivent pour améliorer les performances de ces différents systèmes [21].

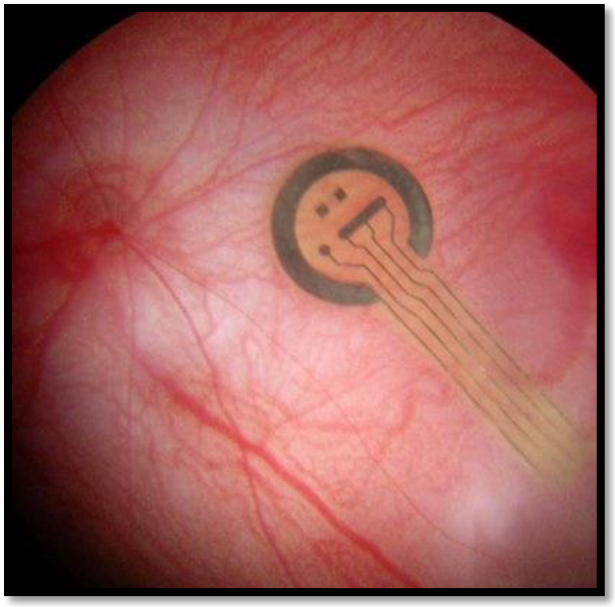


Figure II.5 : Implant de la rétine artificielle [21]

II.3.Systèmes d'aide à la mobilité des personnes malvoyantes et aveugles

De nombreux outils d'assistance existent pour aider à coordonner les besoins de mobilité et d'orientation des personnes aveugles, et de nombreuses technologies développées ou en phase de développement semblent aider ces personnes à se déplacer et à développer leur autonomie, mais qu'est ce que la mobilité d'abord ?

II.3.1. La mobilité

La mobilité, au sens le plus large du dictionnaire de l'académie française, est « capacité à se mouvoir ou à être mû ». Nous devons resserrer un peu cette définition. Notre mobilité concerne les personnes, contrairement à se mouvoir ou se déplacer, nous n'avons aucun intérêt à être mu. Cela représente non seulement la condition physique nécessaire, mais surtout la capacité générale de se rendre à l'endroit choisi. Dans l'ensemble, la mobilité représente la capacité des personnes à se déplacer là où elles veulent aller. C'est ainsi que Giudice la décrit : "La possibilité de naviguer d'un endroit à un autre " « The ability to navigate from place to place».

La différence fondamentale entre la mobilité des malvoyants et celle des voyants est que de nombreux mouvements qui paraissent anodins chez ces derniers sont loin de l'être pour les premiers. Cela conduit à une augmentation générale de la difficulté des déplacements.

II.3.2. La locomotion chez les déficients visuels

Tout déplacement nécessite ce qui suit :

- Sécurité
- Localisation
- Direction
- Information

Pour mieux appréhender les enjeux liés à la mobilité, il est nécessaire d'analyser les fonctions impliquées par cette dernière. Le nombre de fonctions requises varie selon le déplacement, mais il y a un ensemble minimum. Selon Pissaloux, il existe quatre fonctions principales associées à différents niveaux de conscience [22] :

1. La marche qui consiste à se déplacer en évitant les obstacles, et qui comprend les sous-fonctions suivantes :
    a. La détection d'obstacles
    b. La localisation (direction, distance) des obstacles par rapport à son propre corps
    c. L'estimation de la forme des obstacles.
2. L'orientation, c'est-à-dire la conscience ou la connaissance de sa position dans un trajet, par rapport à son point de départ et à sa destination. L'orientation est une fonction qui présuppose (dans ce cadre) l'existence d'un trajet et dont les sous-fonctions sont :
    a. L'identification de sa propre position
    b. L'identification de la position de la destination
    c. La détermination de la direction à prendre pour atteindre sa destination.
3. La conscience ou connaissance spatiale (*spatial awareness* et *spatial knowledge*), la connaissance mémorisée des lieux, ce qui inclut :
    a. La connaissance spatiale des lieux
    b. La connaissance « sémantique » des lieux (fonction sociale et urbaine)
    c. La connaissance des stimuli utiles potentiels, qui permettent par exemple d'identifier les points de repères.
4. La navigation est le plus haut niveau, et intègre l'utilisation des fonctions précédentes.

Se déplacer en milieu urbain est une opération délicate qui n'a rien de spontané.

Les personnes malvoyantes ne peuvent le faire qu'avec un apprentissage approfondi et un entrainement poussé. Ce mouvement non visuel s'apprend sur une longue durée et nécessite l'acquisition de nombreuses connaissances et de réflexes cognitifs spécifiques. La locomotion est donc un ensemble de savoirs et de pratiques qui permettent aux personnes déficientes visuelles de se déplacer de manière autonome et en toute sécurité d'un lieu à un autre en compensant partiellement leur handicap par d'autres stratégies.

En d'autres termes, la locomotion sans vision nécessite des capacités que les malvoyants doivent développer pour assurer les besoins mentionnés ci-dessus. Traditionnellement, les personnes malvoyantes utilisent une canne blanche (longue) ou un chien-guide pour se déplacer de façon autonome.

II.3.3. Moyens de compensation

Les méthodes d'indemnisation atténuent partiellement certaines difficultés, mais elles ne s'appliquent pas à toutes les situations de handicap. Si la personne est aveugle de naissance, ou si la cécité survient au long de sa vie ; Que la déficience visuelle soit progressive ou brutale, tous ces critères rendent les conséquences très individualisées et la capacité à accepter la déficience et à construire l'autonomie personnelle varie d'une personne à l'autre.

II.3.3.1. Aides humaines

- Pour traverser les grandes places, des carrefours dangereux, ou même les parcs.
- Pour le déplacement dans les bâtiments.
- Pour traverser les foules, s'orienter et se positionner dans les files d'attente ou même se promener dans les plateaux paysagers.
- L'assistance peut aussi être continue, comme avec des services d'accompagnement de transport ou des visites de monuments. Mais Cela nécessite du professionnalisme, ou au moins une sensibilisation des employés.



Figure II.6 : Aide humaine pour personne aveugle

II.3.3.2. Aides animaliers

Un chien-guide est un chien qui a été éduqué pour faciliter le quotidien de son propriétaire, le déficient visuel, notamment dans tous ses déplacements ; dressé par un éducateur diplômé pour favoriser l'autonomie, le confort et la sécurité du déficient visuel, et en même temps c'est un vecteur de communication considérable (figure II.7).

Par son éducation et son travail de guidage, ce chien apportera à son maître :

- **Autonomie dans ses déplacements** : le maître n'a plus besoin d'être accompagné par une tierce personne s'il connait bien son trajet.
- **Sécurité** : le chien va contourner naturellement les différents obstacles allant jusqu'à désobéir à son maître en cas de danger réel (Exemple : si le chien veut contourner une fosse et que le maître insiste pour aller tout droit, le chien se couche pour l'empêcher d'avancer)
- **Fluidité** : les trajets deviennent plus fluides et moins fatiguant avec l'aide du chien car tous les obstacles sont évités.
- **Un meilleur relationnel** : les gens entrent en contact plus facilement avec la personne déficiente visuelle lorsqu'elle possède un chien guide.
- **Une présence rassurante** à ses côtés permettant de rompre avec la solitude au quotidien [23].

À la fin de son éducation, le chien guide connait 50 ordres qui lui permettent :

- D'obéir aux ordres de directions
- D'identifier un obstacle, le signaler et le contourner
- Rechercher et emprunter un passage piéton
- S'arrêter devant un trottoir
- Sécuriser une montée ou descente d'escaliers
- Trouver certaines infrastructures comme une boîte aux lettres, un arrêt de bus, etc. [23].



Figure II.7 : Chien guide

II.3.3.3. La canne blanche

Historiquement, les personnes aveugles ont utilisé des cannes ou des bâtons pour se déplacer tout en évitant les obstacles sur leur chemin. Mais la canne blanche, à la fois aide à la mobilité et signe distinctif pour les aveugles et malvoyants, n'apparaît qu'au XXe siècle. Plusieurs versions de son origine exacte existent (figure II.8)

La première version affirmait que son inventeur était l'artiste britannique James Briggs. Après avoir perdu la vue en 1921, ce dernier a utilisé une canne blanche pour montrer aux passants qu'il était aveugle [24].

La seconde version raconte l'histoire d'une jeune fille parisienne qui était aveugle, il s'agit de Guilly d'Herbemont. En 1930 cette jeune française s'adressa à la rédaction du quotidien « L'écho de Paris » et proposa de fournir des cannes blanches aux aveugles de la région parisienne, en s'inspirant des bâtons des policiers qui gèrent la circulation. Le 7 février 1931,

Guilly d'Herbemont remet la première canne blanche en présence de plusieurs ministres et représentants d'associations d'aveugles. Bientôt, le précieux instrument sera utilisé par des milliers d'aveugles à Paris [24].

En Amérique du Nord, la découverte de la canne blanche est attribuée au Lions Clubs International. En 1930, un membre du club remarque un aveugle ayant des difficultés à traverser une intersection. L'automobiliste distinguait à peine sa canne noire de la route. Les membres de l'équipe ont donc décidé de peindre la canne en blanc pour la rendre plus visible. En 1931, le Lions Clubs International a fait la promotion de la canne blanche dans tout le pays. [24]. Dans certains pays ont eu lieu des manifestations mettant en avant la canne blanche et ses bienfaits pour l'autonomie des déficients visuels ; c'est aussi l'occasion de les sensibiliser aux problèmes auxquels ils sont confrontés au quotidien.

Aux États-Unis, comme en Suisse, le 15 octobre est une fête nationale, journée dédiée à la canne blanche. Le 6 octobre 1964, une résolution du Congrès américain autorisa le président des États-Unis à proclamer le 15 octobre de chaque année Journée de la sécurité de la canne blanche « White Cane Safety Day ». Le président Lyndon Johnson a été le premier à faire cette proclamation.

Au Canada, la semaine de la canne blanche a lieu chaque année lors de la première semaine de février. Cette tradition a été créée en 1947. En 1969, les Nations Unies (ONU) ont déclaré le 15 octobre comme « International White Cane » ; Suite à cette annonce, la cane blanche a connu de nouvelles croissances.



Figure II.8 : La canne blanche

C’est par la collision de la canne avec les obstacles bas ou debout (personnes, chaises, poteaux, etc.) que ces derniers peuvent être évités. L'écho de la canne balayant de droite à gauche sur le sol permet de représenter son environnement au sol et en hauteur. Mais vers la fin du vingtième siècle et avec l’avènement des capteurs électroniques, on commençait à parler sur des cannes électroniques et d’autres aides technologiques pour l’aide à la mobilité de ces déficients visuels.

II.3.4. Systèmes technologiques d’aide à la mobilité

À mesure que la technologie évolue, et en absence de la vision, la perception de l’espace devient un challenge quotidien pour les déficients visuels, et pour cela des modalités sensorielles (sonore, tactile, olfactive, kinesthésique) ont été déployées afin de percevoir et de comprendre l’environnement.

Il existe des systèmes d’assistance conçu pour traduire les informations visuelles en informations compréhensibles par d’autres modalités sensorielles, notamment tactile ou sonore. Typiquement, l’approche adoptée repose sur trois phases :

- L’acquisition d’information par des capteurs
- Le traitement des informations collectées
- La restitution de ces informations à travers une autre modalité sensorielle.

II.3.4.1. La canne électronique

Canne intelligente ou canne électronique; un système électronique calqué sur la canne blanche traditionnelle à la poignée, alimenté par des piles et équipé de capteurs à ultrasons qui signalent les obstacles sur le chemin des malvoyants par des vibrations (figure II.9). Par conséquent, il peut prédire la perception des obstacles avant qu'une personne déficiente visuelle ne touche un objet avec le bout de sa canne. En fait, c'est à partir de la connaissance et de la compréhension des chauves-souris que la canne s'est développée.

Les cannes électroniques existent depuis quelques années. Ce système a d'abord été conçu par M. René FARCY, enseignant-chercheur à l'Université de Paris XI, qui a expliqué qu'il s'agit d'un système qui mesure la distance au moyen d'un faisceau laser, et l'information est transmise par du son ou des vibrations.

En 2002, l'Association des Lions, qui a financé le projet, a présenté une nouvelle canne électronique, un appareil au look classique de canne blanche avec un boîtier sur le dessus. Et depuis 2006, le système se développe à l'étranger : Belgique, Italie, Espagne...etc.



Figure II.9 : Canne électronique

- TOM POUCE est un boitier électronique discret et détachable qui se fixe sur une canne blanche et la transforme instantanément en canne électronique. Grâce aux faisceaux infrarouges et laser vers le haut et vers l'avant, il peut prédire les obstacles mobiles et fixes tout en donnant une idée de la distance qui sépare la personne de l'obstacle en question. De ce fait, il offre une lecture très fine de l'espace et évite les chocs corporels et les collisions avec les objets et les obstacles, même ceux qui sont placés en hauteur. [25]. Lorsqu'un obstacle est détecté, il envoie une information à l'utilisateur sous forme de vibrations. Il est fourni gratuitement aux utilisateurs après une formation dans des centres spécialisés. Idéal pour les déplacements à l'extérieur et en plein air (figure II.10).



Figure II.10 : le boitier TOM POUCE [25]

- EYECAN est un système composé d'une webcam de résolution 320X240 fonctionnant à 30 Hz. La caméra est attachée à un ordinateur dans un sac à dos et montée sur une canne blanche (figure II.11). Une interface auditive a été développée pour renvoyer des informations à l'utilisateur. Grâce au streaming vidéo, le système est capable de détecter les obstacles sur le parcours et d'avertir l'utilisateur [26].



Figure II.11 : EYECAN [26]

- Ultra-Cane est une canne blanche électronique de 110 cm de longueur. elle représente une percée dans la technologie d'assistance pour les malvoyants (figure II.12).

  Le signal transmis à l'utilisateur peut lui assurer une protection à 100%, y compris le haut du corps : tête et torse. Chacun des deux capteurs fournit des données sur les dangers potentiels récents, notamment les plantes et leurs feuilles, les humains et leurs vêtements, etc. Ces données permettent à Ultra-cane d'être utilisé dans les zones à fort trafic ainsi que dans les espaces intérieurs. Chaque information est communiquée à l'utilisateur via deux petits boutons sous forme de vibreurs haptiques montés sur le manche moulé de la canne Ultra-cane



Figure II.12 : Ultra-Cane [27]

II.3.4.2. La casquette radar

Dominique ICART, responsable de Best Pluton Developments, a présenté le projet Radar Hat ou ce qu'on appelle casquette radar (figure II.13), un système capable de détecter des obstacles à haute altitude. . La première casquette radar, très légère, s'est avérée satisfaisante en termes d'efficacité, mais pas très discrète [28].

La casquette suivra la direction de la tête et ne détectera pas les obstacles sur le côté. A la demande des aveugles, un pendentif radar a été conçu et porté sur l'abdomen. Cependant, le radar à ultrasons présente l'inconvénient de générer des échos. Par conséquent, il est nécessaire de focaliser le faisceau afin qu'il réponde avec des caractéristiques de détection très précises. La distance de réponse minimale de l'appareil a été fixée à 1,20 mètre, mais elle fluctue en fonction de la vitesse d'approche des obstacles. De plus, les obstacles n'étaient détectés que sur le faisceau de 60 cm de large, mesurant une distance de 1,20 m.

Dans sa version de base, le système produit deux messages vocaux : « Stop » lors de la rencontre d'un obstacle et « Clear track » après un contournement. Par conséquent, l'outil est très facile à utiliser. Il doit être porté à hauteur du ventre pour protéger le corps, des genoux au front et sur toute la largeur de la personne.



Figure II.13 : Casquette Radar [28]

II.3.4.3. Les lunettes créant un espace auditif

Jose Luis GONZALES MORA présente un dispositif de lunettes qui crée un espace auditif. Cette technologie, issue de la recherche médicale, permet aux gens de se localiser et de détecter les obstacles. Il s'agit de créer un espace autour des gens grâce aux systèmes GPS. [28]. Ce projet multidisciplinaire vise à synthétiser des sons qui stimulent le cortex visuel. En fait, comme le démontrent les rêves et les hallucinations, il n'est pas nécessaire d'utiliser la rétine pour produire des sensations visuelles. Le projet vise à utiliser des interfaces capables de capter des informations et d'encoder des sons qui stimulent le cortex visuel (figure II.14).

Grâce au procédé de vision artificielle, des sons spatialisés peuvent être créés, comme dans les jeux virtuels. Ces sons sont envoyés au cortex auditif puis à la partie du cerveau qui concentre les informations sensorielles. Cette information spatiale parvient ainsi au cortex visuel.



Figure II.14 : les lunettes créant un espace auditif [28]

II.3.4.4. Tactile Vision System TVS

TVS (Tactile Vision System) est un dispositif de détection d'obstacles qui utilise deux caméras montées sur la ceinture. Il Crée une carte de profondeur en utilisant les images des deux caméras, capture et analyse la vidéo à une fréquence d'images de 10 ips [26].

Le principal avantage du TVS est qu'il s'attache à la ceinture (les mains de l'utilisateur restent libres), ne bloque pas l'ouïe et fonctionne en temps réel. La récupération des informations est effectuée par 14 vibreurs disposés de façon linéaire autour de la taille, où il y a correspondance entre la position de l'obstacle sur l'axe horizontal de l'image et le vibreur qui signale l'obstacle. Si l'obstacle est à gauche, le vibreur à l'extrémité gauche vibre, et ainsi de suite.

L'intensité de la vibration varie en fonction de la distance qui sépare la personne de l'obstacle. La vibration est faible lorsque l'obstacle est éloigné et la vibration est forte lorsque l'obstacle est proche. Le traitement est effectué par un ordinateur embarqué que la personne porte dans un sac à dos.



Figure II.15 : Le TVS [26]

II.3.5. Quelques systèmes proposés dans la littérature

Dans un article, Emeline C. Guevarra , Marck Ivan Reyes Camama , et Geonel Villanueva Cruzado présentent le système qu'ils ont conçu, il s'agit d'une canne de guidage avec notification vocale pour les personnes malvoyantes [29].

Le système consiste en un bâton de guidage basé sur un microcontrôleur capable de détecter plusieurs conditions de l'environnement telles que les obstacles devant, à gauche et à droite de l'utilisateur et de détecter les escaliers en montée et en descente. Le retour d'information est assuré par une sortie audio qui indique la direction à prendre ou la condition détectée par le capteur devant l'utilisateur. L'évaluation technique prouve que le dispositif était fonctionnel en termes de précision, de réactivité et de justesse. En revanche, lors de l'évaluation réelle du dispositif avec les personnes malvoyantes, le dispositif n'a pas été efficace. Il a également été constaté que le dispositif a le potentiel d'être utilisé efficacement par les malvoyants qui ont acquis leur cécité à un stade ultérieur de leur vie, à condition qu'ils aient une formation adéquate pour utiliser le dispositif tout en naviguant dans l'environnement physique.

Un autre document présente le travail que Mohd Helmy Abd Wahab , Amirul A. Talib, Herdawatie A. Kadir , Ayob Johari , A.Noraziah , Roslina M. Sidek , et Ariffin A. Mutalib ont menés. [30] C'est une étude qui aide les personnes malvoyantes à marcher avec plus de confiance. L'étude émet l'hypothèse qu'une canne intelligente qui alerte les malvoyants des obstacles qui se présentent à eux pourrait les aider à marcher avec moins d'accidents. L'objectif de leur article est d'aborder le travail de développement d'une canne qui pourrait communiquer avec les utilisateurs par le biais d'une alerte vocale et de vibrations, appelée Smart Cane. Le travail de développement implique le codage et l'installation physique. Une série de tests a été réalisée sur la canne intelligente et les résultats sont discutés. Cette étude a révélé que la canne intelligente fonctionne bien comme prévu, en alertant les utilisateurs des obstacles qui se trouvent devant eux.

Comme la personne déficiente visuelle ne peut pas reconnaître quelle est la taille d'un obstacle en utilisant la canne blanche, et quelle est la distance qui la sépare de cet l'objet, Il est difficile pour la personne aveugle de se déplacer ici et là.

Pour cela A.Nivedita, M.Sindhuja, G.Asha, R.S.Subasree, et S.Monisha ont developpés une canne intelligente [31]. Un capteur à ultrasons est utilisé pour détecter les obstacles. Lorsque l'obstacle est détecté, la caméra s'allume et détecte cet objet. Si un obstacle se présente devant une personne aveugle elle peut le savoir en entendant le son généré par le microphone. Le système est mis en œuvre à l'aide d'un RaspBerry Pi 3 Modèle B. Le capteur LDR est utilisé pour détecter la luminosité de l'environnement, c'est - à - dire pour détecter si l'environnement

est clair ou sombre. Ce système est très utile pour les personnes malvoyantes qui ont souvent besoin de l'aide des autres.

Conclusion

Le développement technologique ne cesse de trouver de nouvelles solutions et de nouveaux matériels pour aider les déficients visuels à s'intégrer dans la société et à faciliter leur vie notamment en matière de mobilité.

Les avancées technologiques en matière d'intelligence artificielle et de systèmes embarqués permettront une vie meilleure aux déficients visuels, mais le chemin reste long, il reste beaucoup à faire dans ce domaine pour pouvoir subvenir aux besoins de cette catégorie de personne.

Chapitre III : Description élémentaire du projet.

Introduction

A fin d'entamer les problématiques que les personnes déficientes visuelles rencontrent, plus précisément sur la problématique de la mobilité, l'idée de notre projet est de réaliser un système multifonctionnel pour aider à la mobilité de ces personnes.

Dans ce chapitre, nous indiquerons en détail le mode de fonctionnement de notre système conçu, nous allons étudier les différents blocs de ce dernier, et nous parlerons aussi sur les différents composants et matériels utilisés.

III.1. Description et fonctionnement du dispositif

Le système proposé dans cette étude a pour but d'aider les personnes malvoyantes et aveugles à se déplacer tout en étant en sécurité. Le dispositif qu'on a conçu se décompose principalement en 3 blocs ;

- Le premier bloc est un bloc de détection d'obstacles et d'alerte.

  Tandis que les personnes déficientes visuelles ne peuvent pas voir et localiser les obstacles qui se trouvent dans leurs chemins, on a réalisé un système qui permet de détecter les obstacles et alertera par la suite la personne par des messages vocaux, des bips sonores et une alarme vibrante.

- Le deuxième bloc est dédié à un système de localisation

  La fonction principale de ce bloc est de localiser la position de la personne déficiente visuelle à l'aide d'un module GPS, et envoyer par la suite un lien MAP pour l'un de ses proches. Ce bloc se devise en deux parties :

  - Si la personne est perdue, ne reconnait plus sa position ou son chemin, il suffit d'appuyer sur un bouton, et un lien MAP sera directement envoyé par message à l'un de ses proches défini précédemment.

  - Si une personne de la famille du déficient visuel se soucis de lui, si elle s'inquiète où est-il, en envoyant un message « find location » ou « t'es où ? »

sur le numéro inséré dans le système, un message incluant sa position sera immédiatement envoyée.

- Et pour le troisième et dernier bloc, il s'agit d'un système de surveillance des battements de cœur de la personne déficiente visuelle.

  L'intérêt de ce système est de détecter la survenue d'une crise de panique : en surveillant les battements de cœurs, en cas de détection d'un nombre dépassant les limites définies par l'OMS, un message SOS sera immédiatement envoyé à une personne de sa famille prédéfinie.

III.2. Constitution du système

Le dispositif réalisé dans ce projet est constitué de 4 unités :

- ***Unité de détection*** : composée de capteurs, qui constituent les éléments d'entrées du système.

- ***Unité de commande*** : composée d'un microcontrôleur permettant le traitement des données, pour la prise des décisions en adéquation avec les éléments d'entrées.

- ***Unité d'alerte et de signalisation*** : elle représente les éléments de sortie du système, qui peuvent être sous formes de : messages vocaux, bips sonores, vibrations, et des messages SOS vers un numéro Sim choisi.

- ***Unité d'alimentation*** : Constituée de deux batteries :

  - La première une batterie de 9V alimentant l'ensemble du système

  - La deuxième une batterie lithium ion de 3.7 V alimentant le module GSM

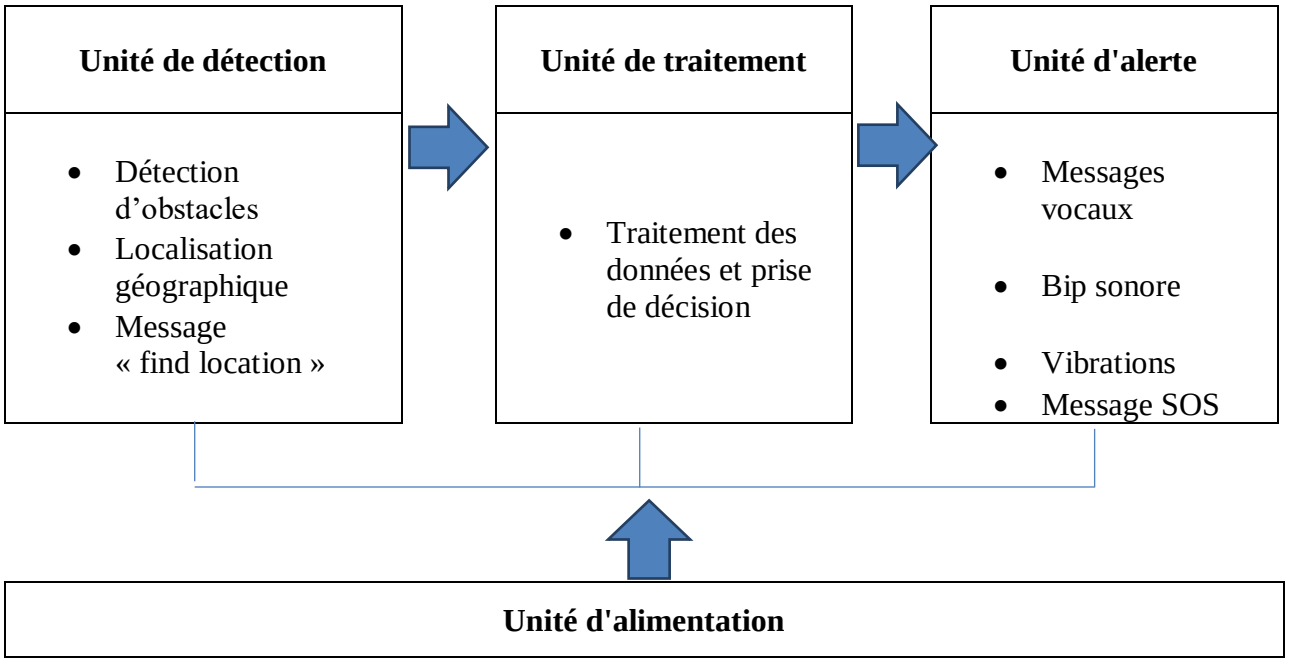


Figure III.1 : Schéma représente la constitution du système

III.3. Matériels choisis

Afin de répondre aux fonctionnalités attribuées à notre système, nous aurons besoin de différents matériels, dont une partie hardware et une partie software.

III.3.1. Partie Hardware

Pour la réalisation de notre projet, on utilise différents composants électroniques

III.3.1.1. Capteur à ultrason HC-SR04

Le capteur HC-SR04 est un capteur à ultrason, avec une tension de fonctionnement de 5 volts, il permet de déterminer la distance d'un objet, dispose d'un angle de mesure de 15° environ et offre une excellente plage de détection sans contact, avec des mesures de haute précision et stables. Son fonctionnement n'est pas affecté par la lumière du soleil ou les matériaux sombres, mais les matériaux tels que les vêtements peuvent être difficiles à détecter.



Figure III.2 : Capteur à ultrason HC-SR04

A. Caractéristique du capteur [32]

- Dimensions : 45 mm × 20 mm × 15 mm
- Plage de mesure : 2 cm à 400 cm
- Résolution de la mesure : 0.3 cm
- Largeur d'impulsion sur l'entrée de déclenchement : 10 µs (Trigger Input Pulse width)

B. Broches de connexion

- Vcc = Alimentation +5 V DC
- Trig = Entrée de déclenchement de la mesure (Trigger input)
- Echo = Sortie de mesure donnée en écho (Echo output)
- GND = Masse de l'alimentation

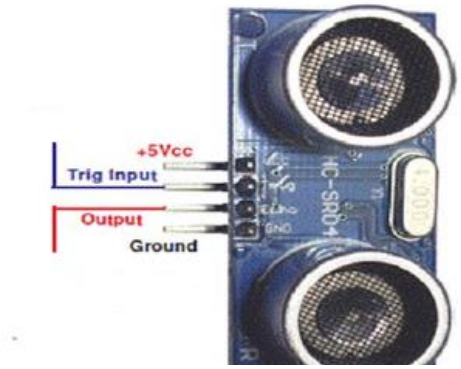


Figure III.3: Broches du capteur HC-SR04

C. Fonctionnement du capteur

Pour déclencher une mesure, une impulsion "High" (5 V) d'au moins 10 µs doit être fournie sur l'entrée "Trig". Le capteur émet alors une série de 8 impulsions ultrasonores à 40 kHz et attend un signal réfléchi. Lorsque celui-ci est détecté, il envoie un signal "haut" sur la sortie "Echo" pendant une durée proportionnelle à la distance mesurée.

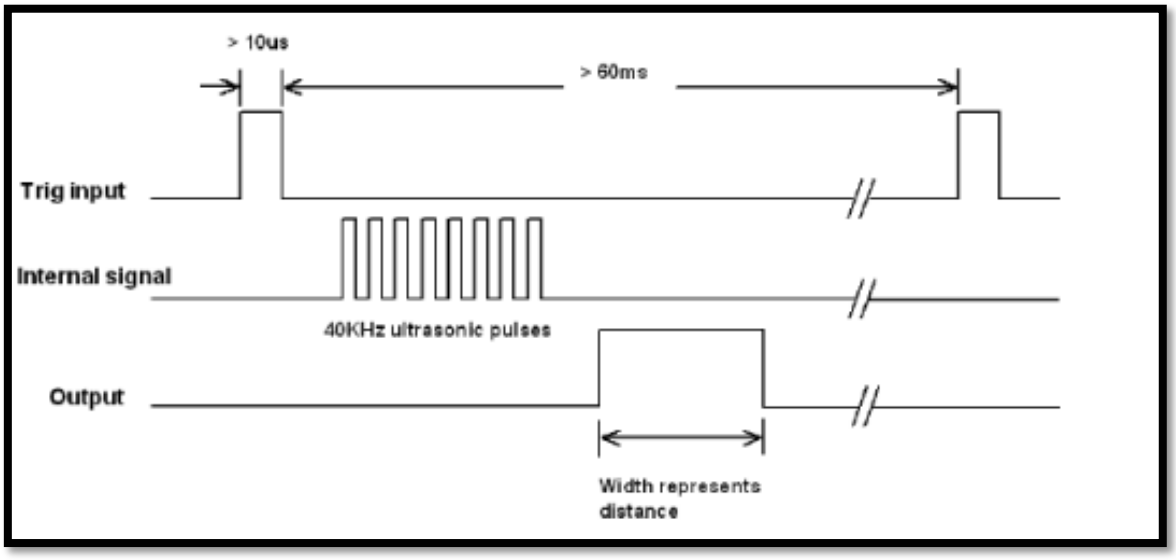


Figure III.4 : Fonctionnement du capteur.

D. Calcul de la distance

La distance entre le capteur et l'objet est représenté par la distance que le signal a parcouru, et sera calculée en fonction du temps que le signal a mis.

La distance parcourue par le son se calcule en multipliant la vitesse du son par le temps de propagation, soit : d = v × t (distance = vitesse × temps) ; Sachant que la vitesse du son est égale à 340 m/s (ou 34000 cm/1000000 µs).

Cependant, le temps mesuré représente la durée entre l'instant de l'émission et l'instant de la réception du signal, donc ce dernier parcourra 2 fois la distance entre le capteur et la surface (un aller-retour), pour cela on divise la valeur du temps mesuré par 2, ce qui nous donne finalement l'équation suivante :

Distance = Vitesse du son × temps / 2

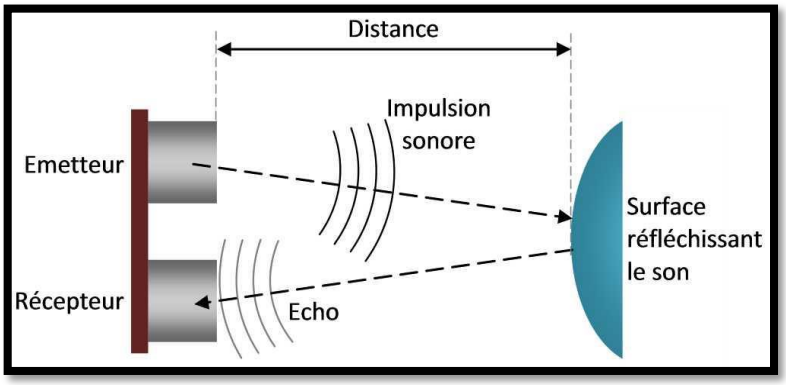


Figure III.5 : Principe de l'Echo

III.3.1.2. Servomoteur

Les servomoteurs appartiennent au groupe des moteurs électriques dont la principale caractéristique est leur très grande capacité de régulation et les possibilités de contrôle et de commande qui en découlent. Dans ce cas, le servomoteur permet un réglage précis de la position angulaire, de l'accélération et de la vitesse. Pour pouvoir fournir cette fonctionnalité, l'architecture de base d'un servomoteur comprend un capteur de position de rotor compatible en plus du moteur lui-même. Ceci est également connu sous le nom de capteur de position, de capteur de rotation ou de rétroaction du moteur et est capable d'enregistrer avec précision la position de l'arbre du moteur à un moment précis.



Figure III.6 : Servomoteur

A. Ses caractéristiques [33]

- La tension de fonctionnement est généralement de + 5 V
- Type d'engrenage : Plastique

- Rotation : 0°-180°
- Poids du moteur : 9gm
- Le lot comprend des cornes d'engrenage et des vis

B. Fils de connexion du moteur

- Fil rouge : Alimente le moteur généralement + 5V est utilisé (VCC)
- Fil marron : Fil de terre connecté à la terre du système (GND)
- Fil orange : Le signal PWM est transmis via ce fil pour entraîner le moteur

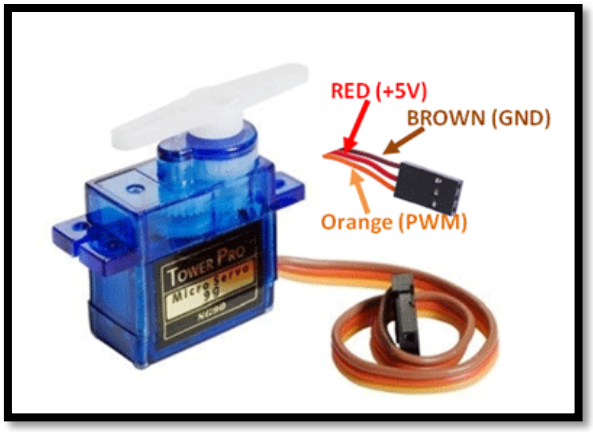


Figure III.7 : Brochage du servomoteur

C. Fonctionnement du moteur

Pour faire fonctionner ce moteur, nous devons alimenter le moteur avec + 5V en utilisant les fils rouge et marron et envoyer un signal PWM au fil orange. Nous avons donc besoin de quelque chose qui peut générer un signal PWM pour faire fonctionner ce moteur.

La fréquence du signal PWM généré doit être de 50 Hz, c'est-à-dire que la période PWM doit être de 20 ms. Son temps de marche peut varier de 1 ms à 2 ms. Ainsi, lorsque le temps de fonctionnement est de 1 ms, le moteur sera à 0 °, à 1,5 ms, le moteur sera à 90 ° et de même, lorsque le temps de fonctionnement est de 2 ms, il sera à 180 °. Ainsi, en modifiant le temps de fonctionnement de 1 ms à 2 ms, le moteur peut être contrôlé de 0° à 180°.

III.3.1.3. Moteur vibreur

Il s'agit d'un petit moteur vibrant qui peut être utilisé comme indicateur silencieux. Lorsque l'entrée est sur le mode HIGH, le moteur vibre, comme les téléphones en étant sur le mode silencieux ou vibreur.



Figure III.8 : Moteur Vibreur

A. Caractéristiques du moteur [34]

- Tension nominale: 5.0VDC
- Tension de fonctionnement: 3.0-5,3vdc
- Courant nominal: jusqu'à 60 mA
- Courant de démarrage: jusqu'à 90 mA
- Tension de démarrage: DC3.7V
- Résistance d'isolation: 10Mohm

B. Broches de connexion

- Vcc : Alimentation +5 V DC
- GND : Masse de l'alimentation
- In : broche, si en mode 1 le moteur vibre

III.3.1.4. Buzzer passif

Un buzzer est un élément électromécanique ou piézoélectrique qui émet un son lorsqu'une tension est appliquée. Un buzzer passif peut produire une série de tonalités audibles en fonction de la fréquence d'entrée, c'est-à-dire qu'il peut produire des tonalités comprises entre 1,5 et 2,5 kHz



Figure III.9 : Buzzer passif

A. Caractéristiques [35]

- Tension nominale: 5 V
- Tension de fonctionnement: 4 à 7 V
- Sortie sonore: minimum 85db
- Consommation de courant: maximum 25mA
- Température de stockage: -30 à +70 degrés Celsius

III.3.1.5. Speaker (haut parleur)

Le speaker est un composant piézoélectrique, son rôle est de sortir des signaux sonores.

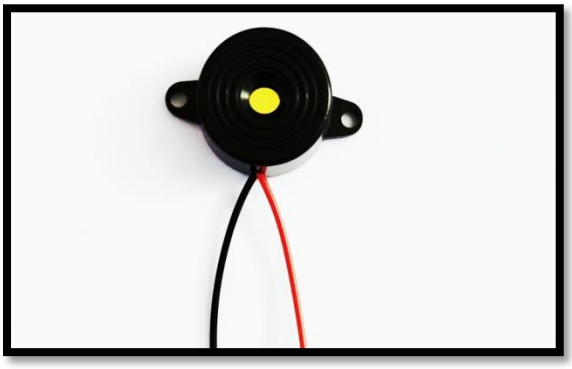


Figure III.10 : Speaker SHD4216

A. Caractéristiques [36]

- Tension nominale : 12V
- Plage de tension : 3 ~ 24V
- Courant nominal : 12mA à 12VDC
- Fréquence acoustique : 100dB à 12VDC
- Température de fonctionnement : -20- + 45 °° ℃
- Température de stockage : -20- + 60 tous

III.3.1.6. Le module GPS NEO6MV2

C'est un récepteur GPS de la série NEO-6; basé sur le moteur de positionnement haute performance U-box 6,

Le module peut suivre 22 satellites à travers le monde et identifier les positions, et peut effectuer 5 mises à jour de position en 1 seconde, avec une précision de positionnement horizontal de 2,5 m. Le moteur de positionnement U-blox 6 dispose également d'un temps de première correction (Time-To-First-Fix : TTFF) ou temps dit de réponse inférieur à 1 seconde.

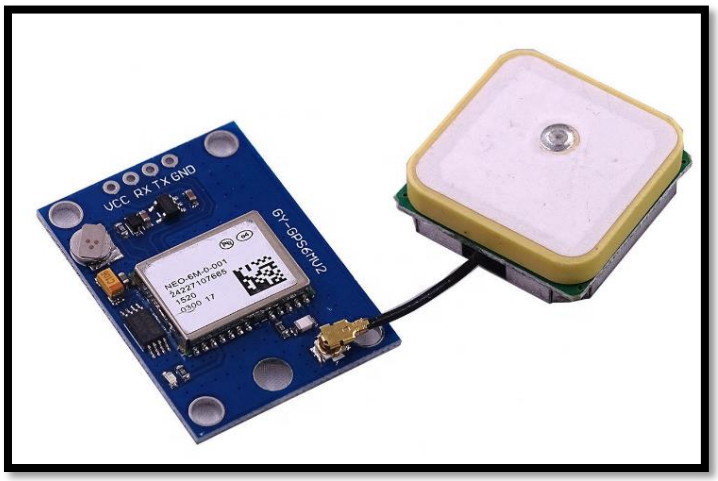


Figure III.11 : Le module GPS NEO6MV2

A. Comment fonctionne le GPS ?

Le GPS est un système de plus de 30 satellites de navigation en orbite autour de la terre. Nous savons où ils se trouvent dans l'espace car ils transmettent constamment des

informations à la Terre sur leur emplacement et l'heure actuelle sous la forme de signaux radio.

Déterminer la position d'un objet veut dire déterminer la position du récepteur sur terre ; Les récepteurs GPS écoutent ces signaux que les satellites transmettent, et calculent la distance que les éloignent de ces derniers ; Une fois que le récepteur a calculé la distance à au moins trois satellites GPS, il peut déterminer l'emplacement ou la position. Ce processus est appelé trilatération.

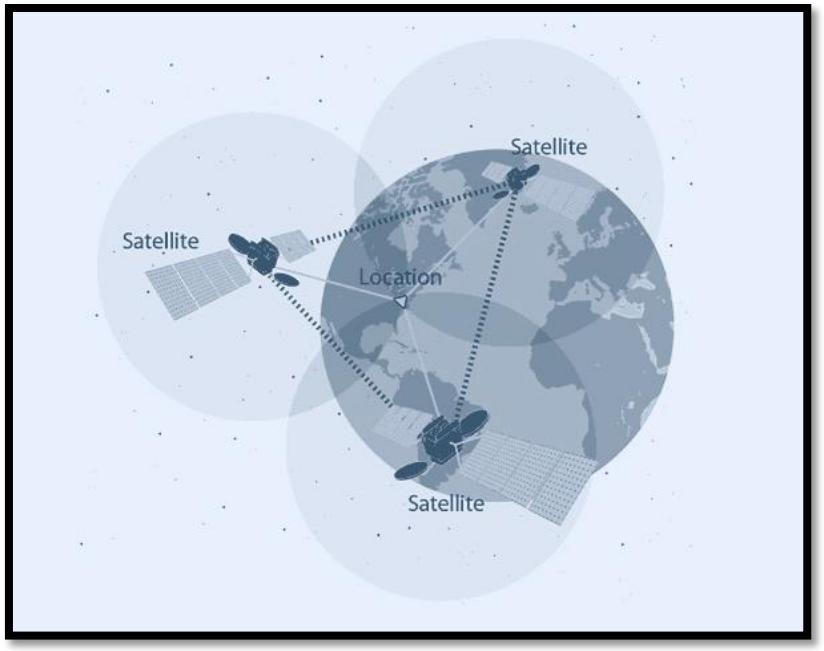


Figure III.12 : Principe de trilatération

B. Description du module

Au cœur de ce module se trouve une puce GPS de U-blox - NEO-6M. L'une des meilleures fonctionnalités offertes par cette puce est le mode d'économie d'énergie (PSM). Cela peut réduire la consommation d'énergie du système en allumant et éteignant sélectivement certaines parties du récepteur, ce qui réduit considérablement la consommation d'énergie du module à seulement 11 mA, et le rend adapté aux applications sensibles à l'alimentation telles que les montres GPS.

Le module contient également une LED pour indiquer l'état de la "position fixe". Il clignotera à des rythmes différents selon l'état dans lequel il se trouve :

- Ne clignote pas - il recherche des satellites.
- Clignote toutes les 1 seconde - Position fixe trouvée (le module peut voir suffisamment de satellites).

Le module est équipé d'une EEPROM série à deux fils HK24C32. Il a une taille de 4 Ko et se connecte à la puce NEO-6M via I2C. Le module contient également une pile bouton rechargeable qui agit comme un super condensateur. L'EEPROM et la batterie aident ensemble à maintenir le BBR (Battery Backed RAM). Le BBR contient les données d'horloge, les données de dernière position (données d'orbite GNSS) et la configuration du module. Mais cela ne fonctionne pas pour le stockage permanent des données.

La batterie est automatiquement chargée lorsque le module est sous tension et les données de mise hors tension peuvent être stockées pendant deux semaines.

Le module dispose d'une antenne patch de sensibilité de -161 dBm pour recevoir les signaux radio des satellites GPS.

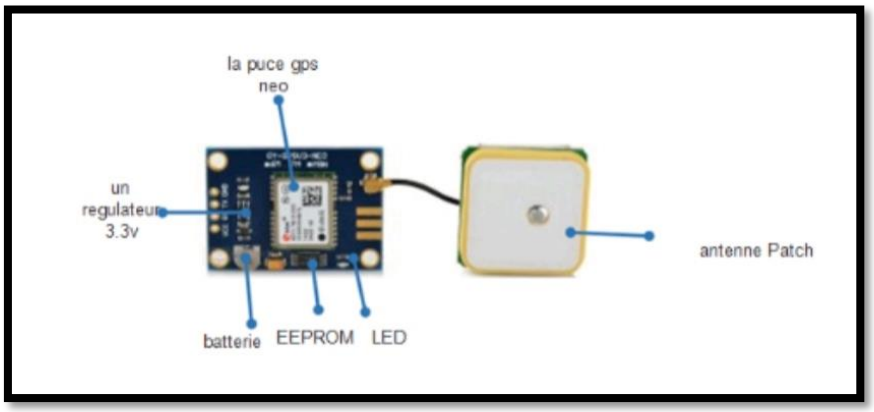


Figure III.13 : Composants du module GPS NEO6MV2

C. Caractéristiques [37]

- Plage d'alimentation : 3 V à 5 V
- Antenne en céramique
- EEPROM pour enregistrer les données de configuration lors de la mise hors tension
- Batterie de secours

- Indicateur de signal LED
- Diamètre du trou de montage : 3 mm
- Débit en bauds par défaut : 9600 bps
- Taille du module 23 mm × 30 mm
- Taille d'antenne 12 × 12mm
- Câble : 20 mm

D. Brochage du module GPS NEO-6M

Le module GPS NEO-6M possède un total de 4 broches :

- Vcc : Alimentation +5 V DC
- GND : Masse de l'alimentation
- Tx : émetteur, broche utilisée pour la communication série.
- Rx : récepteur, broche utilisée pour la communication série.



Figure III.14 : Broches du module

E. Protocole de communication

Le module communique avec le satellite via le protocole NMEA, de sorte que toutes les données reçues par le récepteur du satellite sont au format NMEA.

NMEA est l'acronyme de National Marine Electronics Association ; il s'agit de la forme standard des données GPS, chaque trame de données NMEA se compose de phrases, chaque phrase a une signification. Il existe de nombreuses phrases dans la norme NMEA. Les plus courants sont :

- $GPRMC fournit l'heure, la date, la latitude, la longitude, l'altitude et la vitesse estimée.
- $GPGGA fournit des données fixes de base qui fournissent des données de position et de précision 3D.

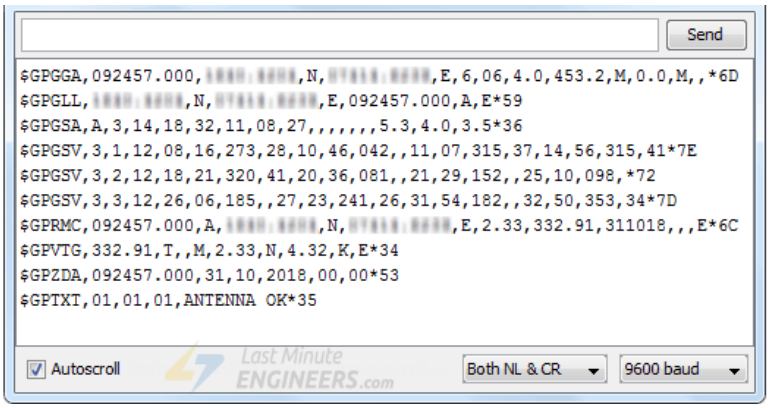


Figure III.15 : Exemple des données NMEA

$GPRMC, 123519, A, 4807.038, N, 01131.000, E,022.4, 084.4, 230394, 003.1, W*6A

Latitude Longitude

Heure actuelle en UTC – 12:35:19

Global Positioning Recommended Minimum Coordinates

III.3.1.7. SIM800L GSM/GPRS

Le module SIM800L GSM/GPRS est un modem GSM miniature qui peut être utilisé tout comme un téléphone portable, c'est à dire il peut accomplir presque tout ce qu'un téléphone portable normal peut faire, comme envoyer des messages SMS, passer des appels téléphoniques, se connecter à Internet via GPRS

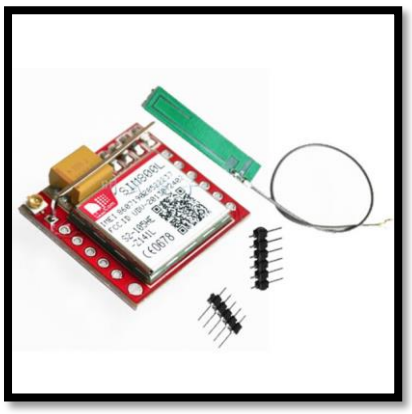


Figure III.16: le module sim800l GSM/GPRS

A. Description du module

Au cœur du module se trouve la puce cellulaire GSM SIM800L de Simcom ; la puce fonctionne de 3,4 V à 4,4 V

Une antenne externe est nécessaire pour connecter le module au réseau. Le module est généralement livré avec une antenne hélicoïdale qui peut être soudée au module. La carte dispose également d'un connecteur U.FL au cas où une personne souhaite brancher un autre type d'antenne ou éloigner l'antenne de la carte

Le module contient aussi un porte-carte SIM à l'arrière ; Toute carte Micro SIM 2G fonctionnera parfaitement.

Dans le coin supérieur droit du module SIM800L se trouve une LED qui indique l'état du réseau cellulaire. Il clignote à des rythmes différents selon l'état dans lequel il se trouve :

- Clignotant toutes les 1 secondes : Le module fonctionne, mais n'a pas encore établi de connexion au réseau cellulaire.
- Clignote toutes les 2 secondes : la connexion de données GPRS demandée est active.
- Clignotement toutes les 3 s : Le module a établi le contact avec le réseau cellulaire et peut envoyer/recevoir des messages vocaux et texte.



Figure III.17 : Les composants du module GSM SIM800L

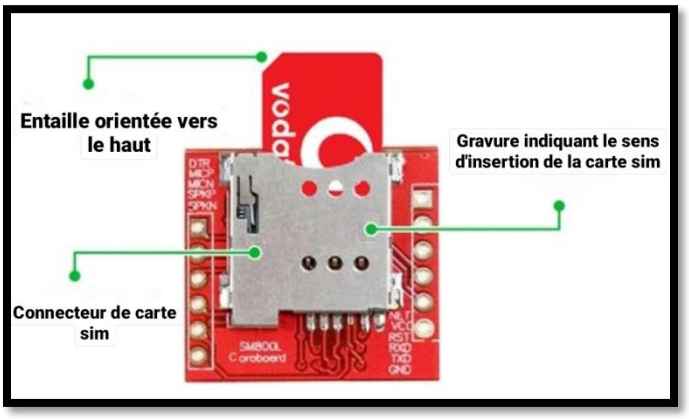


Figure III.18: La face arrière du module

B. Caractéristiques [38]

- Recevez et passez des appels à l'aide des sorties haut-parleur et microphone
- Recevoir et envoyer des SMS
- Écoutez les émissions de radio FM
- Contrôlé par AT Command
- Prend en charge l'horloge en temps réel
- Plage de tension de fonctionnement 3,4 V ~ 4,4 V
- Faible consommation d'énergie, 1mA en mode veille
- Carte micro SIM

C. Brochage du module GSM SIM800L

Le module SIM800L a un total de 12 broches :

- **NET** : broche pour insérer l'antenne hélicoïdale fournie avec le module.
- **Vcc** : alimente le module, compris entre 3,4 V et 4,4 volts. 5V endommagera probablement le module
- **RST** : broche de réinitialisation matérielle.
- **Rx** : récepteur, pin est utilisé pour envoyer des commandes au module
- **Tx** : émetteur, la broche transmet les données du module au microcontrôleur.
- **GND** : la broche de terre.
- **RING** : Un pin pour l'interruption de programme
- **DRT** : Activer le mode repos
- **MIC** : Entrée différentiel pour le microphone
- **Spraker** : Entrée différentie pour le haut-parleur

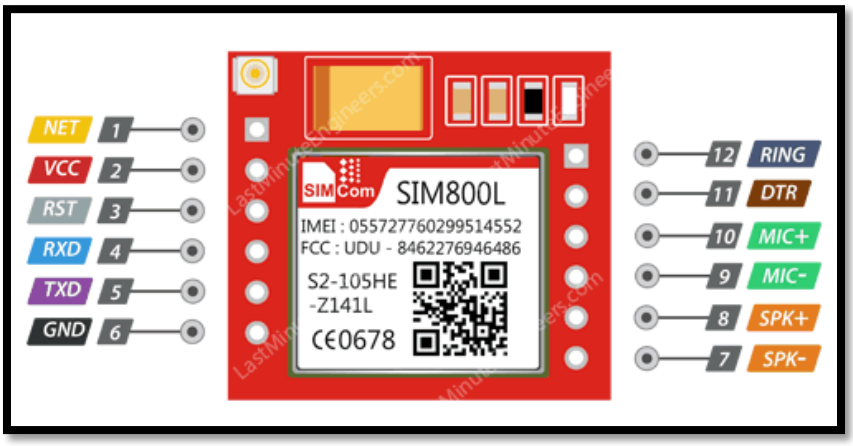


Figure III.19 : Broches du module GSM SIM800L

III.3.1.8. Capteur de rythme cardiaque : pulse sensor

Le capteur de pouls (pulse sensor) est un capteur de fréquence cardiaque. Il est utilisé pour mesurer le rythme cardiaque au niveau des doigts

Lorsque la pression artérielle fluctue, le capteur réagit aux changements de transparence des doigts avec un rayonnement infrarouge LED

Il combine essentiellement un simple capteur de fréquence cardiaque optique avec des circuits d'amplification et d'annulation du bruit pour obtenir des lectures de pouls fiables rapidement et facilement.



Figure III.20: Capteur de fréquence cardiaque

A. Fonctionnement du capteur

Le capteur de fréquence cardiaque se compose d'un phototransistor et d'une LED infrarouge. La lumière infrarouge de la LED pénètre dans le phototransistor par le doigt. Lorsque la pression artérielle dans les capillaires du doigt change, la résistance du phototransistor change également.

Pour assurer des lectures de capteur stables, le phototransistor doit être tenu à l'écart de la lumière du soleil ou de la lumière artificielle pour éviter toute interférence supplémentaire.

B. Caractéristiques [39]

- 0.625'' (~16mm) de diamètre
- Indique le rythme cardiaque par une led
- Voltage = 3V à 5V
- Courant : ~4mA pour 5V
- Fournit un signal numérique de sortie directe pour la connexion à un microcontrôleur.

C. Brochage du capteur

Le capteur est livré avec un câble plat de 24 pouces avec 3 connecteurs mâles

- S (Signal) : broche du signal de sortie. Se connecte à l'entrée analogique d'un Arduino.
- + (VCC) : broche d'alimentation, se connecte à 3,3 ou 5V.
- - (GND) : la broche de terre.

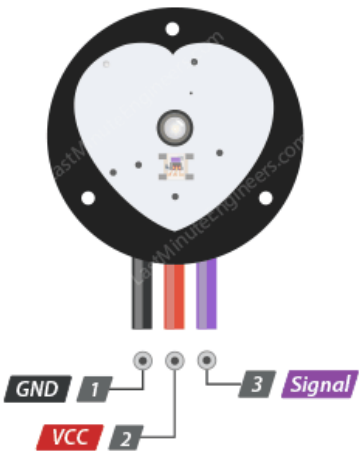


Figure III.21 : Brochage du capteur de rythme cardiaque

III.3.1.9. Carte Arduino

L'Arduino est une carte électronique en Matériel Libre pour la création artistique interactive. Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATMega328. Elle peut servir:

- Pour des dispositifs interactifs autonomes simples.
- Comme interface entre capteurs/actionneurs et ordinateur.
- Comme programmateur de certains microcontrôleurs

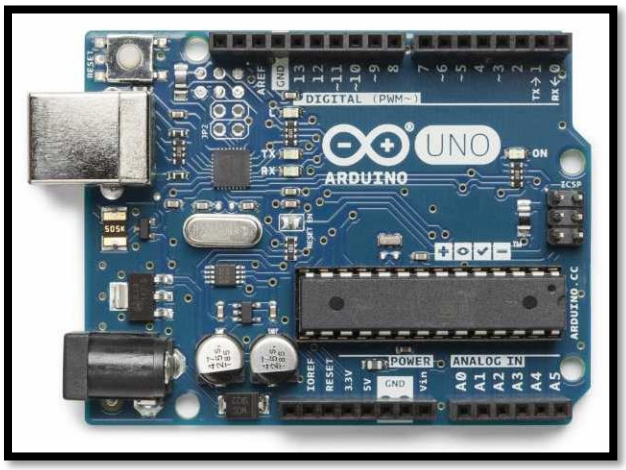


Figure III.22 : La carte Arduino

La carte dispose :

- 14 broches numériques d'entrées/sorties (dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)),
- 6 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches
- Entrées/sorties numériques),
- Un quartz 16Mhz,
- Une connexion USB,
- Un connecteur d'alimentation jack,
- Un connecteur ICSP (programmation "in-circuit"),
- Un bouton de réinitialisation (reset).

A. Caractéristiques principales de la carte [40]

- Alimentation:
  - via port USB ou
  - 7 à 12 V sur connecteur alim 5,5 x 2,1 mm
- Microprocesseur: ATMega328
- Mémoire flash: 32 kB
- Mémoire SRAM: 2 kB
- Mémoire EEPROM: 1 kB
- Interfaces:
  - 14 broches d'E/S dont 6 PWM
  - 6 entrées analogiques 10 bits
  - Bus série, I2C et SPI
- Intensité par E/S: 40 mA
- Cadencement: 16 MHz
- Gestion des interruptions
- Fiche USB B
- Version: Rev. 3
- Dimensions: 74 x 53 x 15 mm

B. Description de la carte

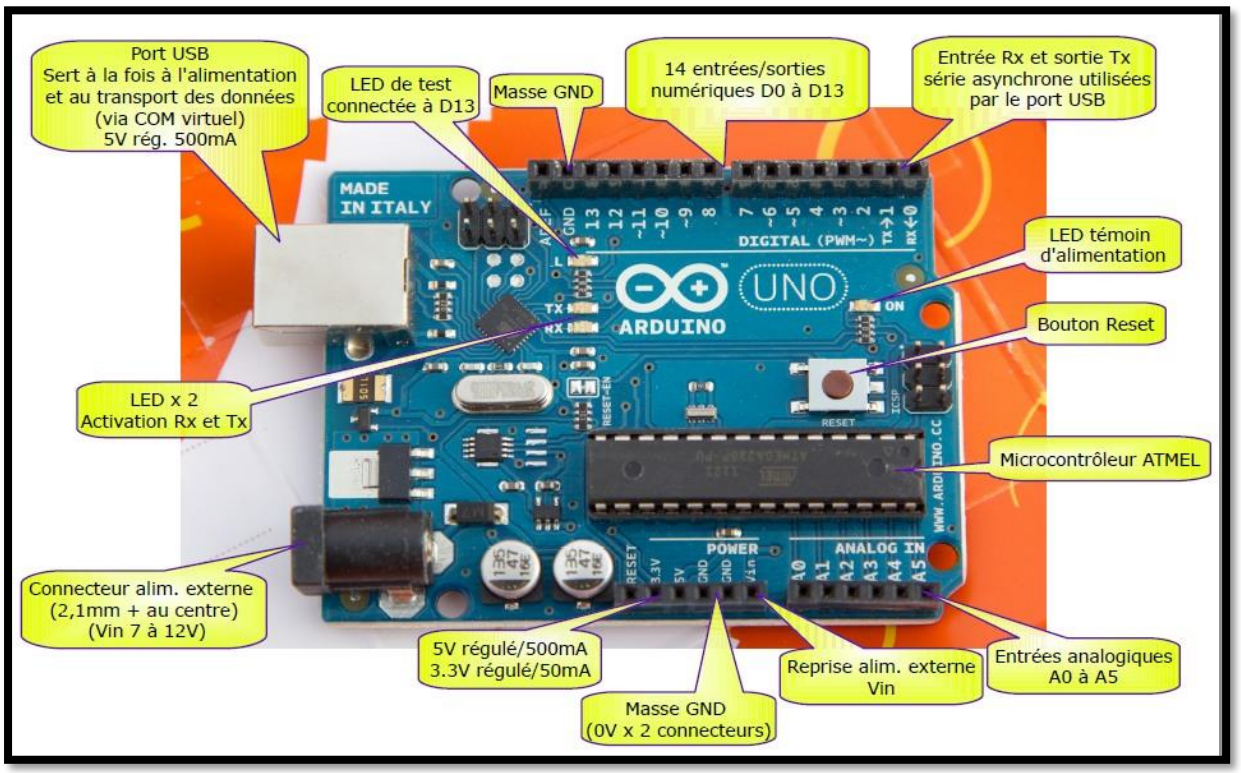


Figure III.23 : Description de la carte Arduino

C. Alimentation de la carte

La carte Arduino Uno peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe.

La source d'alimentation externe (non USB) peut être un adaptateur secteur (généralement capable de fournir de 3 V à 12 V à 500 mA) ou une batterie (ou un accumulateur). L'adaptateur secteur peut être connecté en insérant la fiche centrale positive de 2,1 mm dans le connecteur jack de la carte. Les fils de la batterie ou du bloc-batterie peuvent être branchés sur les connecteurs à broches de la carte : Gnd (masse ou 0 V) et Vin (tension d'entrée positive).

La carte peut fonctionner à partir d'une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la tension d'alimentation de la carte est inférieure à 7 V, la broche 5 V peut fournir moins de 5 V et la carte peut devenir instable. Si plus de 12 V sont utilisés, le régulateur de tension de la carte peut chauffer et endommager la carte. De plus, la plage de tension idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est de 7V à 12V.

III.3.2. Partie Software

Dans le but de réaliser notre système, on a eu recours aux différents logiciels

III.3.2.1. Arduino IDE

Pour la programmation de notre microcontrôleur, on a utilisé le logiciel Arduino IDE

Le logiciel Arduino est un Environnement de Développement Intégré (IDE) open source et gratuit, téléchargeable sur le site officiel Arduino

L'IDE Arduino permet :

- D'éditer un programme : des croquis (sketch en Anglais), les programmes sont écrits en langage Arduino
- De compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino, la compilation est une traduction du langage C vers le langage du microcontrôleur

La console donne des informations sur le déroulement de la compilation et affiche les messages d'erreur.

- De téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino, le téléversement (upload) se passe via le port USB de l'ordinateur.

La console donne des informations sur le déroulement du téléversement et affiche les messages d'erreur.

- de communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal (ou moniteur série). pendant le fonctionnement du programme en mémoire sur l'Arduino, il peut communiquer avec l'ordinateur tant que la connexion est active (câble USB, …)

Cet espace de développement intégré (IDE) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino comporte :

- Une **BARRE DE MENUS** comme pour tout logiciel une interface graphique (GUI),
- Une **BARRE DE BOUTONS** qui donne un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel et fait toute sa simplicité d'utilisation,
- Un **EDITEUR** (à coloration syntaxique) pour écrire le code des programmes, avec onglets de navigation,
- Une **ZONE DE MESSAGES** qui affiche indique l'état des actions en cours,
- Une **CONSOLE TEXTE** qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme

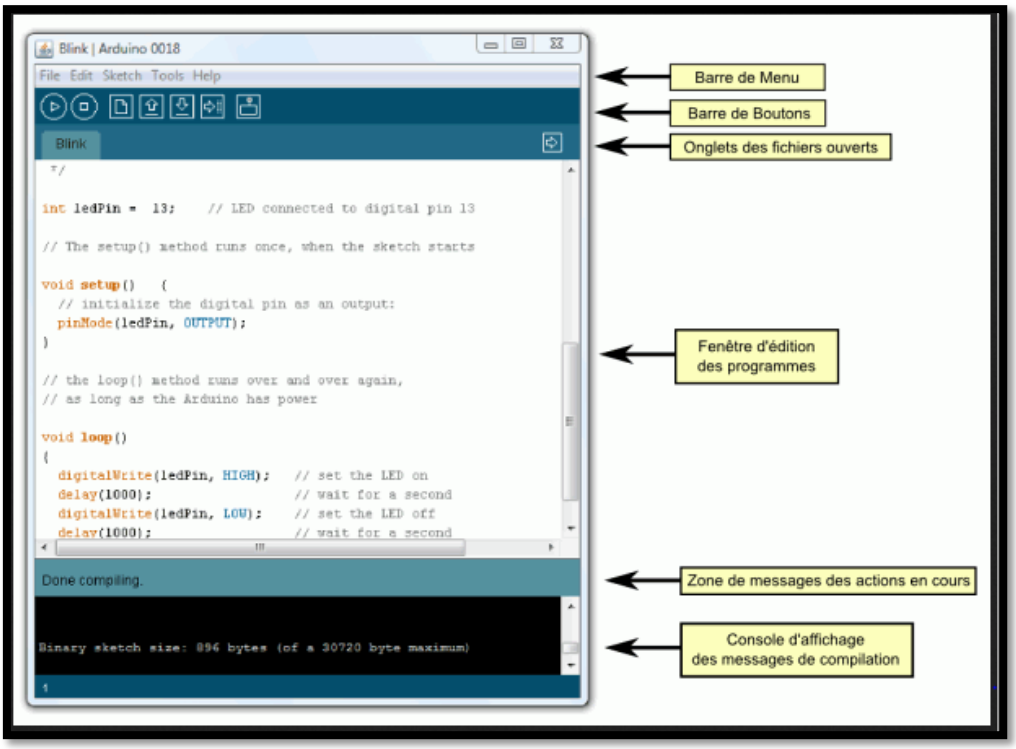


Figure III.24 : Description de l'IDE Arduino

III.3.2.2. Easy EDA

Pour la réalisation du circuit imprimé PCB, on a utilisé le logiciel Easy EDA

EasyEDA est un outil de CAO pour l'électronique (*EDA= Electronic design automation*) ; C'est un logiciel qui permet de créer des circuits imprimés PCB gratuitement et sans aucune limitation. L'un des avantages de ce logiciel est qu'il s'utilise depuis une page web et ne nécessite pas l'installation de plugins supplémentaires, ce qui le rend très attractif pour réaliser des circuits rapides sans matériel très puissant.

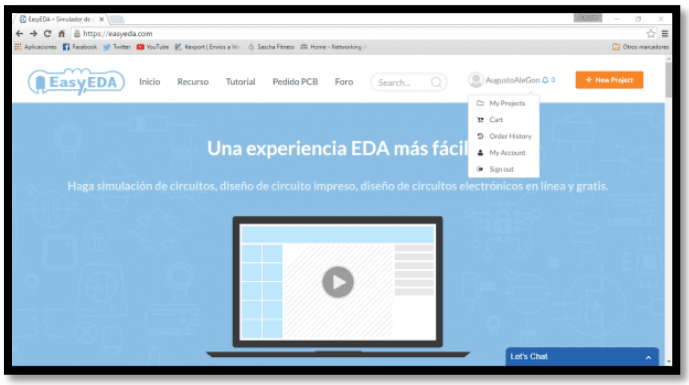


Figure III.25 : Logiciel Easy EDA

III.3.2.3. Fritzing

Fritzing est un logiciel libre développé par l'Université de Potsdam. Il permet à la fois de réaliser des schémas électroniques, mais surtout les montages électroniques ; Plusieurs vues sont disponibles : platine d'essai, schémas électriques et circuit imprimé.

Le logiciel permet également l'export d'images ; il intègre par défaut les modules officiels Arduino, ainsi que de nombreux composants électroniques.

III.4. Description du fonctionnement des différents blocs

III.4.1. Bloc de détection d'obstacles et d'alerte

Pour concevoir ce bloc de détection, on a décidé d'utiliser le capteur à ultrason comme détecteur d'obstacles, le principe de fonctionnement de ce capteur est le suivant : le capteur émet de courtes impulsions sonores à haute fréquence ; ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son, si elles rencontrent un objet (ce qu'on désigne un obstacle) elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho

La distance qui sépare l'objet d'un capteur est déterminée en fonction du temps de propagation des ultrasons. Dans notre cas, on s'intéresse aux objets dont la distance est inferieur ou égale à 2 mètres. Si un obstacle présent, la personne sera avertie avec des messages sonores.

Pour une meilleure détection, on a placé un servomoteur qui nous permettra d'avoir une vision de 180°

- A l'aide du capteur et le servomoteur, si un obstacle détecté, on calculera la distance à droite et à gauche, ensuite un message sonore se déclenche pour avertir la personne et lui dira dans quel sens faudra se déplacer

- la distance qui sépare la personne de l'obstacle est inferieur à 50 cm, une alarme vibrante et un bip sonore se déclenchent

- Le système sera placé sur une canne pour une plus grande mobilité, vu que déjà les personnes déficientes visuelles sont déjà familiarisées avec les cannes.

Des études sur l'utilisation de la canne montrent que la détection des objets avec la canne présente des limites. Les objets placés en élévation (au dessus du coude) sont indétectables à la canne et sont donc dangereux, et pour éviter ce genre de risques, un deuxième capteur à ultrason est placé en haut de la canne, qui permet de détecter les obstacles en hauteur

Voici un logigramme qui expliquera le fonctionnement de ce bloc

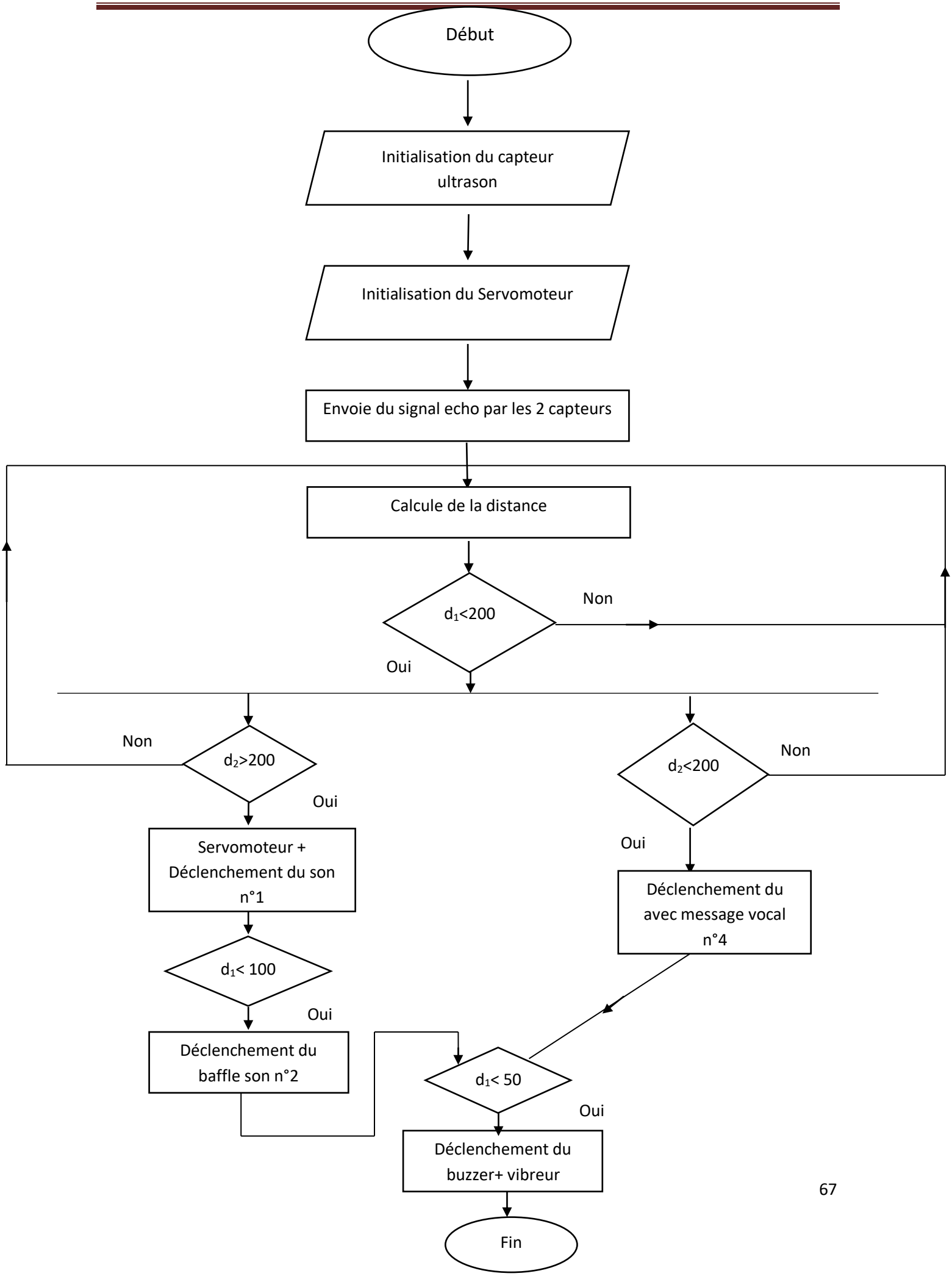

Début
Initialisation du capteur ultrason
Initialisation du Servomoteur
Envoie du signal echo par les 2 capteurs
Calcule de la distance
d1<200
Non
Oui
Non
d2>200
Oui
Servomoteur + Déclenchement du son n°1
d1< 100
Oui
Déclenchement du baffle son n°2
d2<200
Non
Oui
Déclenchement du avec message vocal n°4
d1< 50
Oui
Déclenchement du buzzer+ vibreur
Fin

Figure III.26 : Logigramme présentant le fonctionnement du bloc de détection d'obstacles

III.4.2.Bloc de localisation

Comme mentionné précédemment, la fonctionnalité principale de ce bloc est de localiser la personne déficiente visuelle, et envoyer par la suite les cordonnées de sa position à une personne de sa famille ou de ses proches défini précédemment.

Pour la réalisation de cette fonctionnalité, on a utilisé le module GPS Neo6MV2 qui nous permettra de collecter les données de la position de la personne, et le module GSM SIM800L qui lui nous fournira la fonctionnalité d'envoyer des messages sms.

Pour réussir la partie programmation de cette fonctionnalité, on a intégré dans notre programme différents bibliothèques tels que

- La bibliothèque TinyGPS++ : Cette bibliothèque est utilisée pour analyser les flux de données NMEA fournis par les modules GPS. Elle peut extraire des données arbitraires de n'importe laquelle des myriades de phrases NMEA, elle permet aussi de transmettre les données reçus (NMEA) par GPS aux cordonnées lisibles
- La bibliothèque SoftwareSerial : c'est une bibliothèque utilisée pour les communications séries asynchrones basées sur le circuit UART. Dans notre cas on l'utilise pour établir la communication série du module GSM.
- La bibliothèque AltSoftSerial émule un port série supplémentaire, permettant de communiquer avec un autre périphérique série, On l'utilise pour une communication série du module NEO 6m.

Ci-dessous le logigramme qui illustre le fonctionnement de ce bloc

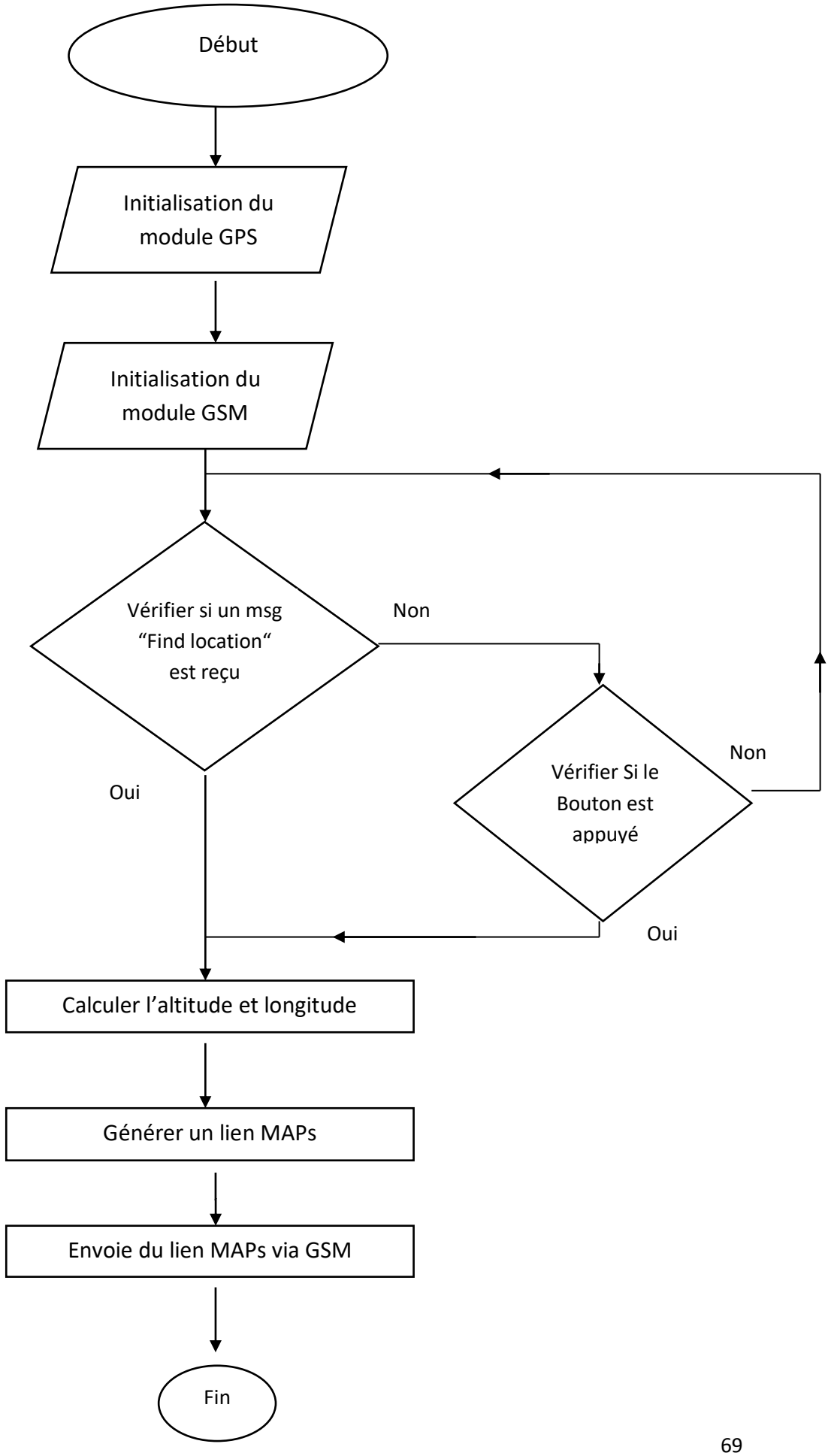


Figure III.27 : Logigramme présentant le fonctionnement du bloc de localisation

III.4.3.Bloc surveillance des battements de cœur

Pour le bon fonctionnement de ce bloc, on a utilisé un capteur de fréquence cardiaque, qu'on va programmer pour calculer les BPM battements de cœur par minute

Selon l'organisation mondiale de la santé, la fréquence cardiaque d'une personne adulte égale à 70 +- 10 au repos. La peur, le stress, ou une crise de panique fait accélérer le cœur ; On parle donc de la survenue d'une crise de panique si la fréquence cardiaque de la personne atteint les 100 battements par minute.

Dans le but de surveiller la personne déficiente visuelle, et la protéger dans son environnement, si le capteur de rythme cardiaque indique un pouls qui dépasse les 100 battements par minute, un message sera alors envoyé à un de ses proches prédéfini, à l'aide du module GSM.

Le logigramme ci-dessous servira à expliquer le fonctionnement de ce bloc

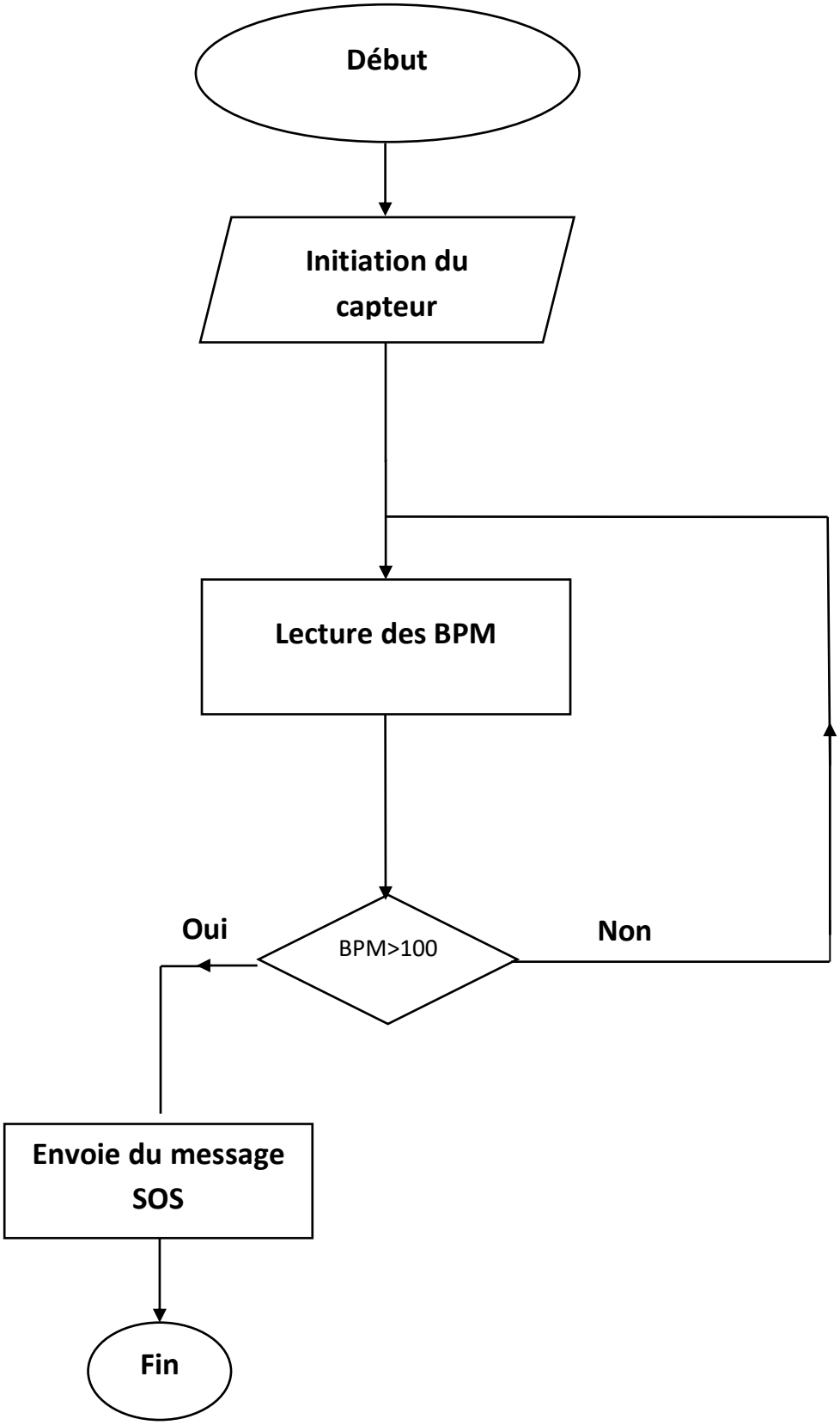


Figure III.28: Logigramme présentant le fonctionnement du bloc de surveillance su rythme cardiaque

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les éléments constituants de notre dispositif, ainsi que son fonctionnement. Nous avons abordé les deux parties hardware et software de notre système, finir par une explication détaillée du fonctionnement de chaque bloc illustrée par des logigrammes.

Dans le prochain chapitre, on abordera la réalisation détaillée tout en montrant les résultats obtenus.

Chapitre IV : Test et Réalisation

Introduction

Dans le chapitre précédent, on a présenté la solution qu'on propose dans notre projet, son fonctionnement, ainsi que les différents matériels utilisés.

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes étapes pour la réalisation de notre système, ainsi que les résultats atteints.

IV.1. La réalisation des différents blocs :

IV.1.1. Bloc de détection d'obstacles et alerte :

Pour la réalisation de ce bloc, on a tout d'abord procédé par le test du capteur à ultrason, Ci-dessous la figure montre le montage pour brancher le module hc-sr04 avec l'Arduino (figure IV.1).

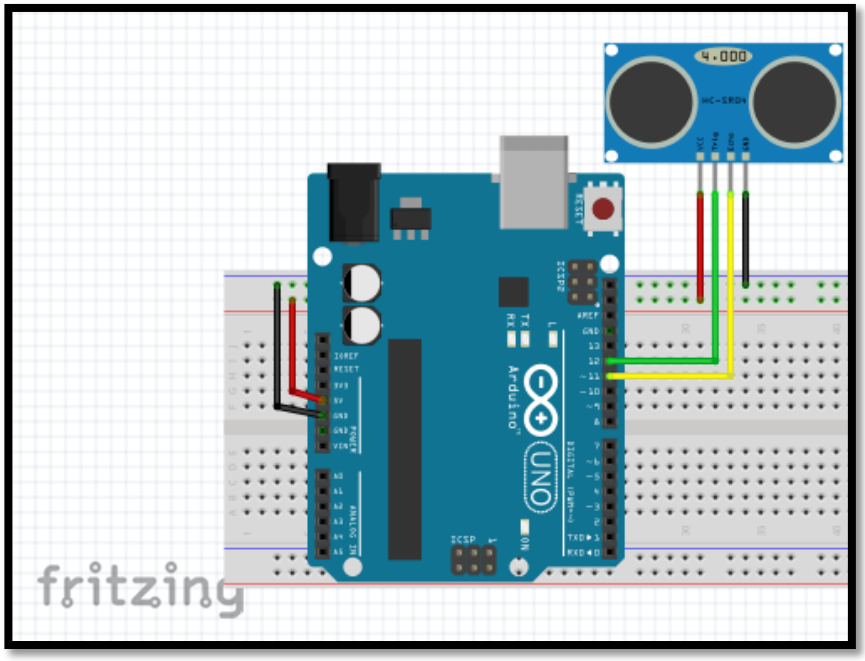


Figure IV.1 : Le montage pour brancher le module hc-sr04 avec l'arduino

On a ajouté par la suite un deuxième capteur à ultrason et un servomoteur, pour permettre d'avoir une meilleure détection et une vision de 180°.

La figure ci-dessous montre le montage de la partie détection (figure IV.2).

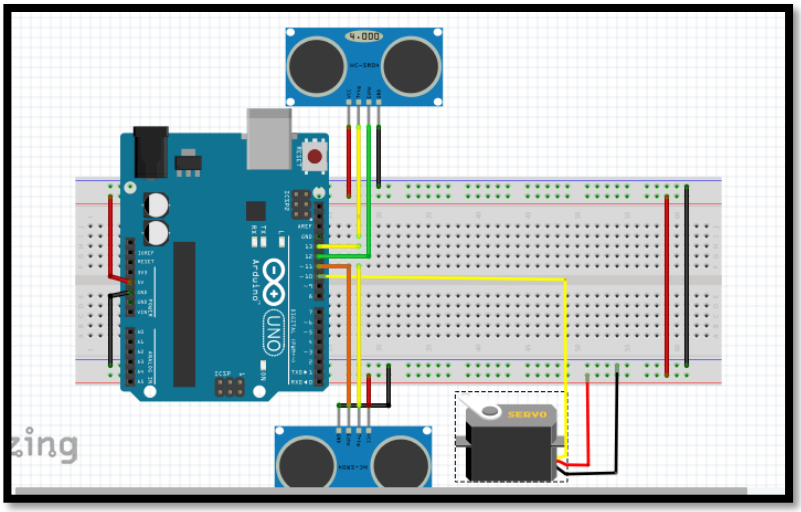


Figure IV.2 : Branchement des composants de la partie détection des obstacles

En ce qui concerne la partie alerte, pour avertir la personne déficiente visuelle de la présence d'un obstacle, nous avons choisi d'utiliser des messages sonores.

Pour la création de ces messages vocaux, on a eu recours à une plateforme créer à base de l'intelligence artificielle, pour convertir un texte en un message vocale, dans le but d'avoir une voix robotisée. Nous avons utilisé par la suite le logiciel audacity, pour le traitement des enregistrements vocaux.

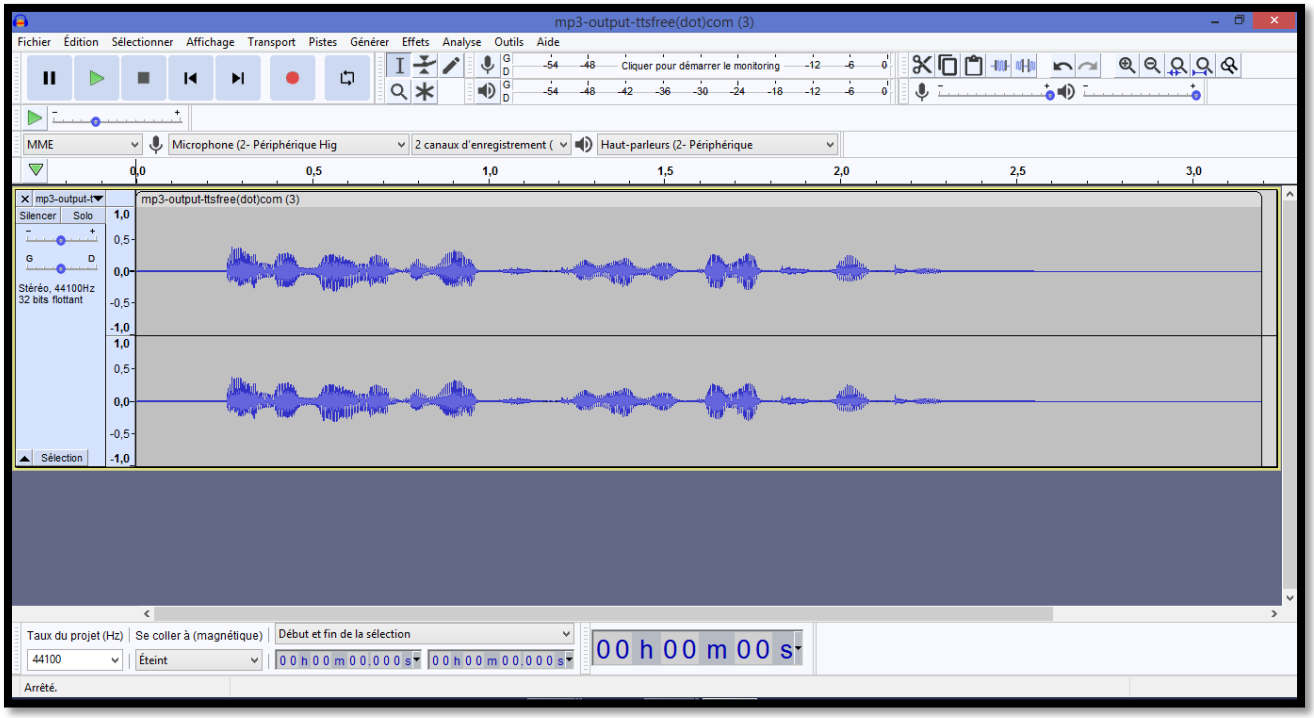


Figure IV.3 : Traitement du message vocal avec audacity

Une fois le traitement terminé, on converti le message vocal mp3 en un code numérique, pour cela on utilise un encoder audio, pour qu'on puisse l'introduire dans notre code dans l'IDE Arduino.

De plus des messages sonores, on utilise un buzzer et un moteur vibreur.

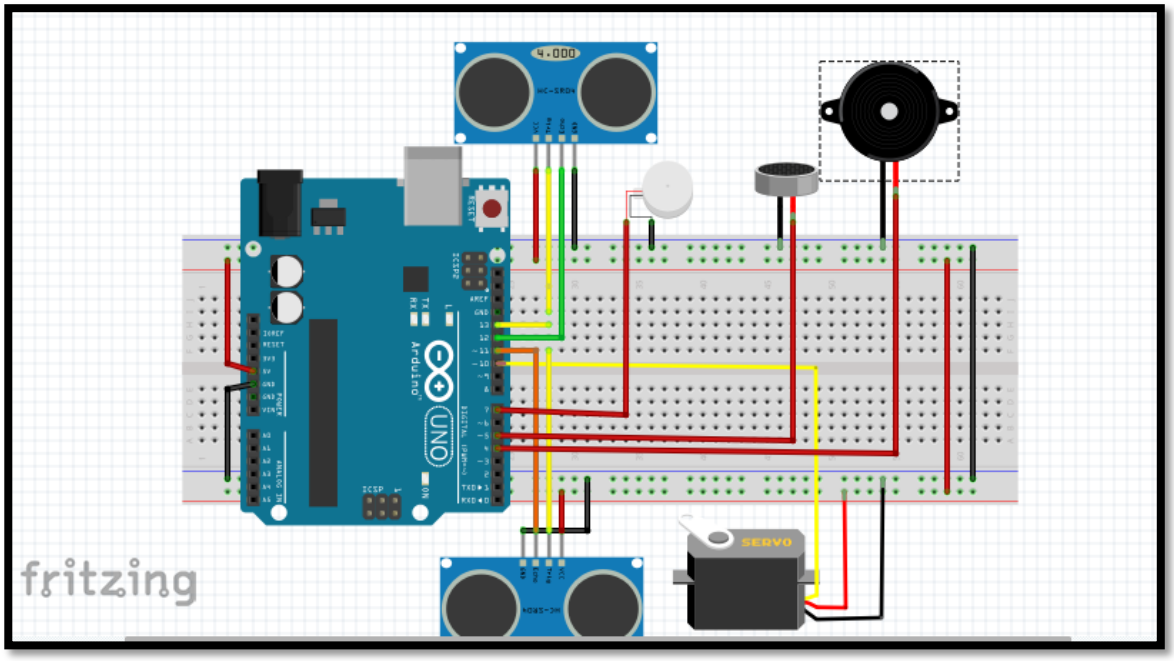


Figure IV.4 : branchement du bloc de détection et alertes

Ci-dessous une figure montrant un aperçu sur la partie programmation



Figure IV.5 : Aperçu sur le programme

Les composants sont branchés comme suit :

Tableau IV.1: Branchement des composants du premier bloc

Composants	PIN Composant	PIN Arduino
Ultrason 1	VCC	VCC
	TRIG	13
	ECHO	12
	GND	GND
Ultrason 2	VCC	VCC
	TRIG	13
	ECHO	11
	GND	GND
Servomoteur	SIGNAL	10
	VCC	VCC
	GND	GND
Moteur vibreur	In	7
	VCC	VCC
	GND	GND
Buzzer	+	5
	GND	GND
Speaker	+	4
	GND	GND

IV.1.2. Bloc de localisation

Tout d'abord nous avons commencé par configurer puis tester le module GPS

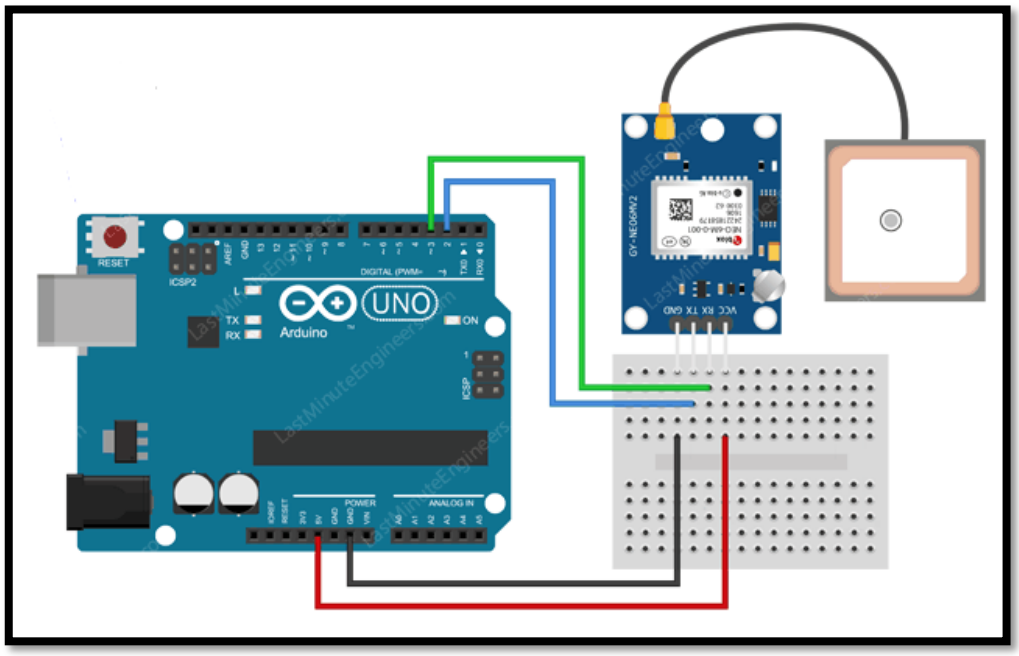


Figure IV.7 : Montage du module GPS NEO 6MV2 avec Arduino

A travers le moniteur série, on peut voir les données GPS que le module fournit, la date, l'heure, latitude et longitude. (Voir la figure IV.8)

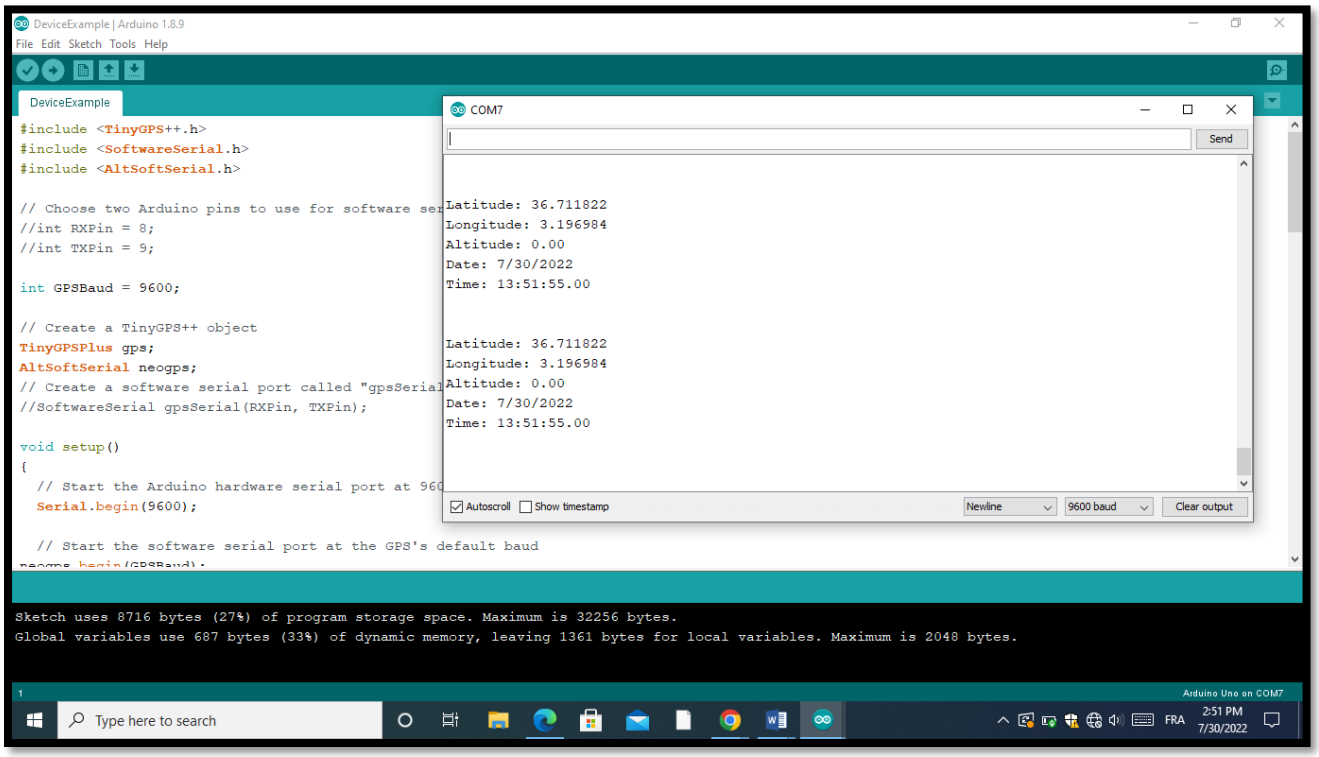


Figure IV.8 : Données GPS fournit par le module neo6Mv2

Par la suite on a ajouté au montage le module GSM, et on l'a configuré de tel façon que dés qu'il reçoit le message « find location » d'un numéro qu'on prédéfini, le module envoie un lien Maps qui contient la localisation.

En incluant les trois bibliothèques « SoftwareSerial.h », « TinyGPS++.h », et « AltSoftSerial.h » : SoftwareSerial.h assure une communication série UART avec le module GSM SIM800L ; « TinyGPS++.h » permet d'utiliser le NEO 6-m, elle analyse les flux de données NMEA et les transmet aux cordonnées lisibles, et finalement AltSoftSerial.h assure une communication UART avec le GPS et l'Arduino

On initialise les modules GPS et GSM, dès que l'utilisateur envoie un message SMS au SIM800L ; si le message reçu est le même message que celui dans le code, l'Arduino va vérifier si le GPS est disponible, si oui le module GPS calculera l'altitude et longitude, et les enverra au serveur Web pour générer un lien Map et l'envoyer par la suite au numéro de l'utilisateur via le réseau GSM à travers le module SIM800l.

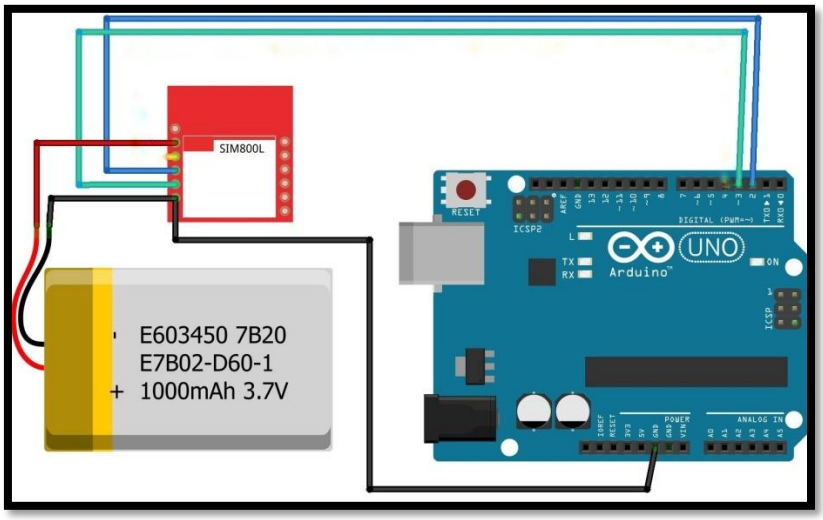


Figure IV.9 : Câblage du module SIM800L avec Arduino

La figure ci-dessous montre un aperçu sur le programme « find location »

find_location

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <AltSoftSerial.h>
#include <TinyGPS++.h>
const String PHONE = "+213672656909";

#define rxPin 3
#define txPin 2

SoftwareSerial sim800(rxPin, txPin);
AltSoftSerial neogps;
TinyGPSPlus gps;

String sms_status, sender_number, received_date, msg;
boolean ignition_status = false;
boolean tracking_status = false;
boolean reply_status = true; //not completely implemented
boolean anti_theft = false;



unsigned long previousMillis = 0; // last time update
long interval = 60000; // interval at which to do something (milliseconds)


void setup() {
  delay(7000);
```

Figure : IV.10 : Aperçu sur le programme find location

Ci-joint, une figure (figure IV.11), un exemple du fonctionnement de ce système, dès que le message « find location » est envoyé, un message en retour qui contient un lien MAPS est reçu.

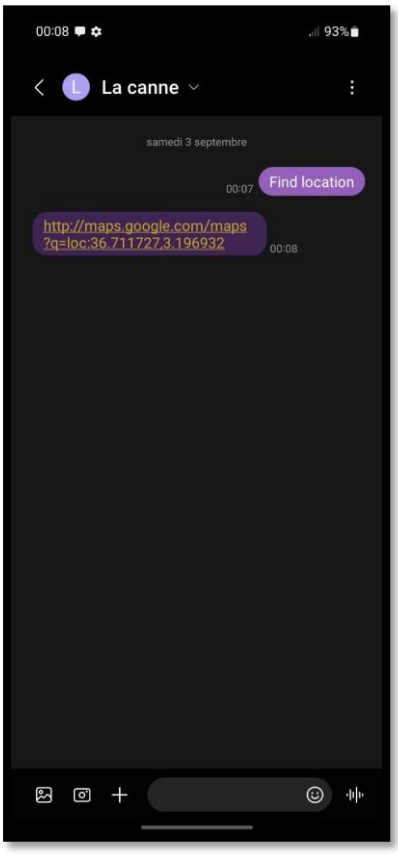


Figure IV.11 : Message de localisation reçu sur le téléphone

Une autre fonctionnalité est ajoutée au système, à l'aide d'un bouton poussoir, si la personne se sent perdu, en appuyant sur le bouton le message qui contient le lien MAPS de sa localisation s'envoie immédiatement à une personne prédéfini.

Ci-dessous une figure montrant un aperçu sur la partie programmation

Les composants de ce bloc sont branchés comme suit

Tableau IV.2: Branchement des composants de ce bloc

Composants	PIN Composants	Pin Arduino
GPS	VCC	VCC
	RX	8
	TX	9
	GND	GND
GSM	NET	x
	VCC	+ Batterie
	RST	x
	RXD	2
	TXD	3
	GND	GND
BOUTTON	In	6
	VCC	VCC
	GND	GND

IV.1.3. Bloc de surveillance des battements de cœur

Pour ce bloc on a utilisé le capteur de fréquence cardiaque, qui nous servira à compter les battements de cœurs par minute, pour détecter la survenue d'une crise de panique.

La figure ci-dessous montre le branchement du capteur avec la carte Arduino (figure IV.14).

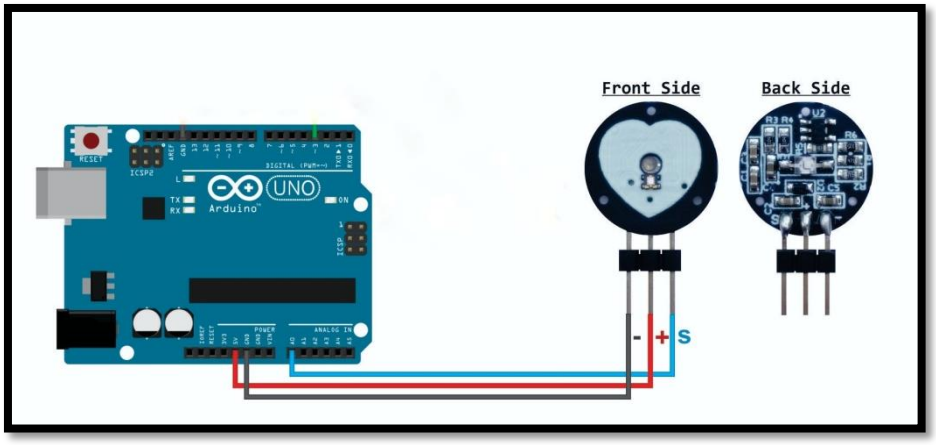


Figure IV.14 : Branchement du capteur de fréquence cardiaque avec la carte Arduino.

D'abord on a écrit un programme qui, à l'aide de la fonction Serial Plotter, nous permettra de visualiser le signal des battements de cœur ECG. La figure ci- dessous montre le graphe obtenue grâce à ce programme (figure IV.15).

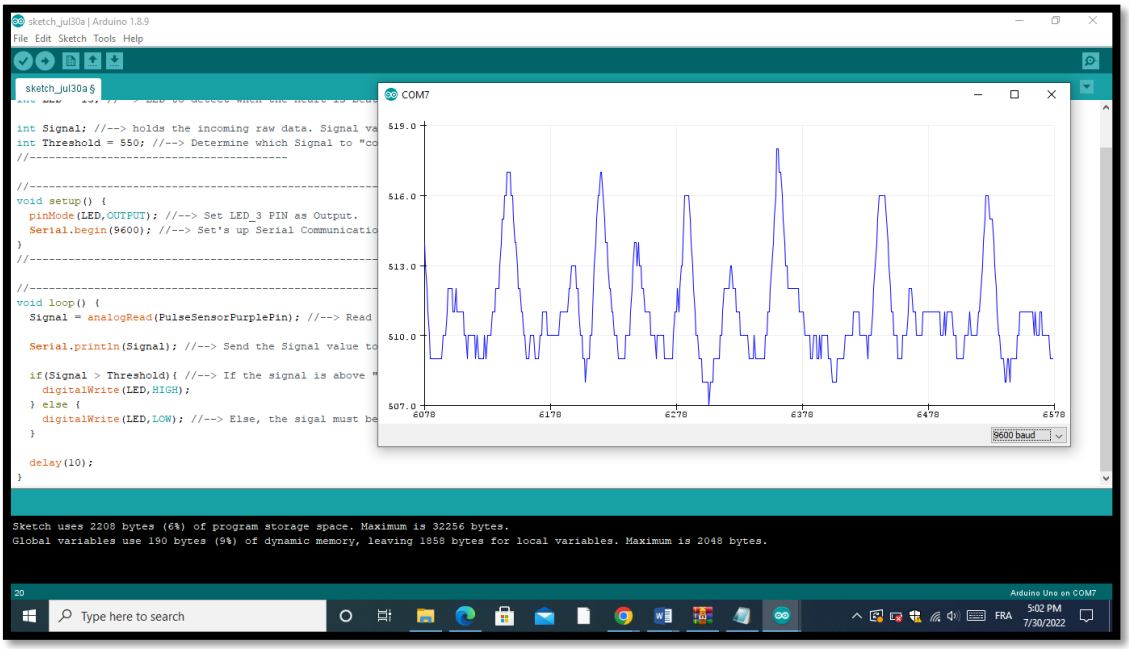


Figure IV.15 : le signal des battements de cœur obtenu

Par la suite on a développé un deuxième programme pour calculer les battements de cœurs par minute, ce qu'on appelle les BPM. Le résultat est montré dans la figure ci-dessous. (Figure

IV.16)

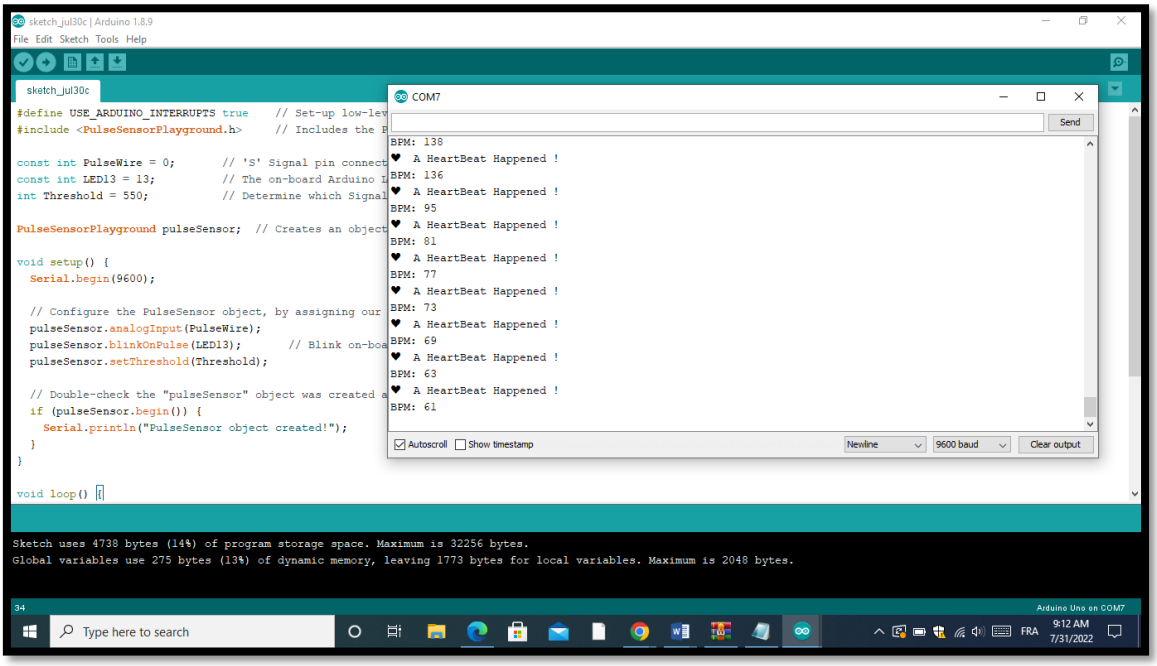


Figure IV.16 : résultat du calcul des BPM

Et finalement, on a rajouté au programme une fonction qui envoie un message « SOS : crise de panique » dès que le nombre de battements par minute dépasse les 100 battements par minute. Ci-dessous une figure montrant un aperçu sur le programme

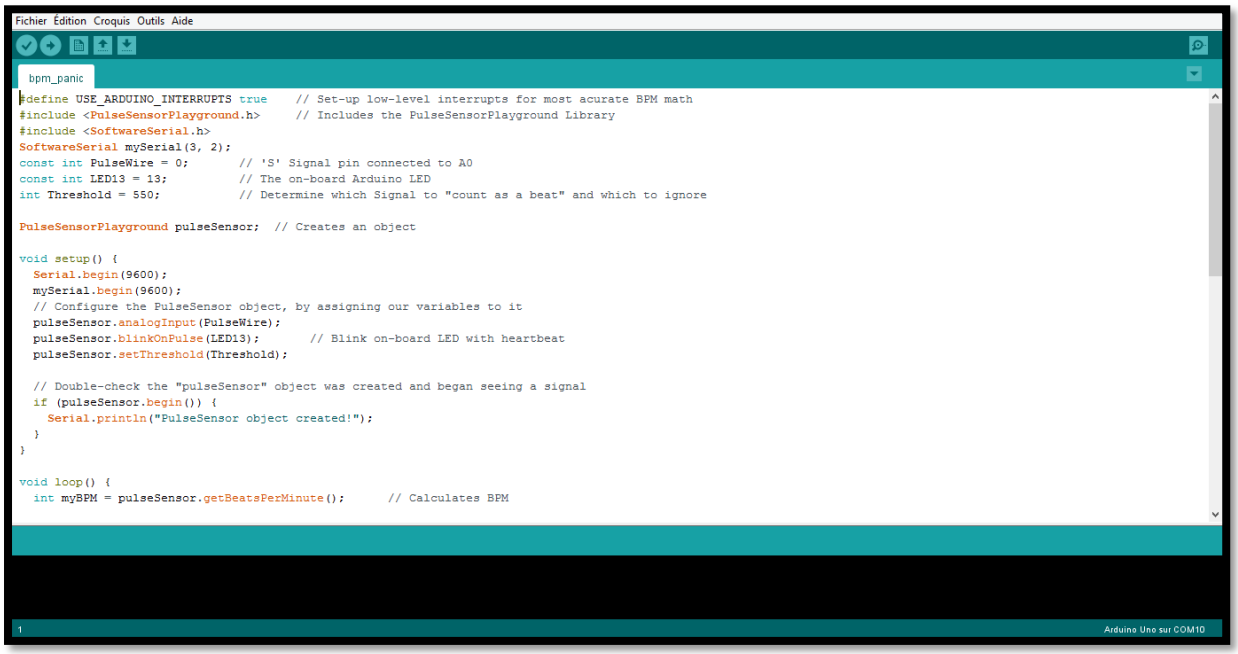


Figure : IV.17 : Aperçu sur le programme du bloc 3

Les photos ci-dessous montrent le message crise de panique, suite à l'augmentation du nombre de battements cardiaques par minute (figure IV.18).

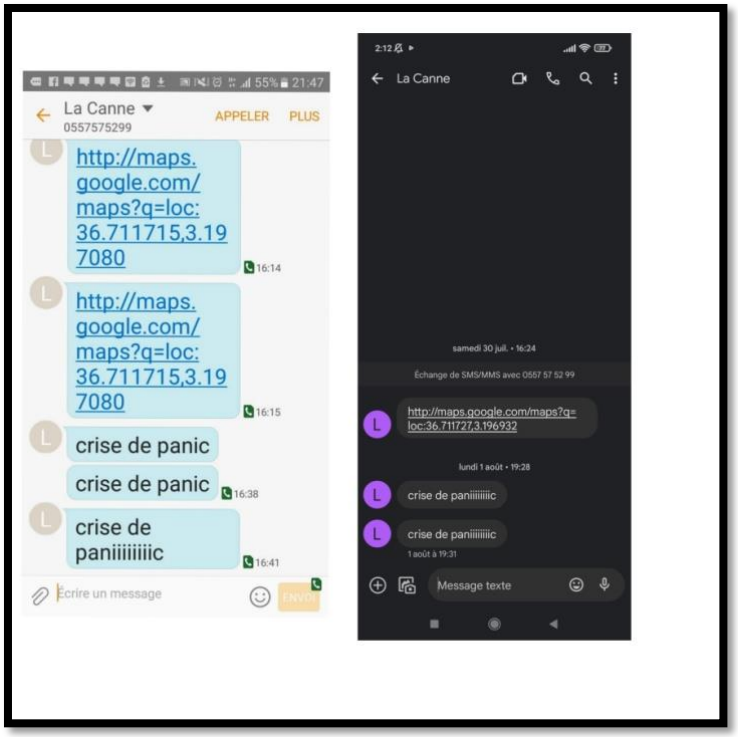


Figure IV.18 : Le message « crise de panique »

Les composants de ce bloc sont branchés comme suit

Tableau IV.3: Branchement des composants du troisième bloc.

Composants	PIN Composants	PIN Arduiono
Capteur de battements cardiaques	S	A0
	+	VCC
	-	GND

GSM	NET	x
	VCC	+ Batterie
	RST	x
	RXD	2
	TXD	3
	GND	GND

IV.2. Emplacement des capteurs sur la canne

La figure ci-dessous montre l'emplacement de chaque capteur dans la canne. (Figure IV.20)

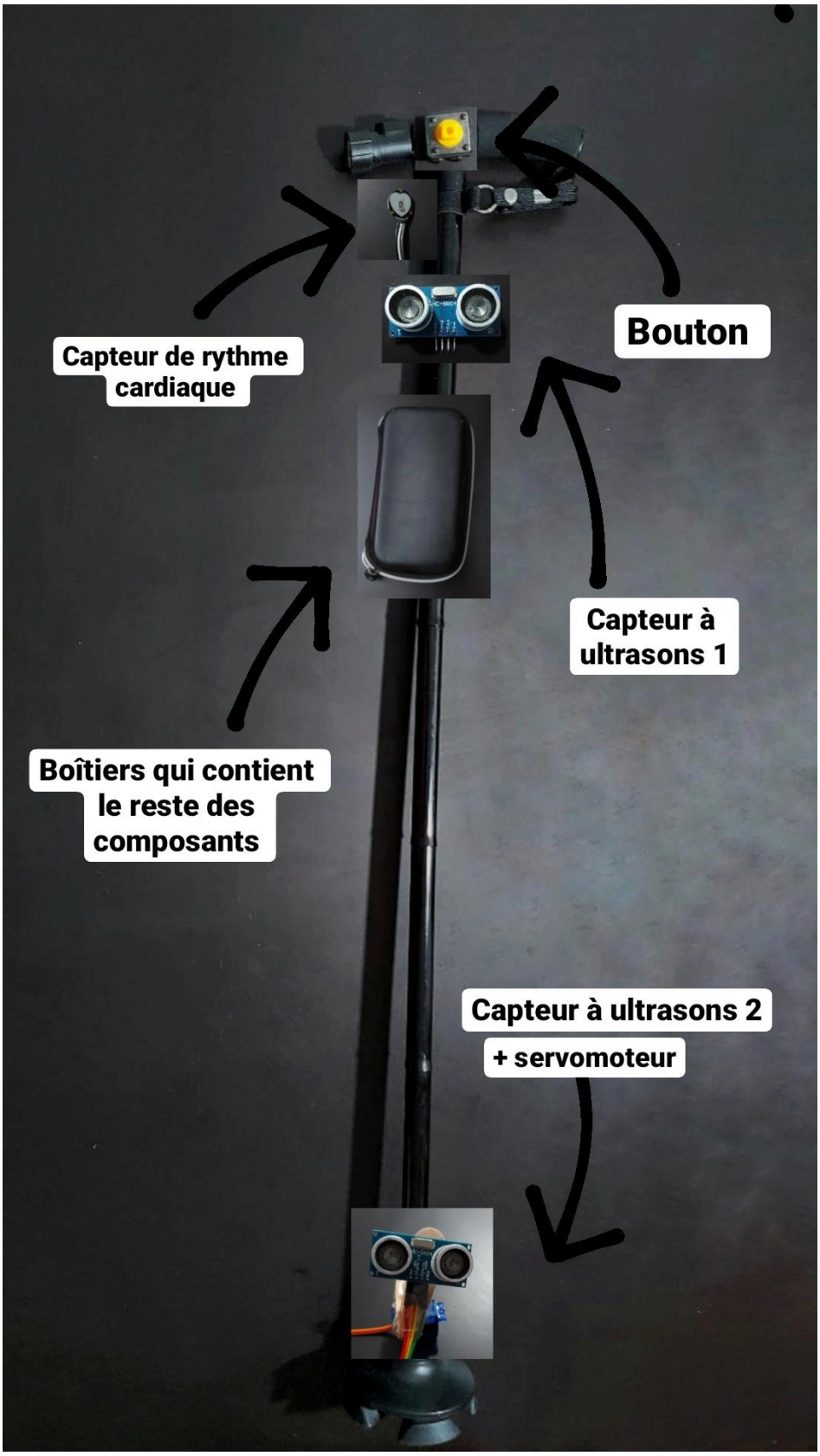


Figure IV.20 : Emplacement des capteurs sur la canne

IV.3. Réalisation du PCB

Une fois que notre système conçu a été testé sur plaque d'essais et était fonctionnel, on a procédé à la conception du PCB, en utilisant le logiciel EasyEDA.

Dans un premier temps, on a réalisé le schéma de notre système (Voir figure IV.21).

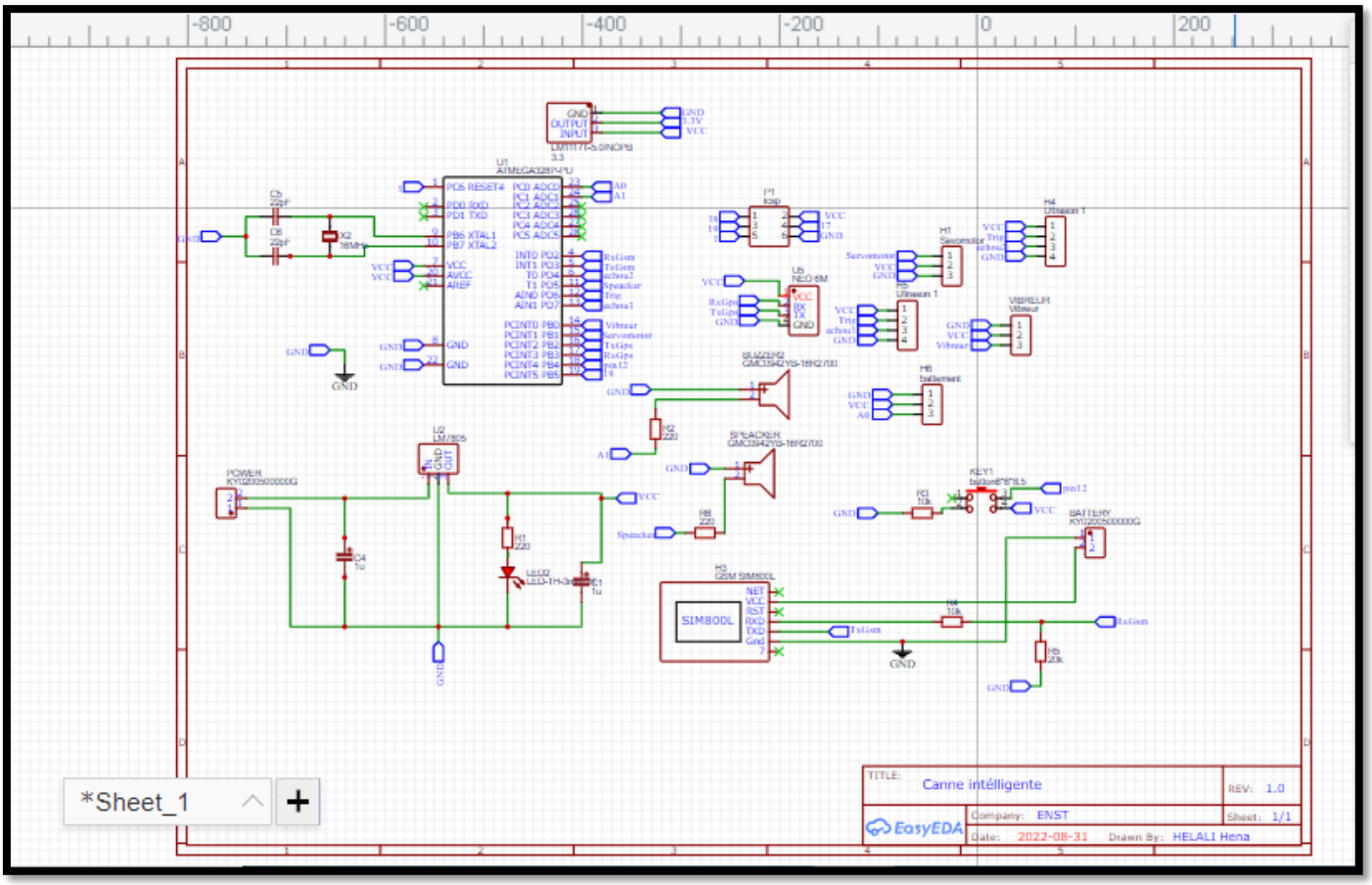


Figure IV.21 : Schéma du système, réalisé avec logiciel Easy EDA

Une fois le schéma réalisé et testé, on étudie comment les composants vont s'organiser physiquement sur la future carte électronique, puis on passe à l'étape de routage.

Notre PCB comporte deux couches, une couche inférieure et une deuxième supérieure ; et pour cela on a mis une partie des composants sur la couche supérieure, et le reste sur la couche inférieure.

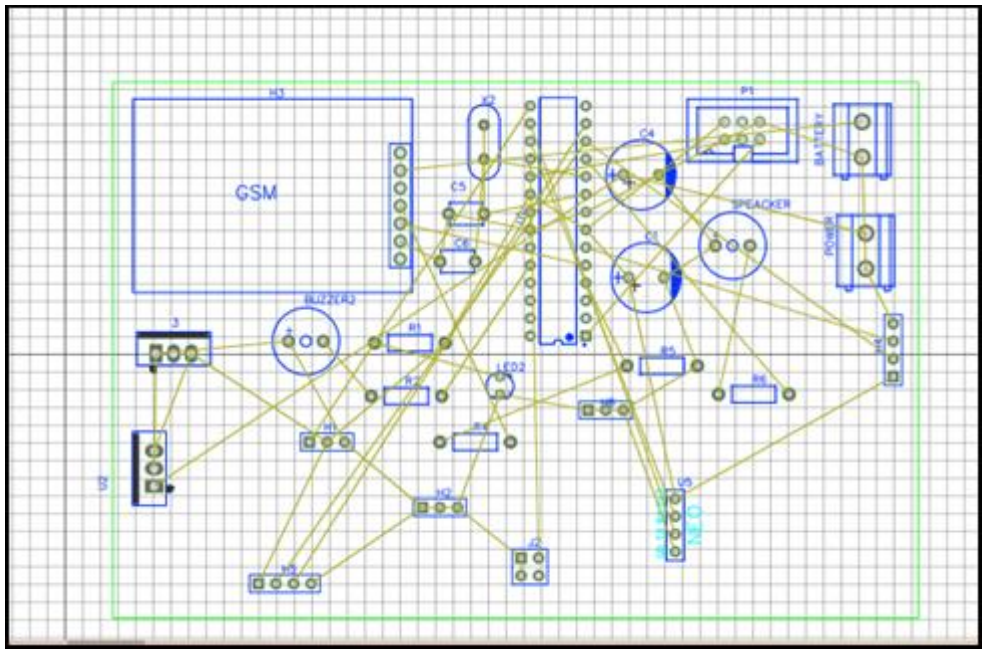


Figure IV.22 : Le schéma non routé

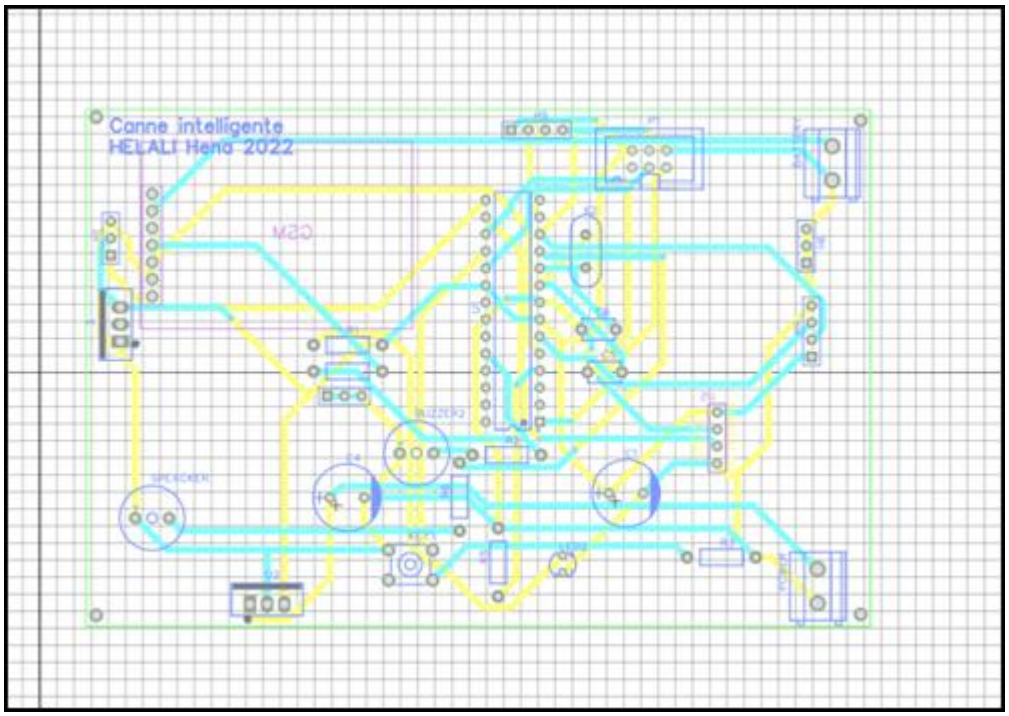


Figure IV.23 : Le schéma routé

Les pistes en rouge représentent les piste de la couche supérieure c'est-à-dire Les pistes coté composants, et ceux en bleu represent ceux de la couche inferieure donc Les pistes coté cuivré.

Ci-dessous les figures montrent de résultat final de notre PCB.

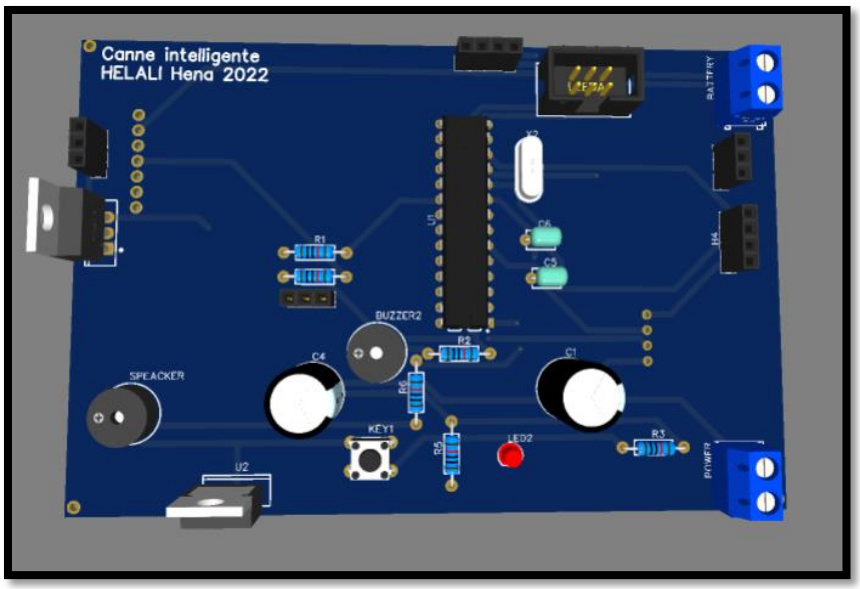


Figure IV.24 : La couche supérieure du PCB

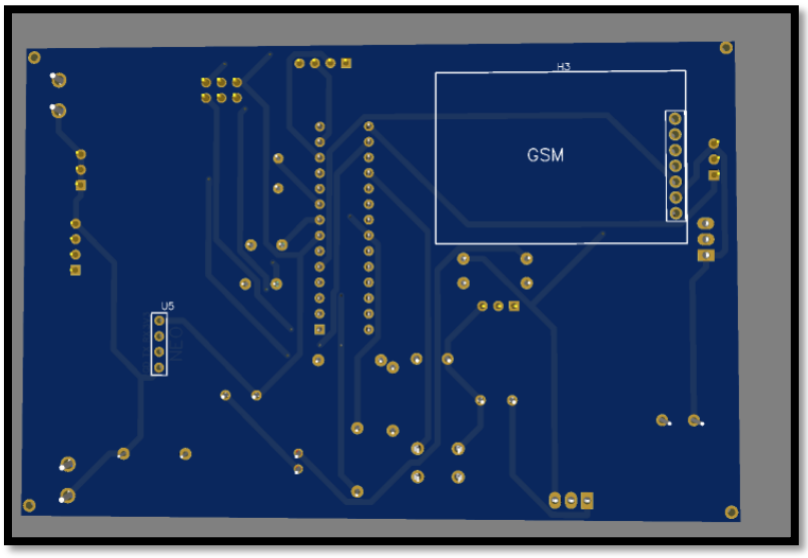


Figure IV.25 : La couche inférieure du PCB

IV.4. Résultat final





Figure IV.26 : Le résultat finale de la canne

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la méthodologie de conception pour réaliser notre dispositif d'aide à la mobilité des personnes déficientes visuelles. Nous avons présenté les différentes étapes pour aboutir au développement du système d'aide proposé, et on a exposé les différents résultats obtenus.

Conclusion Générale et Perspectives :

La réduction de l'autonomie dans la vie quotidienne est l'une des principales conséquences des déficiences visuelles. La vraie problématique liée aux déplacements des personnes déficientes visuelles représente une des causes principales de leur perte d'autonomie. Notre objectif était de porter un soutien et une aide à ces personnes en développant un système d'aide à la mobilité.

Le dit système est un outil doté de capteurs leur permettant de se déplacer plus en sécurité et de surveiller en quelque sorte leur état de santé et leur permettre d'être en contact avec leurs proches.

Nous avons pu concevoir et réalisé un système qui répond aux attentes et exigences du cahier des charges.

La canne que nous avons réalisée est dotée d'un servomoteur qui permet un balayage automatique et sur lequel est fixé un capteur ultrason afin de détecter d'éventuels obstacles sur un angle de 180° autour de l'utilisateur. Dans le cas où un obstacle est détecté, un message sonore est prévu pour avertir l'utilisateur, plus une alarme vibrante et un bip sonore dans le cas où l'obstacle est très proche. Un deuxième capteur ultrason est placé en haut de la canne pour détecter les éventuels obstacles en hauteur.

Notre canne est dotée aussi d'un système de localisation, pour que la personne déficiente visuelle puisse toujours être localisée, ainsi qu'un système pour surveiller ses battements de cœurs et pouvoir détecter la survenue d'une crise de panique par exemple et avertir l'un de ses proches.

Le système conçu est très utile pour les personnes aveugles et malvoyantes, cependant, il peut encore être amélioré pour le rendre plus flexible et plus efficace.

Comme toute innovation, notre système peut être développé davantage et enrichi afin de donner plus d'autonomie aux personnes déficientes visuelles. A long terme, nous pensons :

- Ajoutez divers capteurs médicaux au système pour mieux surveiller la santé de l'utilisateur

- Intégrer le concept d'IoT dans notre système, développer une application mobile où nous pouvons accéder directement à l'emplacement de la personne, ainsi que visualiser différents indicateurs de santé
- Utilisez des capteurs de détection plus performants pour une meilleure portée de détection

Notre souhait est de trouver l'appui et les encouragements de la part des autorités pour que ce système soit vulgarisé et que ces personnes bénéficient de l'aide que peuvent leur apporter leurs compatriotes étudiants qui souhaiteraient mettre la science et les nouvelles technologies au profit des personnes qui ont en besoin.

Bibliographie :

[1] : http://www.lecerveau.mcgill.ca/ , site web consulté en Avril 2022

[2] : V.Vayssié, C.Bruet « Guide de la vue », https://www.guide-vue.fr/la-sante-de-vos-yeux/la-vision, site web consulté en Avril 2022.

[3]: H.HELMHOLTZ, « Handbuch der physiologischen Optik », livre, Leipzig, 1967

[4] : T.IMBERT, « Aspects récents de la physiologie des vois visuelles primaires chez les vertébrés », article sur la magasine électronique futura-science, juin 2015

[5] : J.P.CHEVALERAUD, « Physiologie de la sensation lumineuse. Le sens des formes. L'acuité visuelle », article sur magasine électronique, 2018

[6] : D.GATINEL, « acuité visuelle » - via son site web https://www.gatinel.com/recherche-formation/acuite-visuelle-definition/ consulté en Avril 2022

[7] : https://homido.com/champ-de-vision/ , site web consulté en Avril 2022

[8] : Association de Réadaptation et de Réinsertion pour l'Autonomie des Déficients Visuels « Comprendre les déficiences visuelles » via le site web https://www.arradv.fr/comprendre-deficiences-visuelles/ consulté en Avril 2022

[9] : Organisation Mondiale de la Santé OMS – via leur site web https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment , consulté en Avril 2022

[10] : J.Cardenas, J.Rossant Lumbroso, L.Rossant, « cécité », article sur doctissimo magasine électronique, 2020.

[11] : CFLOU Magasine – via leur site web https://magazine.cflou.com/quest-ce-que-la-malvoyance/ consulté en Avril 2022

[12] :http://www.malvoyance.com/?Malvoyance_%3A_d%E9finition%2C_causes_et_facteurs_de_risque:D%E9finition_de_la_malvoyance site web consulté en Avril 2022

[13] : C.SERNY, I.AUBRY-QUENET, N.NABHOLZ, Centre Ophtalmologique des Arceaux – via leur site web http://www.aubryserny.fr/malvoyance-montpellier-nimes-perpignan-narbonne/malvoyance-definition consulté en Avril 2022

[14] : Assurance maladies en France, comprendre le glaucome https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/glaucome/comprendre-glaucome site web consulté en Avril 2022

[15] : S. Cabut, « Le nombre de déficients visuels pourrait avoir triplé en 2050 », Article, publié en 2015

[16] : B.Koyuncular / BlindLook Team, « the population of blind people in the world »,

[17] : A.Sune , « Les avancées technologiques qui améliorent la vie des malvoyants » article, pour TV5Monde, décembre 2021.

[18] : J.Cheramy, « Blitab, l'innovante tablette adaptée aux malvoyants », article, pour lettre numérique sur leur site web, 2019

[19] : https://ahlab.org/project site web consulté en juin 2022

[20] : https://www.orcam.com/fr/propos-de-orcam/ site web consulté en juin 2022

[21] : S.Picaud et J. Sahel, Institut de la vision (unité Inserm 968, Paris), « Rétine artificielle, Rendre la vue en grâce à un implant se substituant aux photorécepteurs », 2017.

[22] : E.Pissaloux, R.Velazquez, M.Hersh, and G.Uzan. « Towards a cognitive model of human mobility : an investigation of tactile perception for use in mobility device. », Article pulié sur "The Journal of Navigation" , Volume 70 , Issue 1, 2017

[23] : Les Chiens Guides d'Aveugles de Provence Côte d'Azur Corse https://www.chiensguides.org/fr/le-role-du-chien-guide-45.html site web consulté en juin 2022

[24] : http://www.jeanmarcmeyrat.ch/blog/2014/10/22/lhistoire-de-la-canne-blanche/ site web consulté en juin 2022

[25] : Fondation Vision, « La canne blanche électronique TOM POUCE » https://ifi.fondation-visio.org/ site web consulté en juin 2022

[26] : S. Kammoun, assistance de navigation pour les non-voyants, Thèse de doctorat en informatique, Université de Toulouse , France, 2013.

[27] : Produits et services pour malvoyants , https://www.ceciaa.com/ultracane.html site web consulté en juin 2022

[28] : F.Ascher, « Les nouvelles technologies au service d'une mobilité autonome des déficients visuels : enjeux, innovations et perspectives.», Article publié sur « Institut pour la ville en mouvement », Paris, 2003

[29]: C.Guevarra, M.Reyes, G.Cruzado, « Development of Guiding Cane with Voice Notification for Visually Impaired individuals ». Article publié sur International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2018

[30] : M. Abd Wahab , A. Talib, A. Kadir , A. Johari , A.Noraziah , M. Sidek , et A. Mutalib , « Smart Cane: Assistive Cane for Visually-impaired People ». Article publié sur International Journal of Electrical and Computer Engineering, 2015

[31]: A.Nivedita, M.Sindhuja, G.Asha, R.S.Subasree, S.Monisha, « Smart Cane Navigation for Visually Impaired » Article pour IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 4, No 2, July 2011

[32] : HC-SR04 sensor Datasheet

[33] : datasheet du servo moteur SG90

[34] : datasheet du moteur vibreur

[35] : datasheet du buzzer

[36] : datasheet du speaker SHD 4216

[37] : datasheet du GPS NEO6MV

[38] : datasheet du GSM SIM800L

[39] : datasheet du capteur de fréquence cardiaque

[40] : datasheet de l'Arduino Uno

Anatomie de l'œil humain

L'œil, également appelé globe oculaire, est un organe sphérique situé dans l'orbite et responsable de la fonction visuelle. Sa longueur moyenne est de 24 mm, son poids de 7 g et son volume de 6.5cm^2.

Il est constitué de trois enveloppes : la sclérotique (enveloppe externe), l'uvée (enveloppe intermédiaire) et la rétine (enveloppe interne).

- **la sclérotique :** c'est le blanc de l'œil, elle est entourée d'une membrane très fine et transparente, appelée conjonctive

- **L'uvée :** c'est la partie intermédiaire pigmentaire de l'œil. Elle est la tunique vasculaire qui comprend la choroïde, le corps ciliaire et l'iris.
  .
  - **la choroïde :** couche pleine de pigments qui constitue une chambre noire ; elle est très vascularisée,

- **la rétine :** tissu très important et très fragile, c'est un tissu sensoriel transformant le flux lumineux en influx nerveux.

Cet organe contient trois milieux transparents : l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée.

On le divise en deux segments : le segment antérieur de la cornée au cristallin, et le segment postérieur en arrière du cristallin.

- Le segment antérieur est l'espace entre la cornée et la face postérieure du cristallin.
  D'avant en arrière, on retrouve la cornée, la chambre antérieure avec l'humeur aqueuse, l'iris et le cristallin.

- Le segment postérieur est l'espace situé en arrière du cristallin. D'avant en arrière, on distingue la cavité vitréenne avec l'humeur vitrée, la rétine, la choroïde et la sclère.

Le segment antérieur est divisé en deux chambres : la chambre antérieure en avant de l'iris et la chambre postérieure en arrière de l'iris.

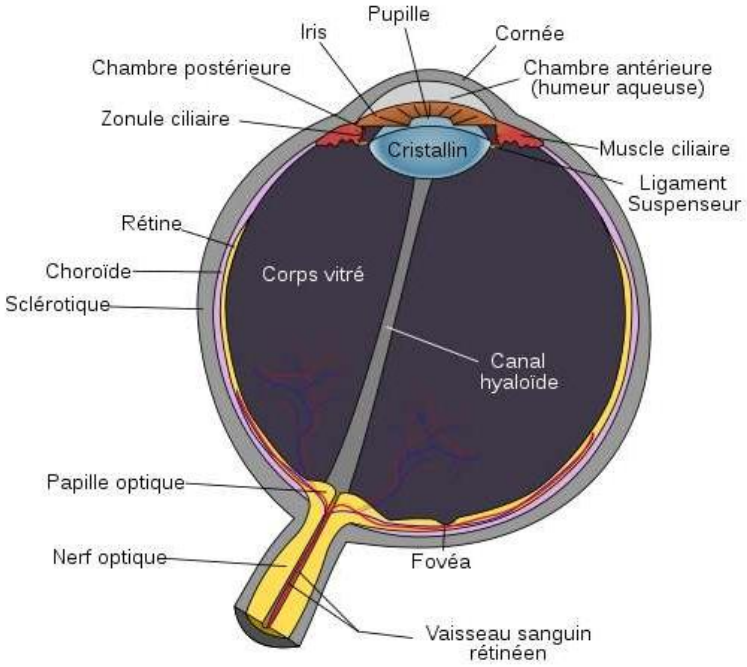


Figure 1 : schéma représente les différentes couches et les divers composants de l'œil

La cornée

La cornée correspond à la partie antérieure transparente du globe oculaire. Elle est enchâssée dans une ouverture de la sclérotique. C'est le premier élément réfractif de l'œil comptant pour les ⅔ du dioptre oculaire, le cristallin constitue le 1⁄3 restant, elle mesure environ 530 microns d'épaisseur, sa principale caractéristique est l'absence de vascularisation. Elle se nourrit à partir du limbe, du film lacrymal et de l'humeur aqueuse.

La cornée agit comme une fenêtre par laquelle *la lumière pénètre dans l'œil*. Elle est responsable de l'éclairage et joue un rôle prépondérant dans la focalisation de la lumière sur la rétine. De fait, la cornée doit *toujours* être parfaitement propre et transparente. La fermeture régulière des paupières (clignement) et la sécrétion lacrymale maintiennent la surface de la cornée libre de toute impureté.

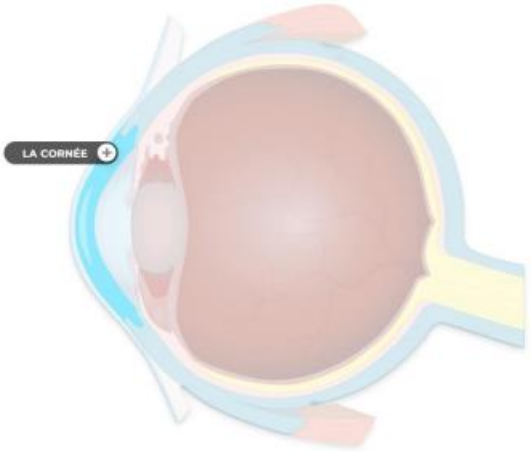


Figure 2 : la cornée de l'œil humain

L'iris

L'iris est la partie la plus antérieure de l'uvée faisant suite au corps ciliaire. C'est une membrane pigmentée, circulaire et contractile, bombant vers l'avant et perforée en son centre d'un orifice : la pupille.

Il présente deux bords :

- L'un externe périphérique qui s'insère sur le corps ciliaire
- l'autre interne délimitant la pupille

L'iris donne leur couleur aux yeux. Cette couleur dépend de l'*épaisseur* de l'*éventail formé par les lamelles pigmentaires* et de sa *concentration en mélanine*. Plus l'éventail est épais et contient de mélanine, plus l'œil est foncé. C'est un voile plus fin que la soie, qui règle également la *dilatation* de la pupille. La nutrition de l'iris est assurée par l'humeur aqueuse dans laquelle elle baigne et par quelques petites artérioles. [6]

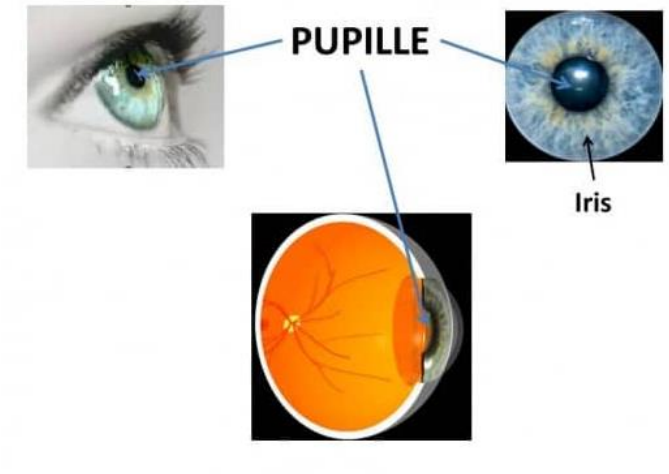


Figure 3 : l'iris et la pupille d'un œil humain

Le cristallin

Le cristallin est une lentille biconvexe constituant le deuxième élément réfractif de l'œil après la cornée. Il compte pour le tiers du dioptre oculaire, sa puissance réfractive normale est de 13 dioptries.

Il est situé en arrière de l'iris et rattaché aux enveloppes de l'œil par les zonules aux corps ciliaires. Il est composé d'un noyau, d'un cortex et d'une capsule antérieure et postérieure. Il est transparent sans vascularisation ni innervation.

Sa principale tâche est de *permettre* les ajustements nécessaires à la focalisation des objets à *toutes les distances*. Cette focalisation a lieu grâce un changement de courbure, qui s'effectue soit *par une mise sous tension*, soit *par un relâchement des tendons* qui fixent le cristallin à la paroi interne du globe oculaire. Le cristallin se bombe pour *focaliser les objets de près* et devient plus plat (position de repos) pour *rendre nets ceux situés au loin*.

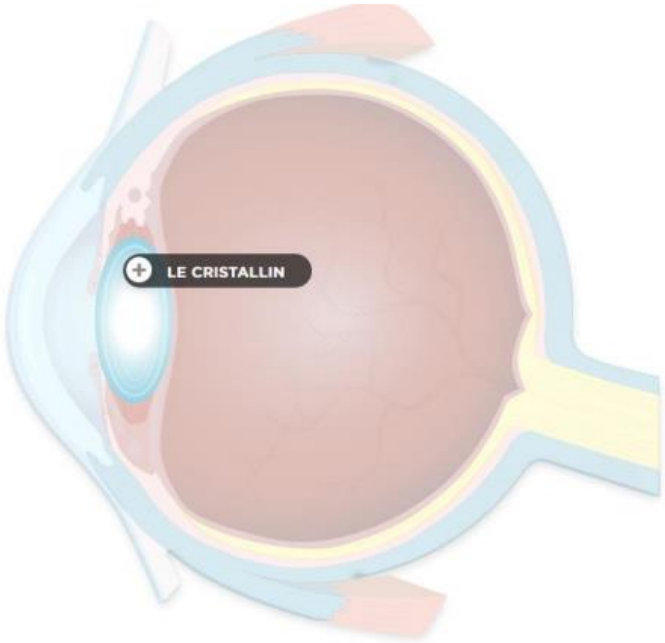


Figure 4 : le cristallin de l'œil humaine

La rétine

La rétine est une fine membrane tapissant la surface interne du globe et nécessaire à la vision. Ce tissu neurosensoriel est capable de transformer les rayons lumineux en un signal nerveux et de le transmettre au système nerveux central.

La rétine est constituée de deux tissus :

- La couche neurosensorielle : couche composée de cônes et bâtonnets: photorécepteurs qui captent les signaux lumineux et les transforment en signaux électrochimiques.
  - les **cônes** (environ 6-7 millions) : *ces cellules interprètent les couleurs d'une image en la décomposant en 3 couleurs primaires : le rouge, le bleu et le vert.*
  - les **bâtonnets** (environ 130 millions) : ces cellules *analysent la lumière*. [6]

- L'épithélium pigmentaire qui a quatre grands rôles : un rôle d'écran, un rôle d'échanges, un rôle dans le métabolisme de la vitamine A et un rôle dans la phagocytose des articles externes des photorécepteurs.

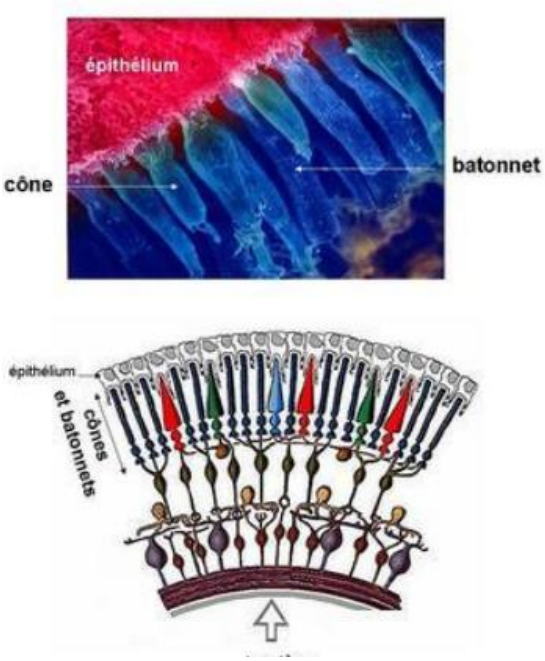


Figure 5 : schéma représente les cônes, bâtonnets et l'épithélium de la rétine

D'un point de vue histologique, on distingue 10 couches, qui sont de l'extérieur vers l'intérieur : [3]

- l'épithélium pigmentaire
- la couche des photorécepteurs comprenant les cônes qui sont responsables de la vision centrale et des couleurs et les bâtonnets qui sont plutôt responsables de la vision périphérique et nocturne
- la membrane limitante externe
- la couche nucléaire externe
- la couche plexiforme externe
- la couche nucléaire interne
- la couche plexiforme interne
- la couche des cellules ganglionnaires
- la couche des fibres optiques
- la membrane limitante interne

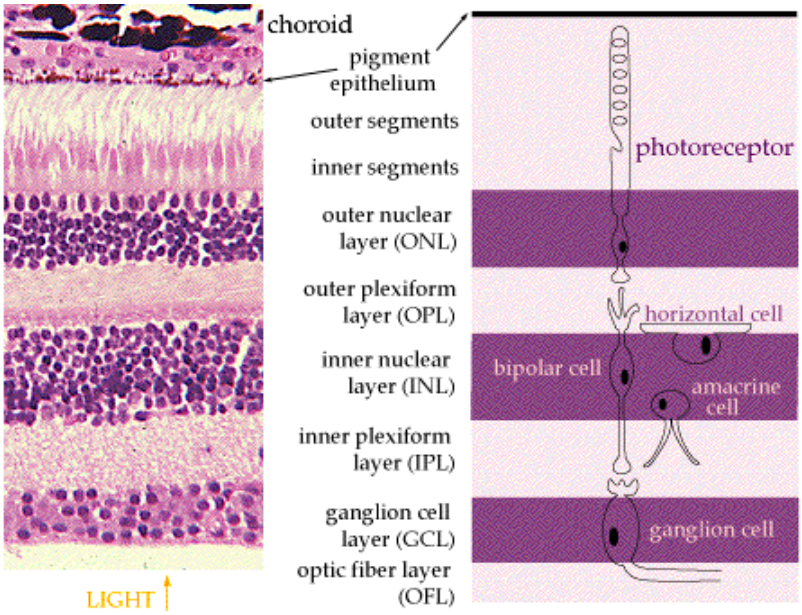


Figure 6 : schéma représente les 10 couches de la rétine

ملخص

كل يوم يصنعه الله ، نفتح أعيننا لنرى العالم. الرؤية هي إحدى حواس الإنسان الخمسة الأساسية. يمكن أن تؤثر العديد من الاضطرابات على رؤيتنا ، مما قد يؤدي إلى نقص البصر ، أو حتى إلى العمى. الغرض من هذا المشروع هو تطوير نظام متعدد الوظائف يجعل الحياة أسهل للأشخاص المعاقين بصريًا من خلال تزويدهم ببعض السهولة والأمان في تحركاته

الكلمات المفتاحية: المكفوفين ، التنقل ، كشف الأشياء ، العوائق ، أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية ، الإنذار ، الهزازات

Résumé

Chaque jour que dieu fait, nous ouvrons nos yeux pour voir le monde. la vision est l'un des cinq sens essentiels chez l'être humain. De nombreux troubles peuvent affecter notre vision, ce qui peut entrainer une baisse de la vue, et ça peut aboutir jusqu'à la cécité. Ce projet a pour objet de développer un système multifonctionnel qui permettra de faciliter la vie des personnes déficientes visuelles en leur procurant une certaine facilité et sécurité dans leurs déplacements

Mots clés : Personnes aveugles, mobilité, détection des objets, obstacles, capteurs à ultrason, GSM, alarme , vibreurs

Abstract

every day that god makes, we open our eyes to see the world. vision is one of the five essential human senses. Many disorders can affect our vision, which can lead to loss of sight, and it can lead to blindness. The purpose of this project is to develop a multifunctional system that will make life easier for visually impaired people by providing them with a certain ease and safety in their movements

Keywords: Blind people, mobility, object detection, obstacles, ultrasound sensors, GSM, alarm, vibrators