

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY

جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : de TECHNOLOGIE
Département : Electronique
Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Automatique
Spécialité : Automatique et informatique
industrielle

Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

Etude et réalisation d'une canne intelligente pour les non-voyants

Présenté par : *OULED LAHOCINE Amer*
SAYAD OUSSAMA

Encadrant : *AMARA Fethi*

Grade : *MCB*

Université : *UBMA*

Jury de Soutenance :

Nom et prénom	Grade	Université	Président
AMARA Fethi	MCB	UBMA	Encadrant
Nom et prénom	Grade	Université	Co-encadrant
Nom et prénom	Grade	Université	Examineur
Nom et prénom	Grade	Université	Deuxième examinateur / Membre invité

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Nos vifs et sincères remerciements à Dieu « Allah », qui nous a donné la force, la volonté, la santé, le courage et la patience durant nos années d'études et afin d'accomplir ce travail.

Notre immense reconnaissance et notre profonde gratitude à notre encadreur, M.AMARA Fethi, de nous avoir fait l'honneur de nous proposer ce sujet, d'avoir eu la patience et la détermination de nous guider pendant ces temps spéciaux, et nous avons eu l'honneur et le privilège de travailler sous son assistance et de profiter de ses qualités humaines, professionnelles et de sa grande expérience.

Merci aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce mémoire de fin d'études.

Merci à tous nos enseignants de l'université d'Annaba.

Merci infiniment à nos familles, en particulier nos parents, pour nous avoir toujours soutenus au cours de nos études. Qu'ils trouvent ici le fruit de leur patience et du soutien permanent qu'ils nous ont prodigué pour affronter tous les moments difficiles.

Merci énormément à nos camarades pour leur aide et leurs conseils précieux.

Dédicace

À ma très chère mère,

Tu es ma force, mon soutien inconditionnel et ma source d'inspiration. Ta bienveillance, ton amour et tes sacrifices ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Je te suis éternellement reconnaissant(e) pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi. Que cette dédicace témoigne de mon amour profond et de ma gratitude infinie envers toi. Je t'aime plus que les mots ne peuvent l'exprimer.

À mon très cher père,

Tu es mon modèle de résilience, de sagesse et de détermination. Ton soutien indéfectible et tes précieux conseils m'ont guidé tout au long de ma vie. Ta présence est une source d'inspiration constante. Je te dédie ces mots pour te rappeler combien je t'admire et combien ton amour compte pour moi. Merci d'être mon pilier et de m'avoir montré la voie. Je t'aime de tout mon cœur.

À ma très chère sœur,

Tu es ma complice, ma confidente et mon amie la plus proche. Nos liens sont indéfectibles et nos souvenirs précieux. Ta force, ton soutien inconditionnel et ton amour sont inestimables. Cette dédicace est un témoignage de ma profonde affection et de ma reconnaissance pour tout ce que nous partageons. Je suis si reconnaissant(e) d'avoir une sœur aussi extraordinaire. Je t'aime énormément.

À mon très cher frère,

Tu es mon allié, mon complice et mon protecteur. Nos aventures et nos rires ont forgé des souvenirs inoubliables. Ta présence chaleureuse et ton soutien constant ont toujours été là pour moi. À travers cette dédicace, je veux te dire combien je t'apprécie et combien tu comptes pour moi. Je suis fier/fière d'avoir un frère aussi incroyable. Je t'aime de tout mon être.

Que ces mots témoignent de mon amour et de ma reconnaissance éternels envers vous, ma très chère mère, mon très cher père, ma très chère sœur et mon très cher frère. Vous êtes les piliers de ma vie, et je suis béni(e) de vous avoir à mes côtés.

Résumé:

مشروعنا لعصا ذكية يهدف إلى تلبية احتياجات الأفراد ذوي الإعاقة البصرية، مما يمكنهم من القيام بالأنشطة اليومية خارج المنزل بمزيد من الاستقلالية والسلامة. من خلال دمج مجموعة متنوعة من الحساسات، يمكن لعصانا الذكية الكشف المسبق عن العقبات المحتملة وتقديم تنبيهات في الوقت المناسب عبر أمواج الصوت والاهتزازات ذات الشدة المختلفة. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بتنفيذ ميزة تتبع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، مما يتيح مشاركة موقع المستخدم مع أفراد عائلته لزيادة الطمأنينة. واجهة العصا الذكية سهلة الاستخدام والتصميم المتين يجعلها مريحة وموثوقة للاستخدام اليومي. يهدف مشروعنا إلى تمكين الأفراد ذوي الإعاقة البصرية، وتعزيز حركتهم ورفاهيتهم العامة.

Abstract:

Our smart stick project aims to address the needs of individuals with visual impairments, enabling them to engage in daily activities outside their homes with enhanced independence and safety. By integrating various sensors, our smart stick can pre-detect potential obstacles and provide timely alerts through sound waves and vibrations of different intensities. Additionally, we have implemented a GPS tracking feature, allowing the user's location to be shared with their family for added peace of mind. The smart stick's user-friendly interface and durable design make it accessible and reliable for daily use. Our project aims to empower individuals with visual impairments, promoting their mobility and overall well-being.

Résumé

Notre projet de canne intelligente vise à répondre aux besoins des personnes atteintes de déficience visuelle, en leur permettant de mener des activités quotidiennes en dehors de leur domicile avec une plus grande indépendance et sécurité accrue. En intégrant différents capteurs, notre canne intelligente peut pré-détecter les obstacles potentiels et fournir des alertes rapides grâce à des ondes sonores et des vibrations d'intensités différentes. De plus, nous avons mis en place une fonctionnalité de suivi GPS, permettant de partager la localisation de l'utilisateur avec sa famille pour une tranquillité d'esprit supplémentaire. L'interface conviviale et le design robuste de la canne intelligente la rendent accessible et fiable pour une utilisation quotidienne. Notre projet vise à autonomiser les personnes atteintes de déficience visuelle, en favorisant leur mobilité et leur bien-être général.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé.....	III
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux.....	IX
Introduction générale	2
Chapitre I: Notions générales	4
L'INTRODUCTION :	5
I.1. L'importance de la vision :	5
I.2. Composition de l'œil :	5
I.4. Champ visuel de l'œil humain :.....	7
I.5. La déficience visuelle :.....	7
I.6. Les catégories de la déficience visuelle :	8
I.7. Souffrance des aveugles et malvoyants :	9
I.8. Etude d'environnement pour aider les personnes non-voyantes :	10
I.8.1. Les obstacles en hauteur :	10
I.8.2 Les obstacles en bas :	10
I.8.3.Les obstacles dynamiques :	11
I.9. Moyens de compensation :	11
I.9.1. Aides humaines :	11
I.9.2. Aide animale :	12

I.9.3. Aide par un accessoire :	13
II. La canne, état de l'art :	13
II.1. Étude de la canne :	15
II.2. Présentation de la canne électronique :	17
II.3. Fonctions de la canne électronique :	17
II.5. Exemples de cannes :	18
II.5.1.wewalk:	18
Conclusion :	19
Chapitre 02 : Conception d'une canne intelligente .	20
II .1. Introduction :	21
II.2. schema bloc :	21
II.3. Les différents blocs du système :	22
II .3.1. Bloc de détection :	22
II.3.1.1 Capteur ultrason HC-SR04 :	22
II.3.1.1.2.Caractéristiques techniques de HC-SR04 :	23
II.3.1.1.3. Principe de fonctionnement de HC-SR04 :	23
II.3.1.2. Module GPS :	24
II.3.1.3. Module GSM :	24
II .3.2. Bloc de commande du système :	25
II.3.2.1. Module ESP32 (DEVKIT V1) :	25
II.3.2.1.1. Description technique de la carte ESP32 :	26

II. 3.2.1.2. Les avantages de la carte ESP32 :	26
II. 3.2.1.3. Schéma interne de la carte ESP32 :	27
II.3.2.2. La carte Arduino Nano :	27
II.3.2.2.1 Description technique d'Arduino Nano :	28
II.3.2.2.2 Schéma interne d'Arduino Nano	29
II.3.3.Bloc de signalisation.....	29
II.3.3.1 Le buzzer :	29
II.3.3.2. Le vibreur:	30
II.3.3.2.1. Caractéristiques techniques de vibreur min moteur :	30
II.4. Software:	31
II.4.1. Arduino IDE:	31
II.4.2. Le programme de ESP32:	31
II.4.2.1.Configuration initiale.....	32
II.4.2.2.Boucle principale:	32
II.4.2.3.Analyse des données:	33
II.4.2.4.Obtention de la position GPS:	33
II.4.2.5.Envoi du SMS:	33
II.4.3.Le programme de Arduino NANO :	34
II.4.3.1.Déclaration des broches:	34
II.4.3.2.Configuration des broches:	35
II.4.3.3Boucle principale:	35
II.4.3.4.Vérification des obstacles:	37

II.4.4. Les commentaires :	38
Conclusion :	38
Chapitre III : Réalisation de la canne intelligente.....	39
III. 1. Introduction.....	40
III.2. Réalisation de la canne intelligente :	40
III.2.1. Circuit de commande :	40
III. 2.2. Position des capteurs sur la canne :	42
III.2.3.La forme du la canne intelligente finale pour notre projet :	43
III.3.1.Organigrammes de fonctionnement globale :	43
III. 3.2. Organigramme de fonctionnement de circuit de commande1:	45
III. 3.3. Organigramme de fonctionnement de circuit de commande2:	45
III.4.Localisation GPS.....	46
III.5.Les avantages que j'ai pu constater sur la canne :	47
III.6.Les inconvénients :	48
III.7.Les solutions proposer :	48
III.8.Le cout de réalisation de circuit de commande:	49
CONCLUSION :	51
Conclusion générale	52
Bibliographie.....	53

Liste des figures :

Figure I.1 : l'œil humaine.

Figure I.2: Schéma de Champ visuel humain .

Figure I.3: Aides humaines .

Figure I.4: Aide animalière .

Figure I.5: Aide par un accessoire .

Figure I-6 : la canne Ultra-Cane.

Figure II.2: Capteur ultrason HC-SR04 .

Figure II.3: Principe de fonctionnement de HC-SR04 .

Figure II.3: Principe de fonctionnement de HC-SR04 .

Figure II.6 : Module GSM (SIM800) .

Figure II.7: Module ESP32 (DEVKIT V1) .

Figure II.8 : Composition d'une carte ESP32 .

Figure II.9 : Carte Arduino Nano .

Figure II. 10 : Mappage Arduino Nano .

Figure II. 10 :Buzzer .

Figure II. 11: Vibreur .

Figure II. 12 : Déclaration des broches de code ESP32 .

Figure II. 13 : la fonction setup() ESP32 .

Figure II. 14 : code Envoi du SMS ESP32 .

Figure II. 15 : Déclaration des broches .

Figure II. 16 : La boucle loop() Arduino Nano .

Figure II. 17 : Vérification Des Obstacles .

Figure III -01 : Matériels De Notre Projet .

Figure III-02 : Schéma du montage de circuit de commande1 .

Figure III-03 : Schéma du montage de circuit de commande 2 .

Figure III-04 : Position des capteurs sur la canne En 2D .

Figure III-05 : la canne intelligente .

Figure III-06 : Organigrammes de fonctionnement globale .

Figure III-07 : Organigramme de fonctionnement circuit de commande 1 .

Figure III-08 :Organigramme de fonctionnement circuit de commande 2 .

tableau 1 : Classification De déficiences visuelles.

Introduction générale

Introduction générale:

D'après l'OMS les estimations (Organisation Mondiale de la Santé), il y aurait environ 253 millions de personnes dans le monde atteintes de déficience visuelle, dont 36 millions de personnes sont aveugles. [1]

En Algérie, nous n'avons pas des statistiques exactes pour toute la population, Il n'y a pas de chiffres précis sur le nombre de personnes aveugles en Algérie, car les données sur la déficience visuelle peuvent être difficiles à recueillir. Cependant, selon certaines estimations, il pourrait y avoir environ 80000 à 100 000 personnes aveugles en Algérie.

Nous vivons dans un monde qui bouge pour cela les gens ont besoin de bouger, que ce soit pour aller au marché, la plage ou tout simplement aller à l'université. Tout le monde ne naît pas avec les mêmes capacités ou les mêmes privilèges et c'est la responsabilité privilégiée d'aider les démunis à avoir une vie meilleure. Les personnes handicapées souffrent au quotidien pour vivre une vie normale, une activité simple pour nous est un grand défi pour elles donc il est de notre responsabilité de créer des moyens pour les aider et faciliter leur quotidien et c'est ainsi que nous arrivons à notre projet que nous avons nommé (smartcane) a été fait pour rendre plus accessible, qui présente l'ensemble des possibilités économiques, matérielles, instrumentales, culturelles ou sociales mises à la disposition d'une personne handicapée qui permettent l'autonomie et la participation des personnes ayant un handicap, en réduisant, voire supprimant, les discordances entre les capacités, les besoins et les souhaits d'une part, et les différentes composantes physiques, organisationnelles et culturelles de leur environnement d'autre part.

La déficience visuelle est un facteur qui gêne et réduit considérablement la mobilité, le mouvement des personnes devient dépendant de plusieurs facteurs que ce soit une autre personne, un chien ou plutôt une simple canne qui ne détecte les obstacles que lorsque elle les atteint, Il existe des applications GPS pour smartphones (comme Google Map) qui peuvent être utilisées par les malvoyants mais qui doivent être programmées par un voyant et qui perdent leur utilité quant aux déplacements dans les bâtiments (non cartographiés), ce qui rend le déplacement des personnes non-voyantes très lent, ces moyens présentent donc des limites. Avec les progrès des technologies des télécommunications, il est maintenant possible de rendre la vie des personnes

Introduction Générale

malvoyantes plus agréable. Dans ce contexte, nous proposons un système, smartcane, dont l'objectif global est de donner de la lumière aux utilisateurs, de leur permettre de se déplacer dans des environnements inconnus, qu'ils soient intérieurs ou extérieurs, grâce à de multiples composants connectés à un " ESP32 et ARDUINO NANO ". Dans ce rapport, nous proposons l'élaboration d'une canne électronique en mettant en pratiques les bases que nous avons acquéri tout au long de notre cursus universitaire, et en utilisant les technologies de l'information et de la communication.

Ce mémoire est formé de trois chapitres, à travers lesquels nous décrivons le travail effectué pour la conception et la réalisation de notre projet : Le premier chapitre sera consacré à une présentation succincte de la vision humaine, et classer les différentes catégories de la déficience visuelle et les cannes intelligentes. Le deuxième chapitre sera dédié à la conception d'une canne intelligente et à la présentation de matériels et le outil de développement, après une brève introduction des cartes électroniques programmables, on va présenter la plateforme "ARDUINO IDE" et l'assistant vocale et les différents capteurs utilisés. Puis dans le troisième chapitre, on va présenter la réalisation de notre canne intelligente. Enfin, nous terminerons avec une conclusion générale et les perspectives.

Ce mémoire a pour objectif d'augmenter l'autonomie des personnes non voyantes en restaurant leur faculté à localiser des objets visuels. Comment utiliser les propriétés des ondes pour rendre la détection des obstacles plus facile aux aveugles.

Chapitre I:

Notions générales

INTRODUCTION :

La vue est l'un de nos sens les plus importants. Elle nous permet de percevoir la lumière et de distinguer les formes, les couleurs et les mouvements dans notre environnement. Le processus visuel commence lorsque la lumière entre dans nos yeux et atteint la rétine, où elle est convertie en signaux électriques qui sont envoyés au cerveau par le nerf optique. Il est donc nécessaire de présenter quelques notions en relation avec la déficience visuelle. Les causes et les types de déficiences visuelles ainsi que leur impact sur la mobilité et l'orientation des personnes déficientes et certaines aides comme la canne blanche et son développement.

I.1. L'importance de la vision :

La vision est essentielle pour les êtres vivants, y compris les humains, car elle leur permet de percevoir leur environnement et d'interagir avec lui de manière efficace. L'importance de la vision peut être considérée sous plusieurs angles. D'un point de vue physiologique, elle nous permet de voir les objets, les personnes et les mouvements, ce qui nous aide à naviguer dans notre environnement, à reconnaître les visages et à lire.

D'un point de vue social et émotionnel, la vision est essentielle pour les interactions humaines. Elle nous permet de détecter les expressions faciales, les gestes et les signaux non verbaux, qui peuvent nous aider à comprendre les émotions des autres et à communiquer les nôtres.

La vision joue également un rôle crucial dans le développement cognitif des enfants, en leur permettant d'explorer leur environnement et de s'engager dans des activités d'apprentissage.

Enfin, la vision peut être importante pour la sécurité, car elle peut nous aider à repérer les dangers potentiels et à réagir rapidement. Par conséquent, la perte de la vision peut avoir des conséquences graves sur la qualité de vie et la capacité à fonctionner de manière autonome.

I.2. Composition de l'œil :

L'œil est un organe complexe qui se compose de plusieurs structures qui travaillent ensemble pour permettre la vision. Les principales structures de l'œil sont :

Chapitre I :Notions générales

- 1- La cornée :** La cornée est la partie transparente et bombée qui se trouve à l'avant de l'œil. Elle est responsable de la réfraction de la lumière entrante.
- 2- L'iris :** L'iris est la partie colorée de l'œil qui contrôle la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil.
- 3- La pupille :** La pupille est l'ouverture noire au centre de l'iris, qui permet à la lumière de passer à travers l'œil.
- 4- Le cristallin :** Le cristallin est une lentille biconvexe située à l'intérieur de l'œil, juste derrière la pupille. Il se modifie pour permettre la mise au point sur les objets à différentes distances.
- 5- La rétine :** La rétine est une fine membrane qui tapisse la partie arrière de l'œil. Elle contient les photorécepteurs, les cellules sensibles à la lumière qui convertissent la lumière en signaux électriques.
- 6- Le nerf optique :** Le nerf optique est le faisceau de fibres nerveuses qui transmet les signaux électriques de la rétine au cerveau.
- 7- Les muscles oculaires :** Les muscles oculaires sont responsables du mouvement de l'œil dans toutes les directions.

Toutes ces structures travaillent ensemble pour permettre la vision, de la capture de la lumière à la transmission de l'information visuelle au cerveau.

Cependant il existe aussi des maladies qui peuvent nous rendre aveugle comme le glaucome qui atteint notre nerf optique ou la cataracte qui fait jaunir notre cristallin et provoque une opacification. [2]

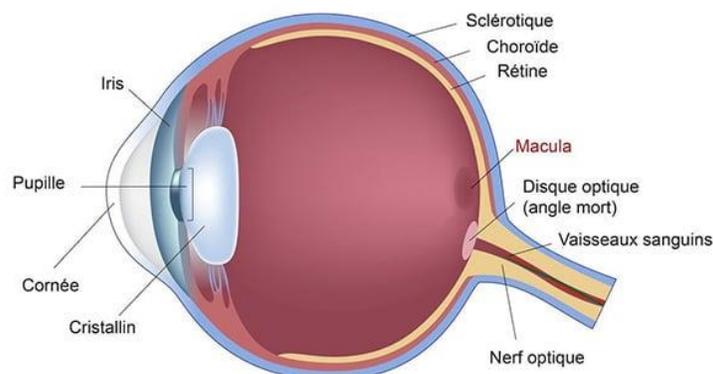


Figure I.1 : l'œil humaine. [1]

I.3. Champ visuel de l'oeil humain :

Le champ visuel est l'espace qui peut être vu par un œil immobile. Le champ visuel restant est généralement divisé en quatre parties :

- Le champ visuel supérieur 60° , qui s'étend au-dessus du point de fixation de l'œil
- Le champ visuel inférieur 70° , qui s'étend en dessous du point de fixation de l'œil
- Le champ visuel nasal 60° , qui s'étend vers le nez
- Le champ visuel temporal 90° , qui s'étend vers les tempes.

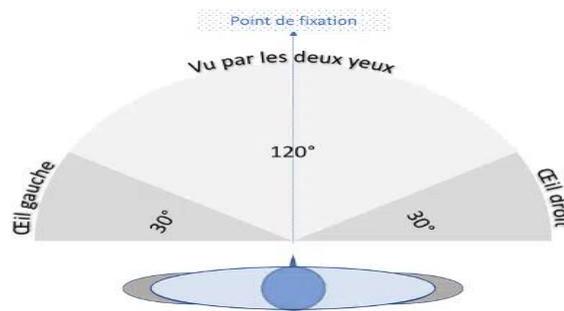


Figure I.2: Schéma de Champ visuel humain [2]

I.4. La déficience visuelle :

La déficience visuelle peut être définie comme une perte partielle ou totale de la capacité à voir. Il existe plusieurs niveaux de déficience visuelle, allant de la difficulté à voir les détails fins à la cécité complète.

Il existe différentes causes de déficience visuelle, notamment les maladies oculaires telles que la cataracte, le glaucome, la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) et la rétinopathie diabétique. D'autres causes peuvent inclure des lésions oculaires, des maladies neurologiques et des troubles génétiques.

I.5. Les catégories de la déficience visuelle :

Il existe plusieurs catégories de déficience visuelle, qui sont généralement classées en fonction de l'étendue de la perte de vision et de la cause sous-jacente. Voici quelques-unes des catégories courantes de la déficience visuelle :

Catégorie 1 : La cécité est définie comme une perte complète de la vision dans les deux yeux ou une vision qui ne peut pas être corrigée avec des lentilles de contact ou des lunettes. Les personnes aveugles peuvent utiliser d'autres sens pour compenser leur perte de vision.

- **Catégorie 2** : La basse vision est une perte partielle de la vision qui ne peut pas être corrigée avec des lentilles de contact ou des lunettes. Les personnes atteintes de basse vision ont une vision résiduelle qui peut être améliorée avec des aides visuelles et d'autres stratégies.
- **Catégorie 3** : La myopie est une déficience visuelle qui se caractérise par une vision floue à distance, tandis que la vision de près reste claire. Elle peut être corrigée avec des lentilles de contact ou des lunettes.
- **Catégorie 4** : La presbytie est une forme de déficience visuelle qui se produit avec l'âge et qui se caractérise par une difficulté à voir les objets de près. Elle peut être corrigée avec des lentilles de contact ou des lunettes.
- **Catégorie 5** : La dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) est une maladie oculaire qui affecte la partie centrale de la rétine, ce qui peut causer une perte de vision centrale. Elle peut être traitée avec des médicaments ou des interventions chirurgicales.

Type	Catégorie	Acuité visuelle (Avec la meilleure correction)		Champ visuel
Malvoyance (déficience moyenne)	I	< 3/10 ^{ème} (0,3)	> ou = 1/10 ^{ème} (0,1)	au moins 20°
Malvoyance (déficience sévère)	II	< 1/10 ^{ème} (0,1)	> ou = 1/20 ^{ème} (0,05)	
Cécité partielle (déficience profonde)	III	< 1/20 ^{ème} (0,05) comptage des doigts < 3m	> 1/50 ^{ème} (0,02)	< 10° > 5°
Cécité presque totale (déficience presque totale ou cécité sévère)	IV	< 1/50 ^{ème} (0,02) comptage des doigts < ou = 1m	Perception conservée de la lumière	< 5°
Cécité absolue	V	Absence de perception de la lumière		

tableau 1 : Classification de déficiences visuelles

I.6. Souffrance des aveugles et malvoyants :

La souffrance des aveugles et des malvoyants peut être définie comme la douleur émotionnelle et psychologique associée à la perte partielle ou totale de la vision. Les personnes aveugles et

malvoyantes peuvent ressentir de la douleur et de la détresse émotionnelle en raison de leur incapacité à voir et à vivre pleinement les expériences visuelles que les personnes voyantes peuvent apprécier. Cette souffrance peut être exacerbée par des difficultés à accomplir des tâches quotidiennes, à communiquer avec les autres ou à se déplacer en toute sécurité. Il est important de reconnaître que chaque personne aveugle ou malvoyante est unique et que leur expérience de la souffrance peut être différente. Il est donc important d'offrir un soutien adapté à chaque individu pour les aider à surmonter les défis liés à leur perte de vision.

I.7. Etude d'environnement pour aider les personnes non-voyantes

L'environnement dans lequel nous vivons peut être un véritable défi pour les personnes non-voyantes. Les obstacles tels que les escaliers, les trottoirs, les feux de circulation peuvent rendre leurs déplacements difficiles et dangereux. Il est donc essentiel de comprendre leur environnement pour trouver des solutions efficaces qui leur permettront de mener une vie autonome et en sécurité. Dans cette optique, nous allons examiner de manière détaillée les différents types d'obstacles auxquels les personnes aveugles sont confrontées au quotidien et proposerons des solutions possibles pour les aider.

I.7.1. Les obstacles en hauteur :

Les obstacles en hauteur sont des éléments qui se trouvent au-dessus de la hauteur du nombril et qui peuvent être particulièrement dangereux pour les personnes non-voyantes. En effet, contrairement aux obstacles au sol qui peuvent être détectés avec une canne de locomotion, les obstacles en hauteur sont plus difficiles à détecter. Lorsque;une personne non-voyante passe sous un obstacle en hauteur, comme une branche basse ou un panneau suspendu, elle risque de heurter son haut du corps, ce qui peut causer des blessures graves. Les personnes qui se déplacent avec un chien guide peuvent également rencontrer des difficultés car les yeux de leur chien sont situés à environ un mètre en dessous de ceux de leur maître, ce qui peut entraîner des erreurs évaluation. Solutions tels que les détecteurs d'obstacles en hauteur, les capteurs de hauteur, les ultrasons ou bien les lasers, peuvent aider les personnes non-voyantes à détecter les obstacles en hauteur et les éviter en toute sécurité.

I.7.2 Les obstacles en bas

Les obstacles en bas sont des objets ou des obstacles près du sol, tels que des trottoirs, des marches, des bordures, des poteaux, des caniveaux et des débris. Les personnes non-voyantes peuvent avoir du mal à les voir, mais elles peuvent utiliser d'autres sens tels que l'ouïe et le toucher pour les détecter. Les personnes non-voyantes doivent être conscientes

I.7.3.Les obstacles dynamiques

Les obstacles dynamiques font référence à des obstacles mobiles dans l'environnement, tels que les voitures, les vélos, les piétons et les animaux, qui peuvent représenter un danger pour les personnes non-voyantes en se déplaçant dans leur environnement. Pour cela, il faut signaler les mouvements à proximité.

I.8. Moyens de compensation :

Les personnes aveugles ou malvoyantes peuvent utiliser plusieurs moyens de compensation pour compenser leur perte de vision , Grâce à de nombreuses autres technologies et outils qui peuvent aider les personnes aveugles ou malvoyantes à vivre de manière plus autonome et à accéder aux informations et aux activités quotidiennes. Voici quelques-uns des moyens les plus couramment utilisés :

I.8.1. Aides humaines

Les personnes aveugles ou malvoyantes peuvent avoir besoin d'une aide humaine pour traverser des endroits dangereux ou pour se déplacer dans des zones fréquentées, telles que les grandes places, les carrefours, les parcs ou les bâtiments publics. Les accompagnateurs peuvent les aider à éviter les obstacles et à se diriger en toute sécurité.

De même, l'aide humaine peut être utile pour des situations où les personnes aveugles ont besoin d'une orientation ou d'une assistance spécifique, comme pour se positionner dans une file d'attente ou pour visiter des monuments historiques. Les accompagnateurs peuvent également aider les personnes non-voyantes dans les transports en commun, pour s'assurer qu'elles prennent le bon itinéraire et qu'elles arrivent à destination en toute sécurité.

Il est important que le personnel soit formé pour offrir une aide professionnelle et sensible aux personnes aveugles ou malvoyantes, en leur apportant un soutien adapté à leurs besoins et à leur situation.[1]



Figure I-3 : photo d'Aides humaines.

I.9.2. Aide animalière

Les chiens-guides, également appelés chiens d'aveugle, sont des animaux de travail spécialement entraînés pour aider les personnes aveugles ou malvoyantes à se déplacer en toute sécurité et en toute confiance dans leur environnement quotidien et à être plus indépendantes. Ils aident leurs propriétaires (également appelés gestionnaires) à naviguer dans différents endroits, allant des centres-villes bondés aux parcs tranquilles.

Les chiots spécialement élevés sont formés pendant environ 18 mois pour devenir des chiens guides. Les chiots sont issus de grandes races de chiens de travail, généralement des labradors et des golden retrievers.

Ils passent un an avec un éleveur de chiots bénévole qui les socialise et les emmène à l'école maternelle pour chiots, où ils apprennent les commandes clés telles que «s'asseoir», «se laisser tomber» et «rester». Ils commencent ensuite environ 6 mois de formation de chien-guide et acquièrent diverses compétences, notamment comment gérer les distractions dans des endroits très fréquentés et bruyants.

Les chiens-guides apprennent à :

- obéir aux instructions de leurs propriétaires sur la direction à suivre
- trouver un chemin adapté
- localiser les portes et les marches

Chapitre I :Notions générales

- conduire les propriétaires vers des destinations clés, telles que leur lieu de travail, école ou université, arrêt de bus ou gare, commerces et installations sportives
- guider les propriétaires à pied dans la circulation, y compris en s'arrêtant aux bordures et en trouvant les passages pour piétons
- évitez les obstacles, tels que d'autres personnes ou des vélos, et les objets bas au-dessus de votre tête, tels que des branches

Le chien-guide et son maître travaillent en équipe. Bien que le chien conduise son propriétaire sur des itinéraires réguliers, la personne doit savoir dans quelle direction aller et décider quand il est sécuritaire de traverser les routes ou quel bus ou train prendre.

Ces chiens hautement dressés sont choisis pour leur bon tempérament et conviennent à tous, des enfants d'âge scolaire aux personnes âgées. Les chiens-guides offrent une compagnie constante et sont véritablement les yeux de leurs maîtres, les aidant à établir leur mobilité et leur indépendance.



Figure I-4 : photo d'Aides animalière.

I.9.3. Aide par un accessoire :

Effectivement, les personnes aveugles ou ayant une déficience visuelle ont depuis longtemps utilisé des cannes ou des bâtons pour les aider à se déplacer en toute sécurité. Ces accessoires peuvent être utilisés pour détecter les obstacles sur le chemin, mesurer la profondeur des escaliers ou des fosses, et pour aider à maintenir l'équilibre. [6]



Figure I-5 : photo de la canne blanche.

II. La canne, état de l'art

La canne blanche : Une longue canne blanche est l'aide à la mobilité que la plupart des personnes aveugles ou malvoyantes choisissent d'utiliser. Comme il est si largement utilisé, il est devenu un symbole internationalement reconnu de la cécité et de la basse vision.

La canne a une longue histoire comme aide à la mobilité et existe sous diverses formes depuis près d'un siècle. En 1921, le photographe anglais James Biggs devient aveugle à la suite d'un accident et peint sa canne en blanc pour être plus facilement visible. Pour cela, il est crédité comme l'initiateur de la canne blanche.

Les cannes peuvent être de différents types pour aider les personnes ayant différents types et degrés de déficience visuelle. Les trois principaux types de Cannes sont:

- Canne longue - Une longue canne de mobilité qui permet à une personne aveugle ou malvoyante d'utiliser la canne pour détecter tous les obstacles et dangers sur son chemin de déplacement en déplaçant la canne devant elle.
- Canne d'identification - Cette canne est conçue pour être un signal visible aux autres que l'utilisateur est aveugle ou malvoyant. Les gens n'utilisent pas de cannes d'identification pour détecter les obstacles, mais elles peuvent être utilisées pour aider à détecter la hauteur des marches, des gouttières et des chutes.
- Canne de soutien - Cette canne a plus en commun avec une canne et peut être utilisée pour aider à l'équilibre et comme moyen de soutien physique. Comme la canne d'identification,

cette canne n'est pas utilisée pour détecter les obstacles mais peut aider à identifier qu'une personne a une basse vision.

Bien qu'elles soient communément appelées cannes blanches, les cannes sont disponibles dans une gamme de couleurs et sont également fabriquées à partir de différents matériaux. Il existe également une gamme de différents embouts disponibles pour les cannes blanches pour aider les gens à naviguer sur différentes surfaces et environnements.

Pour certaines personnes aveugles ou malvoyantes, leur canne blanche peut être leur principale ou unique aide à la mobilité, tandis que d'autres peuvent l'utiliser en conjonction avec d'autres stratégies.

De nombreux maîtres-chiens d'aveugle gardent une canne blanche à portée de main lorsqu'il n'est pas pratique de se faire accompagner par leur chien, par exemple lorsqu'ils se promènent sur leur lieu de travail ou dans un autre endroit qu'ils connaissent.

Au fil du temps, les cannes et les bâtons ont évolué pour inclure de nouvelles fonctionnalités et technologies qui aident les personnes aveugles ou ayant une déficience visuelle à naviguer plus efficacement. Par exemple, de nombreuses cannes modernes sont équipées d'un capteur qui peut détecter les obstacles à hauteur de la poitrine ou de la tête, et émettre une alerte sonore ou vibrante pour avertir l'utilisateur. Certains modèles de cannes peuvent également être pliés pour faciliter le transport.

En plus des cannes, il existe aujourd'hui des accessoires électroniques pour aider les personnes aveugles ou ayant une déficience visuelle à se déplacer en toute sécurité. Par exemple, les systèmes de navigation par GPS peuvent être utilisés pour guider les utilisateurs vers leur destination, tandis que les applications mobiles de reconnaissance de texte peuvent aider à identifier les objets et les panneaux de signalisation à proximité.[3]

II.1. Étude de la canne :

Les cannes pour personnes aveugles ou ayant une déficience visuelle ont été utilisées depuis des siècles, mais leur évolution vers des outils plus avancés a commencé au cours des dernières décennies. Voici quelques-unes des dates clés dans l'histoire des cannes pour personnes aveugles:

1921 : La première canne blanche est introduite aux États-Unis par James Biggs, un photographe aveugle de l'Ohio. La canne blanche est ensuite adoptée par des organisations pour les personnes aveugles dans le monde entier. [4]

1931 : La première canne blanche est fabriquée en masse par l'organisation britannique The Royal National Institute for the Blind (RNIB). [4]

1944 : La canne pliante, également appelée canne de voyage, est introduite. Cette canne peut être facilement pliée et rangée dans un sac ou un sac à main lorsqu'elle n'est pas utilisée.

Années 1960 : Les cannes pour l'intérieur font leur apparition. Ces cannes sont plus courtes que les cannes pour l'extérieur et sont conçues pour détecter les obstacles à hauteur de la taille ou du genou, tels que les meubles et les murs.

Années 1970 : Les premières cannes électroniques sont développées. Ces cannes peuvent être équipées de capteurs plus avancés et fournir une navigation par GPS et d'autres fonctionnalités utiles.

Années 1990 : Les cannes blanches télescopiques sont introduites. Ces cannes peuvent être ajustées à différentes longueurs pour s'adapter aux préférences de l'utilisateur.

Années 2000 : Les cannes intelligentes, également appelées cannes électroniques avancées, font leur apparition. Ces cannes peuvent être connectées à des appareils mobiles pour fournir une navigation par GPS, la reconnaissance de la parole et d'autres fonctionnalités utiles.

En résumé, l'évolution des cannes pour personnes aveugles ou ayant une déficience visuelle a été continue depuis le début du 20ème siècle, avec des développements importants dans les années 1940, 1960, 1970, 1990 et 2000. Aujourd'hui, les cannes modernes offrent une grande variété de fonctionnalités pour aider les utilisateurs à se déplacer en toute sécurité et avec plus de confort.

La canne intelligente est une technologie émergente qui a le potentiel de révolutionner la façon dont les personnes aveugles ou malvoyantes se déplacent et interagissent avec leur environnement. Il y a eu plusieurs études et recherches sur la canne intelligente pour évaluer son efficacité et son utilité pour les personnes aveugles et malvoyantes.

Une étude menée par des chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley a évalué l'efficacité d'une canne intelligente équipée de capteurs de distance ultrasoniques pour aider les utilisateurs à

détecter les obstacles et les dangers potentiels lors de la marche. L'étude a révélé que la canne intelligente a permis aux utilisateurs de détecter les obstacles à une distance plus grande que ce qui était possible avec une canne blanche traditionnelle.

Une autre étude menée par des chercheurs de l'Université de Technologie de Delft aux Pays-Bas a examiné l'utilisation de la canne intelligente pour aider les personnes malvoyantes à naviguer dans des environnements intérieurs complexes, tels que les centres commerciaux et les gares. Les résultats ont montré que la canne intelligente était efficace pour aider les utilisateurs à éviter les obstacles et à naviguer dans des environnements inconnus.

Plusieurs autres études ont également évalué l'efficacité de différentes caractéristiques de la canne intelligente, telles que les signaux sonores et vibratoires, les systèmes de localisation et de cartographie, et la convivialité de l'appareil pour les utilisateurs.

Cependant, malgré les avantages potentiels de la canne intelligente, il y a encore des défis à surmonter pour rendre cette technologie accessible et pratique pour tous les utilisateurs. Ces défis comprennent le coût élevé de la technologie, la nécessité d'une formation et d'une adaptation pour les utilisateurs, et la nécessité de développer des normes et des réglementations pour assurer la sécurité et la fiabilité de la technologie.

II.2. Présentation de la canne électronique :

la plupart des modèles de canne électronique sont équipés d'un petit boîtier électronique qui peut être fixé sur la poignée de la canne blanche traditionnelle. Le boîtier contient généralement une batterie rechargeable, des capteurs ultrasoniques et d'autres composants électroniques pour détecter les obstacles sur le chemin de l'utilisateur.

Les capteurs ultrasoniques émettent des ondes sonores à haute fréquence qui rebondissent sur les objets environnants et retournent au capteur. En mesurant le temps nécessaire pour que les ondes sonores rebondissent, le capteur peut déterminer la distance de l'objet. Si un obstacle est détecté, le boîtier électronique envoie des signaux sonores ou vibratoires à l'utilisateur pour l'avertir de sa présence.

En général, la portée des capteurs ultrasoniques est d'environ un mètre, ce qui signifie qu'ils peuvent détecter les obstacles situés à une distance d'environ un mètre devant l'utilisateur. Cela permet à l'utilisateur de réagir rapidement et de se déplacer en toute sécurité autour de l'obstacle.

II.3. Fonctions de la canne électronique

La canne électronique, ou la canne intelligente, offre plusieurs fonctions pour aider les personnes aveugles ou malvoyantes à se déplacer en toute sécurité. Voici quelques-unes de ses fonctions principales:

1. Détection des obstacles : La fonction principale de la canne électronique est de détecter les obstacles sur le chemin de l'utilisateur. Elle utilise des capteurs électroniques, tels que des capteurs ultrasoniques, pour détecter les obstacles à une certaine distance et avertir l'utilisateur de leur présence. Cette fonction permet à l'utilisateur de réagir rapidement et de contourner l'obstacle en toute sécurité.
2. Avertissement sonore ou vibratoire : La canne électronique est équipée d'un système d'avertissement sonore ou vibratoire pour avertir l'utilisateur de la présence d'un obstacle. Le boîtier électronique émet un son ou une vibration pour alerter l'utilisateur de la distance et de la direction de l'obstacle. Cette fonction est importante car elle permet à l'utilisateur d'identifier rapidement la source de l'obstacle.
3. Aide à la navigation : En plus de la détection des obstacles, certaines cannes électroniques offrent également des fonctions de navigation pour aider l'utilisateur à se déplacer dans des environnements inconnus. Par exemple, certaines cannes peuvent être équipées d'un système de géolocalisation ou d'un GPS pour guider l'utilisateur vers sa destination.
4. Réglages personnalisés : La plupart des cannes électroniques offrent des options de réglage pour répondre aux besoins spécifiques de chaque utilisateur. Les paramètres peuvent inclure la sensibilité des capteurs, le niveau de volume des avertissements sonores ou vibratoires et d'autres options de personnalisation pour améliorer l'expérience de l'utilisateur.[5]

II.4. Exemples de cannes :

II.4.1.wewalk:

en 2017, en raison des progrès technologiques, de nombreux produits ont été réinventés, notamment l'invention de la canne intelligente. Le projet WeWalk Smartcane a débuté en 2017. En 2019, Wewalk était une entreprise. Le WeWalk Smartcane a été inventé par un ingénieur malvoyant, Kursat Ceylan, qui était le PDG et co-fondateur de la Young Guru Academy (YGA). Ceylan a connu de première main les défis d'être aveugle. "WeWalk n'est pas seulement une canne intelligente pour nous", dit-il. "WeWalk est un mouvement visant à accroître la participation pleine et égale à la vie sociale."

La canne aide les personnes malvoyantes en utilisant une technologie intelligente. Il est équipé de haut-parleurs intégrés, d'un assistant vocal, de Google et de capteurs à ultrasons, qui envoient des vibrations pour avertir des obstacles. WeWalk se connecte à un smartphone via une application propriétaire et Bluetooth. La smartcane trouvera votre emplacement actuel et naviguera vers un nouvel emplacement, en utilisant des directions basées sur l'horloge. Grâce à la technologie de géolocalisation, si la canne est perdue, une personne peut utiliser une alerte vocale pour la retrouver. La technologie utilisée pour créer la canne weWALK est construite autour d'une plateforme ouverte, ce qui signifie que des tiers pourraient ajouter leurs propres fonctions basées sur les smartphones plus tard. Ses développeurs espèrent éventuellement l'associer à des applications de covoiturage et à des services de transport pour améliorer encore ses capacités de navigation.



Figure I-6 : la canne Ultra-Cane.

Conclusion :

En fin de ce chapitre, on conclut que l'œil est l'organe de la vision de l'être humain, il lui permet de capter des images pour ensuite les analyser afin d'interagir avec l'environnement. Nous avons présenté brièvement quelques notions de la vision humaine, commençant par une définition succincte puis nous avons montré l'importance de la vision pour l'être humain ainsi que l'anatomie de l'œil et son fonctionnement. A la fin de ce chapitre, nous avons classé les différentes catégories de la déficience visuelle et les moyens techniques permettant aux non voyants de vivre en toute sécurité et autonomie.

Chapitre II :

Conception d'une canne intelligente

II .1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons les équipements nécessaires à la réalisation de notre canne destinée à aider les personnes malvoyantes, conformément à ce qui a été exposé dans le chapitre précédent. Ces équipements, tant matériels que logiciels, ont joué un rôle essentiel dans la conception de notre solution finale.

Nous avons partagé notre cahier de charge en deux parties, La première partie hardware contient, tous les équipements physique comme. Arduino, ESP32, capteur d'obstacle ultrasonique, GSM et GPS. La deuxième partie est le côté software qui sera une présentation du logiciel utilisé pour la supervision à distance de notre solution.

II.2. schema bloc

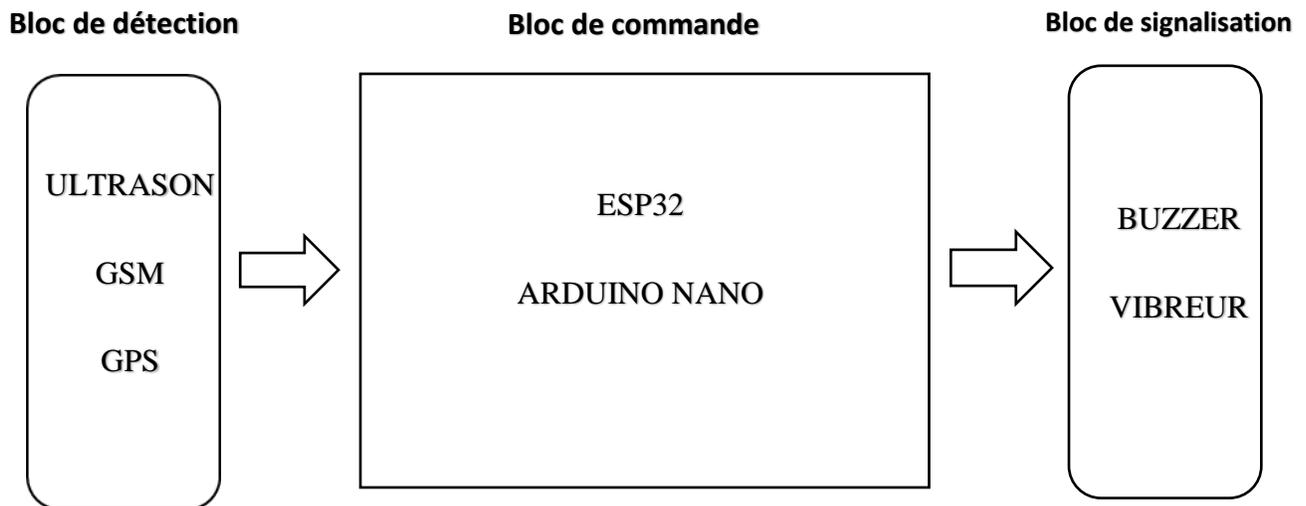


Figure II.1: Le schéma bloc de notre système.

❖ Bloc de detection :

Le bloc de détection proposé combine des capteurs à ultrasons, un module GSM et un module GPS. Les capteurs à ultrasons mesurent la distance entre le capteur et les objets en utilisant des signaux ultrasoniques réfléchis. Le module GSM permet la communication sans fil via le réseau

GSM, ce qui permet d'envoyer des messages et de passer des appels téléphoniques. Le module GPS utilise les signaux satellitaires pour déterminer la position géographique précise du système.

❖ **Bloc de Commande :**

L'ESP32 est utilisé avec le module GPS et le module GSM, tandis que l'Arduino Nano est utilisé avec le capteur à ultrasons, le buzzer et le module de vibration. L'ESP32 permet de recevoir les signaux GPS et de communiquer via le réseau GSM, tandis que l'Arduino Nano gère la détection d'objets avec le capteur à ultrasons et fournit des rétroactions audio et haptiques avec le buzzer et le module de vibration.

❖ **Bloc de signalisation :**

Un bloc de signalisation peut être créé en utilisant un buzzer et un module de vibration. Le buzzer émet des signaux sonores lorsqu'il est activé, permettant de transmettre des informations auditives. Le module de vibration génère des vibrations mécaniques, fournissant des rétroactions haptiques.

II.3. Les différents blocs du système :

II .3.1. Bloc de détection :

II.3.1.1 Capteur ultrason HC-SR04 :

Le capteur HC-SR04 utilise des ondes ultrasonores pour mesurer la distance entre l'objet et le capteur. Il envoie un signal sonore à haute fréquence (typiquement 40 kHz) et mesure le temps nécessaire pour que le signal rebondisse sur l'objet et revienne au capteur. La distance est ensuite calculée en fonction du temps de vol de l'onde sonore.

Comme les ultrasons sont des ondes mécaniques, ils peuvent traverser la plupart des matériaux solides, mais sont réfléchis par les surfaces dures et réfléchissantes. Le capteur peut donc détecter des objets à une distance allant jusqu'à quelques mètres, selon les conditions environnementales.[6]

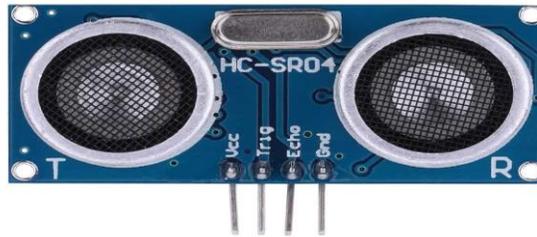


Figure II.2: Capteur ultrason HC-SR04.

II.3.1.1.2. Caractéristiques techniques de HC-SR04 :

- Tension de fonctionnement : 5 V DC
- Courant de fonctionnement : moins de 15 mA
- Angle de mesure : environ 15 degrés
- Plage de mesure : de 2 cm à 400 cm
- Précision : environ 3 mm
- Fréquence de fonctionnement : 40 kHz
- Dimensions : 45 x 20 x 15 mm
- Poids : environ 8,5 g [6]

II.3.1.1.3. Principe de fonctionnement de HC-SR04 :

Les télémètres à ultrasons mesurent la distance d'un objet en utilisant le temps de retour d'une onde sonore inaudible émise par le capteur. Étant donné que la vitesse du son dans l'air est relativement constante, il est possible de déduire la distance de l'objet en question. Le capteur envoie une impulsion de 10 μ s à une amplitude de 5V sur l'entrée Trigger pour lancer la mesure. Il émet ensuite une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40 kHz et attend le signal réfléchi. Lorsque le signal est détecté, une impulsion de durée proportionnelle à la distance est renvoyée sur la sortie "Echo". Pour déterminer la distance de l'objet, on divise le temps de l'impulsion de sortie par deux (car le signal fait un aller-retour) et on multiplie le résultat par la vitesse du son dans l'air (340m/s).[6]

$$\text{Distance d'objet} = (\text{Temps d'impulsion} * 340\text{m/s}) / 2$$

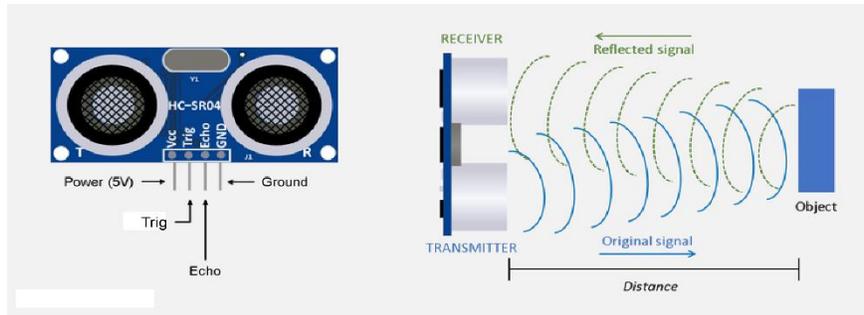


Figure II.3: Principe de fonctionnement de HC-SR04 .

II.3.1.2. Module GPS :

Le GPS NEO-6M un récepteur GPS complet très performant avec une antenne en céramique intégrée de 25 x 25 x 4 mm, qui offre une capacité de recherche par satellite puissante. Avec les indicateurs d'alimentation et de signal, vous pouvez surveiller l'état du module. est un module GPS compact et précis utilisé pour le positionnement en temps réel. Il prend en charge plusieurs systèmes de navigation par satellite et peut être intégré facilement dans diverses applications telles que la navigation automobile, les appareils portables, les drones, etc. Il offre une communication série simple via une interface standard telle que l'UART et fournit des données de positionnement précises avec une précision allant jusqu'à quelques mètres. Le NEO-6M dispose également de fonctionnalités avancées telles que l'assistance de signal et le suivi des signaux faibles pour une réception optimale dans différentes conditions de signal GPS.



Figure II.4: Module GPS (NEO-6) [6]

II.3.1.3. Module GSM :

CHAPITRE II : Conception d'une canne intelligente

Le module GSM SIM800L est un dispositif électronique qui nous permet de communiquer via le réseau GSM. Il peut envoyer et recevoir des SMS, SIM800L est l'un des plus petits modules GSM du monde avec une taille de 2.2 cm x 1.8 cm. C'est un module puissant qui démarre automatiquement et recherche automatiquement le réseau. Il inclut notamment le Bluetooth 3.0+EDR et la radio FM (récepteur uniquement). Il vous permettra d'échanger des SMS, de passer des appels mais aussi, et c'est nouveau, de récupérer de la data en GPRS 2G+. Ainsi vous pourrez faire transiter des données sur une très longue distance, si par exemple la radio FM ou le Bluetooth passer et recevoir des appels téléphoniques, et accéder à Internet via le GPRS. C'est un choix populaire pour les projets d'objets connectés et de communication mobile. Vous pouvez le contrôler à l'aide de commandes simples envoyées depuis un autre appareil, comme un microcontrôleur. En résumé, le module GSM SIM800L vous permet de communiquer sans fil en utilisant le réseau GSM.

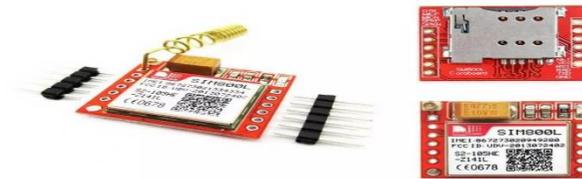


Figure II.6 : Module GSM (SIM800L) [7]

II .3.2. Bloc de commande du système :

II.3.2.1. Module ESP32 (DEVKIT V1) :

L'ESP32 est un petit composant électronique qui peut être utilisé pour connecter des appareils à Internet sans fil. Il possède une puce spéciale qui lui permet de se connecter à des réseaux Wi-Fi et Bluetooth. Il est très populaire pour créer des objets intelligents, des appareils domotiques et d'autres gadgets connectés. Avec l'ESP32, vous pouvez contrôler et surveiller des appareils à

CHAPITRE II : Conception d'une canne intelligente

distance, collecter des données et les envoyer sur Internet, ou même créer votre propre système de maison intelligente. Il est très flexible et peut être programmé avec différents outils, ce qui le rend accessible aux débutants comme aux experts en électronique.

L'ESP32 est doté d'un processeur à double cœur Tensilica LX6 cadencé jusqu'à 240 MHz, d'une mémoire flash intégrée, de capacités de connectivité sans fil Wi-Fi 802.11 b/g/n et Bluetooth 4.2, ainsi que d'une variété d'interfaces périphériques, notamment des ports GPIO, des UART, des SPI, des I2C, des ADC, des DAC, etc.

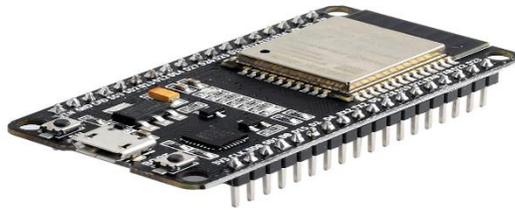


Figure II.7: Module ESP32 (DEVKIT V1) [5]

II.3.2.1.1. Description technique de la carte ESP32 :

Les spécifications principales de l'ESP32 sont :

- Architecture : Double cœur cadencé jusqu'à 240 MHz pour une exécution simultanée de tâches.
- Connectivité : Wi-Fi 802.11 b/g/n et Bluetooth v4.2 pour une communication sans fil.
- Mémoire : SRAM de 520 Ko et mémoire flash intégrée pour le stockage du programme.
- Mémoire : SRAM de 520 Ko et mémoire flash intégrée pour le stockage du programme.
- Interfaces : GPIO, UART, SPI, I2C, CAN, Ethernet, etc.
- Conversion analogique-numérique : Permet la conversion de signaux analogiques en données numériques.
- Sécurité : Prise en charge du chiffrement matériel et de la protection des données.
- Alimentation : Peut être alimenté par une source externe ou une batterie.
- Environnement de développement : Compatible avec Arduino, MicroPython, ESP-IDF, etc.

[5].

II. 3.2.1.2. Les avantages de la carte ESP32 :

L'ESP32 présente plusieurs avantages :

- Puissance de calcul élevée.
- Connectivité sans fil avec Wi-Fi et Bluetooth.
- Faible consommation d'énergie.
- Interfaces polyvalentes.
- Mémoire suffisante.
- Support de développement étendu.
- Communauté active et documentation abondante.

II. 3.2.1.3. Schéma interne de la carte ESP32 :

L'ESP32 est un microcontrôleur doté de nombreuses broches GPIO (General Purpose Input/Output) qui peuvent être utilisées pour diverses fonctions. Les broches GPIO vont de GPIO0 à GPIO39, avec certaines broches ayant des fonctions spéciales assignées. Par exemple, certaines broches peuvent être utilisées pour l'interface SPI, I2C, UART, etc. D'autres broches sont dédiées à des fonctionnalités spécifiques, telles que les entrées analogiques (ADC) ou les sorties analogiques (DAC).

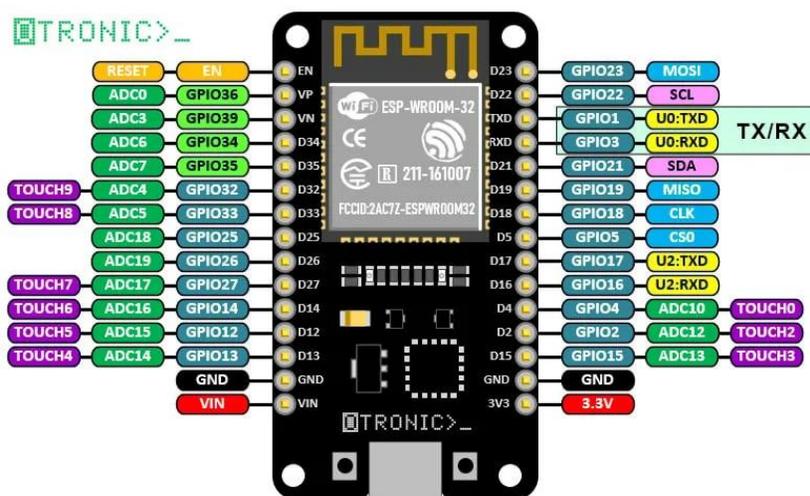


Figure II.8 : Composition d'une carte ESP32

II.3.2.2. La carte Arduino Nano :

La carte Arduino Nano est une carte électronique basée sur le microcontrôleur ATmega328 (pour la version 3.0). Elle est conçue pour être une version compacte de la carte Arduino Uno, avec des dimensions plus petites et une disposition de broches compatible avec les plaques d'essai sans soudure (breadboards). La carte est également équipée d'un convertisseur USB-série pour la programmation et la communication avec un ordinateur. En raison de sa taille compacte et de sa facilité d'utilisation, la carte Arduino Nano est largement utilisée dans les projets de bricolage électroniques et les prototypes.[7]

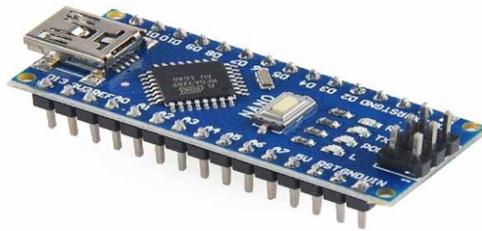


Figure II.9 : Carte Arduino Nano.

II.3.2.2.1 Description technique d'Arduino Nano :

L'Arduino Nano est une carte de développement compacte et polyvalente basée sur le microcontrôleur ATmega328P. Voici quelques caractéristiques clés de l'Arduino Nano :

1. Microcontrôleur : Il est basé sur le microcontrôleur ATmega328P d'Atmel, qui dispose d'une horloge de 16 MHz et de 32 Ko de mémoire flash.
2. Taille compacte : L'Arduino Nano est conçu pour être compact, ce qui le rend idéal pour les projets où l'espace est limité.
3. Broches d'entrée/sortie : Il dispose de 14 broches d'E/S numériques, dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM, et 8 broches d'E/S analogiques.
4. Communication série : L'Arduino Nano prend en charge la communication série via l'UART intégré, ce qui permet la connexion à d'autres périphériques série tels que des capteurs, des modules GPS, etc.
5. Interfaces de communication : Il est équipé d'interfaces de communication telles que l'I2C et

CHAPITRE II : Conception d'une canne intelligente

le SPI, permettant la connexion à divers capteurs et périphériques compatibles avec ces protocoles.

6. Alimentation : Il peut être alimenté par une source externe de 7 à 12 volts ou par un port USB. Il dispose d'un régulateur de tension intégré pour fournir une alimentation stable à 5 volts.
7. Programmation : L'Arduino Nano peut être programmé à l'aide de l'environnement de développement intégré Arduino (IDE), qui offre une interface conviviale pour écrire et téléverser le code sur la carte. [7]

II.3.2.2 Schéma interne d'Arduino Nano

L'Arduino Nano dispose de plusieurs broches d'entrée/sortie (E/S) qui permettent de connecter et de contrôler des composants externes, Broches numériques, Broches analogiques, Communication série.

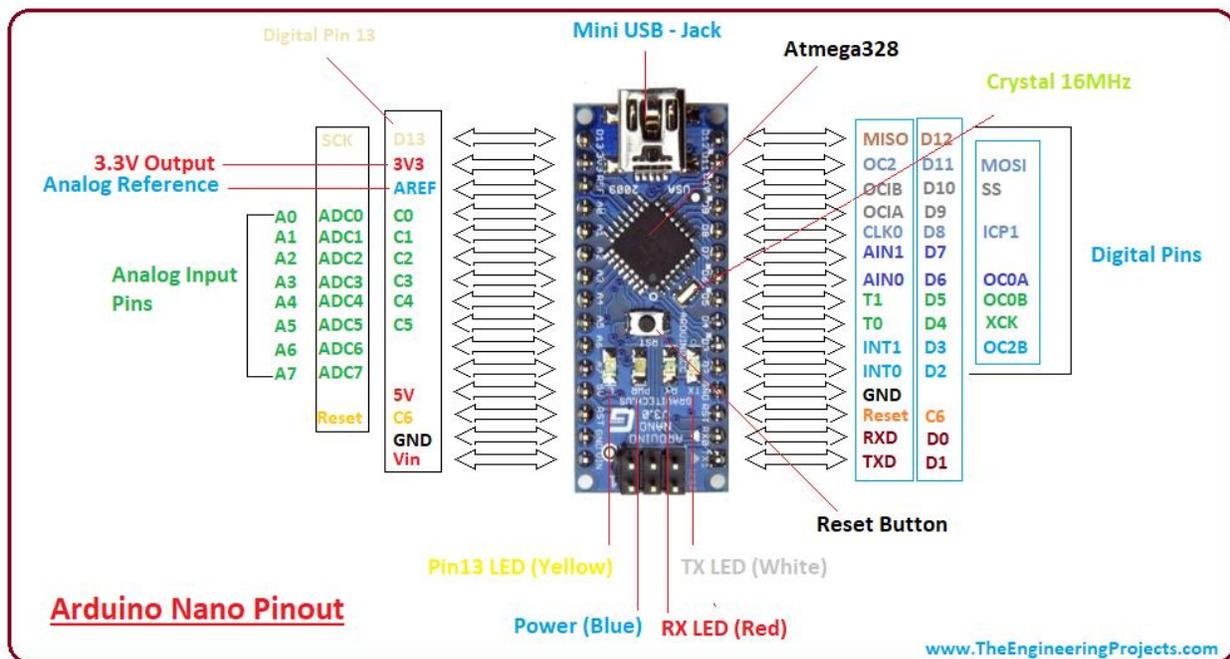


Figure II. 10 : Mappage Arduino Nano.

II.3.3. Bloc de signalisation

II.3.3.1 Le buzzer :

CHAPITRE II : Conception d'une canne intelligente

Le buzzer mécanique est un composant électronique cylindrique fixé directement sur un circuit imprimé. Il génère des signaux sonores avec une puissance sonore d'environ 85 dB/cm. Ce type de buzzer fonctionne avec une tension continue généralement comprise entre 3 V et 8 V. Il est muni de connexions électriques rigides pour assurer une fixation solide. Il est important de respecter la plage de tension recommandée pour éviter d'endommager le composant. Le buzzer mécanique est largement utilisé dans de nombreux projets électroniques pour produire des sons d'alarme, des alertes ou des indications sonores.[8]



Figure II. 10 :Buzzer

II.3.3.2. Le vibreur:

Le vibreur est un mini-moteur à une demi-boule générant une vibration silencieuse.



Figure II. 11: Vibreur

II.3.3.2.1. Caractéristiques techniques de vibreur min moteur :

- Alimentation : 2 à 5 Vcc
- Consommation :
 - 5 V : 100 mA
 - 4 V : 80 mA
 - 3 V : 60 mA
 - 2 V : 40 mA
- Connexion : fils de 20 mm

CHAPITRE II : Conception d'une canne intelligente

- Vitesse : 11 000 t/min sous 5 Vcc
- Dimensions : $\text{Ø}10 \times 2,7$ mm
- Poids : 0,9 g.

II.4. Software :

II.4.1. Arduino IDE :

Arduino IDE (Environnement de Développement Intégré) est une application logicielle qui vous permet d'écrire, et compiler et de téléverser du code sur les cartes . Ce logiciel peut être utilisé avec n'importe quelle carte Arduino et ESP32 . [9]

II.4.2. Le programme de ESP32 :

Le code propose les fonctionnalités suivantes :

Les bibliothèques nécessaires sont incluses, notamment la bibliothèque TinyGPS++ qui facilite la gestion des données GPS.

Les constantes et les variables globales sont déclarées. PHONE représente le numéro de téléphone de destination pour les SMS. Les variables smsStatus, senderNumber, receivedDate et msg sont utilisées pour stocker les informations extraites des SMS reçus. La variable isReply est utilisée pour indiquer si une réponse est nécessaire .

CHAPITRE II : Conception d'une canne intelligente

```
1  #include <TinyGPS++.h>
2
3  // Sender phone number with country code.
4  // Not GSM module phone number
5  const String PHONE = "Enter_Your_Phone_Number";
6
7  // GSM Module RX pin to ESP32 2
8  // GSM Module TX pin to ESP32 4
9  #define rxPin 4
10 #define txPin 2
11 HardwareSerial sim800(1);
12
13 #define RXD2 16
14 #define TXD2 17
15 HardwareSerial neogps(2);
16
17 TinyGPSPlus gps;
18
19 String smsStatus, senderNumber, receivedDate, msg;
20 boolean isReply = false;
```

Figure II. 12 : Déclaration des broches de code esp32

II.4.2.1. Configuration initiale

Dans la fonction setup(), les connexions série sont initialisées pour la communication avec l'ESP32, le module SIM800L (GSM) et le module NEO-GPS. Le module SIM800L est configuré en mode texte pour la manipulation des SMS. Les commandes AT+CMGF=1 et AT+CMGD=1,4 sont envoyées au module SIM800L pour configurer le mode texte et supprimer tous les SMS précédents.

```
22 void setup() {
23   Serial.begin(115200);
24   Serial.println("ESP32 serial initialized");
25
26   sim800.begin(9600, SERIAL_8N1, rxPin, txPin);
27   Serial.println("SIM800L serial initialized");
28
29   neogps.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
30   Serial.println("NEOGPS serial initialized");
31
32   smsStatus = "";
33   senderNumber = "";
34   receivedDate = "";
35   msg = "";
36
37   sim800.println("AT+CMGF=1"); // SMS text mode
38   delay(1000);
39   sim800.println("AT+CMGD=1,4"); // Delete all saved SMS
40   delay(1000);
41 }
42
43 void loop() {
44   while (sim800.available()) {
45     | parseData(sim800.readString());
46   }
47   while (Serial.available()) {
48     | sim800.println(Serial.readString());
49   }
50 }
```

Figure II. 13 : la fonction setup() esp32

II.4.2.2. Boucle principale:

La fonction `loop()` est la boucle principale du programme. Elle vérifie si de nouvelles données sont disponibles sur le port série du module SIM800L et les analyse en appelant la fonction `parseData()`.

II.4.2.3. Analyse des données:

La fonction `parseData()` analyse les réponses du module SIM800L. Elle extrait les informations importantes des réponses, telles que le statut du SMS, le numéro de l'expéditeur, la date de réception et le contenu du SMS

II.4.2.4. Obtention de la position GPS:

Lorsque le contenu du SMS est "777", la fonction `sendLocation()` est appelée. Cette fonction

utilise le module GPS NeoGPS pour obtenir la position GPS actuelle. Elle envoie ensuite un SMS contenant les coordonnées de la position à un numéro de téléphone spécifié

La fonction **sendLocation()** utilise une boucle pour obtenir les données GPS pendant une période de temps spécifiée , Elle utilise la bibliothèque TinyGPS++ pour décoder les données GPS à partir du module Neo 6M et extrait les coordonnées de latitude et de longitude.

II.4.2.5.Envoi du SMS :

Une fois les coordonnées de latitude et de longitude obtenues, la fonction **sendLocation()** configure le module SIM800L pour envoyer un SMS en mode texte. Elle utilise ensuite la commande AT **AT+CMGS** pour spécifier le numéro de téléphone de destination et envoie les coordonnées de latitude et de longitude dans le message SMS. Le caractère de contrôle ASCII 26 est utilisé pour terminer l'envoi du SMS.

```
117 void sendLocation() {
118     boolean newData = false;
119     for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 2000;) {
120         while (neogps.available()) {
121             if (gps.encode(neogps.read())) {
122                 newData = true;
123             }
124         }
125     }
126     if (newData) {
127         Serial.print("Latitude: ");
128         Serial.print(gps.location.lat(), 6);
129         Serial.print(" Longitude: ");
130         Serial.println(gps.location.lng(), 6);
131         newData = false;
132         delay(300);
133         sim800.print("AT+CMGF=1\r");
134         delay(1000);
135         sim800.print("AT+CMGS=\"" + PHONE + "\"\r");
136         delay(1000);
137         sim800.print("http://maps.google.com/maps?q=loc:");
138         sim800.print(gps.location.lat(), 6);
139         sim800.print(",");
140         sim800.print(gps.location.lng(), 6);
141         delay(100);
142         sim800.write(0x1A);
143         delay(1000);
144         Serial.println("GPS Location SMS Sent Successfully.");
145     }
146 }
```

Figure II. 14 : code Envoi du SMS esp32

En résumé, le code permet à l'ESP32 de recevoir des SMS, d'extraire leur contenu et d'envoyer en réponse un SMS contenant les coordonnées GPS actuelles. Cela peut être utilisé pour demander et recevoir des informations de localisation à distance .

II.4.3.Le programme de Arduino NANO :

II.4.3.1.Déclaration des broches:

```
1  const int trigPin1 = 13; // Broche TRIGGER de l'ultrason 1
2  const int echoPin1 = 12; // Broche ECHO de l'ultrason 1
3  const int trigPin2 = 11; // Broche TRIGGER de l'ultrason 2
4  const int echoPin2 = 10; // Broche ECHO de l'ultrason 2
5  const int thresholdDistance = 90; // Distance seuil pour considérer un obstacle (en centimètres)
6  const int buzzerPin = 9; // Broche du buzzer
7  const int vibreurPin = 8; // Broche du vibreur
8
9  void setup()
10 {
11  Serial.begin(9600);
12  pinMode(trigPin1, OUTPUT);
13  pinMode(echoPin1, INPUT);
14  pinMode(trigPin2, OUTPUT);
15  pinMode(echoPin2, INPUT);
16  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
17  pinMode(vibreurPin, OUTPUT);
18 }
19
```

Figure II. 15 : Déclaration des broches

Les broches de déclenchement (TRIGGER) et de réception (ECHO) des deux capteurs à ultrasons, ainsi que les broches du buzzer et du vibreur. Le seuil de distance est également défini ici avec une valeur de 90 centimètres.

II.4.3.2.Configuration des broches:

La fonction `setup()` est exécutée une fois au démarrage du programme. Elle initialise la communication série avec une vitesse de transmission de 9600 bauds à l'aide de `Serial.begin(9600)`. Ensuite, les broches sont configurées en tant que sorties (**OUTPUT**) ou entrées (**INPUT**) à l'aide de `pinMode()`.

II.4.3.3 Boucle principale :

```
--
20 void loop()
21 {
22 // Mesure de la distance pour l'ultrason 1 (vibreur)
23 long duration1, distance1;
24 digitalWrite(trigPin1, LOW);
25 delayMicroseconds(2);
26 digitalWrite(trigPin1, HIGH);
27 delayMicroseconds(10);
28 digitalWrite(trigPin1, LOW);
29 duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);
30 distance1 = duration1 * 0.034 / 2;
31
32 // Mesure de la distance pour l'ultrason 2 (buzzer)
33 long duration2, distance2;
34 digitalWrite(trigPin2, LOW);
35
36 delayMicroseconds(2);
37 digitalWrite(trigPin2, HIGH);
38 delayMicroseconds(10);
39 digitalWrite(trigPin2, LOW);
40 duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
41 distance2 = duration2 * 0.034 / 2;
42
43 // Affichage des distances
44 Serial.print("Distance pour l'ultrason 1 (vibreur): ");
45 Serial.print(distance1);
46 Serial.print(" cm");
47
48 Serial.print("\tDistance pour l'ultrason 2 (buzzer): ");
49 Serial.print(distance2);
50 Serial.print(" cm");
```

Figure II. 16 : La boucle loop() arduino nano

La boucle loop() s'exécute en continu. À l'intérieur de cette boucle, les distances sont mesurées pour chaque capteur à ultrasons.

La broche de déclenchement (trigPin1 pour le premier capteur et trigPin2 pour le deuxième capteur) est mise à LOW pendant 2 microsecondes pour préparer l'envoi de l'impulsion ultrasonique.

Ensuite, la broche de déclenchement est mise à HIGH pendant 10 microsecondes pour générer une impulsion ultrasonique.

Enfin, la broche de déclenchement est remise à LOW.

La durée entre l'envoi de l'impulsion et la réception de l'écho est mesurée à l'aide de la fonction

`pulseIn()`, et la distance est calculée en multipliant cette durée par la vitesse du son (0.034 cm/ μ s) et en divisant par 2.

II.4.3.4. Vérification des obstacles:

```
52 // Vérification des obstacles
53 if (distance1 < thresholdDistance)
54 {
55   Serial.println("\tObstacle détecté pour l'ultrason 1 !");
56   // Faites ici ce que vous souhaitez faire lorsque l'ultrason 1 détecte un obstacle
57   digitalWrite(vibreurPin, HIGH); // Allume le vibreur
58 }
59 else
60 {
61   digitalWrite(vibreurPin, LOW); // Éteint le vibreur
62 }
63
64 if (distance2 < thresholdDistance)
65 {
66   Serial.println("\tObstacle détecté pour l'ultrason 2 !");
67   // Faites ici ce que vous souhaitez faire lorsque l'ultrason 2 détecte un obstacle
68   digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Allume le buzzer
69 }
70
71 else
72 {
73   digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Éteint le buzzer
74 }
75
76 Serial.println(); // Nouvelle ligne pour la lisibilité
77
78 delay(500); // Délai entre les mesures
79 }
```

Figure II. 17 : Vérification des obstacles.

Si la distance mesurée pour l'ultrason 1 est inférieure au seuil (`thresholdDistance`), cela signifie qu'un obstacle est détecté. et le vibreur est activé en mettant la broche `vibreurPin` à HIGH.

Si la distance mesurée pour l'ultrason 2 est inférieure au seuil, le buzzer est activé en mettant la broche `buzzerPin` à HIGH.

Si aucun obstacle n'est détecté, les broches `buzzerPin` et `vibreurPin` sont mises à LOW pour

désactiver le buzzer et le vibreur.

Délai entre les mesures

Une pause de 500 millisecondes est ajoutée à la fin de la boucle pour espacer les mesures successives

En résumé,Ce code permet de surveiller en continu la présence d'obstacles à l'aide de deux capteurs à ultrasons et d'émettre des signaux sonores et de vibration pour alerter en cas de détection d'un obstacle.

II.4.4. Les commentaires :

Comme chaque IDE, des commentaires peuvent être ajoutés au programme. Dans la configuration des entrées/sorties, les commentaires doivent être écrits après un slash ou une étoile ou les deux, tandis que sur une ligne de code, on les écrit après deux slash [10].

Conclusion :

Ce chapitre consiste une présentation générale des outils matériels et logiciels qui seront utiles pour nous pour la réalisation de notre canne connectée. Nous avons jugé que grâce à ces outils, nous pouvons satisfaire une conception assez efficace pour les personnes aveugles.

Le chapitre suivant consiste à présenter les différentes techniques étapes par étape pour la réalisation de la canne.

Chapitre III:

Réalisation de la canne intelligente

III. 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons notre projet de réalisation d'une canne intelligente, en commençant par les contraintes liées au développement de notre projet puis on va expliquer le fonctionnement des différents composants nécessaires pour la réalisation de la canne avec des organigrammes et des photos.

III.2. Réalisation de la canne intelligente :

III.2.1. Circuit de commande :

- Arduino NANO .
 - Deux capteurs ultrasons.
 - Moteur vibreur.
 - Buzzer.
 - ESP32 DEVKIT V1
 - Module GPS NEO 6M
 - Carte GSM SIM800L
 - Une source d'énergie rechargeable.
- ❖ Selon notre cahier de charge on a acheté des matériels électroniques pour commencer la réalisation de la canne :

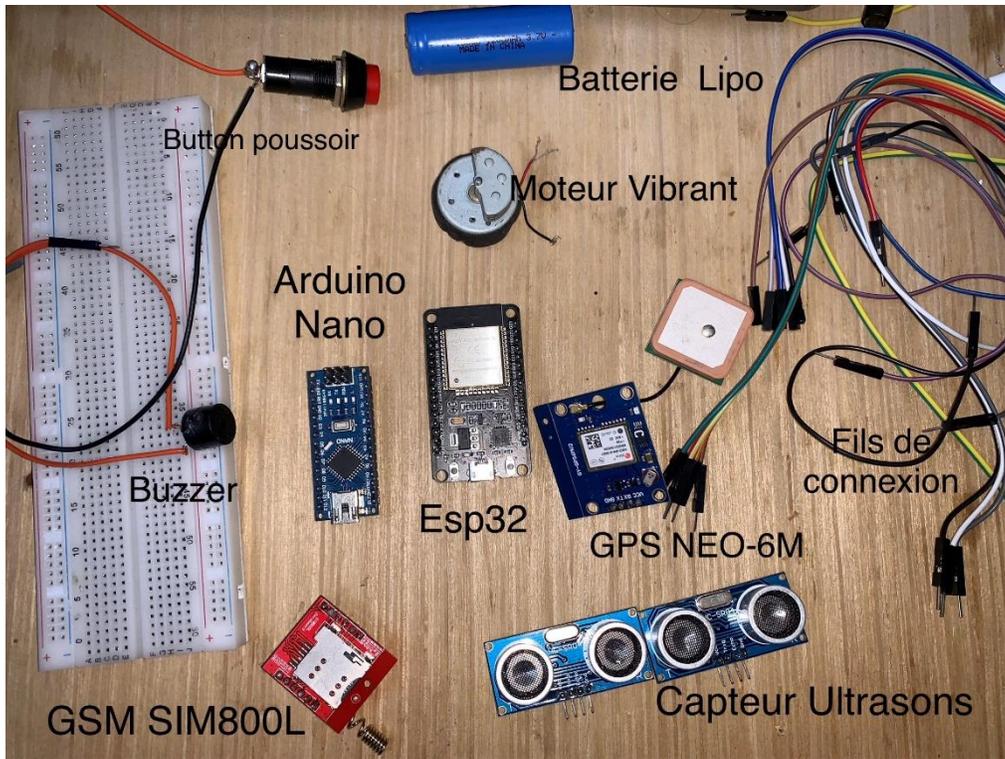


Figure III-01 : matériels de notre projet.

➤ Schéma électrique un est le schéma fonctionnel de capteur ultrason et arduino nano notre canne.

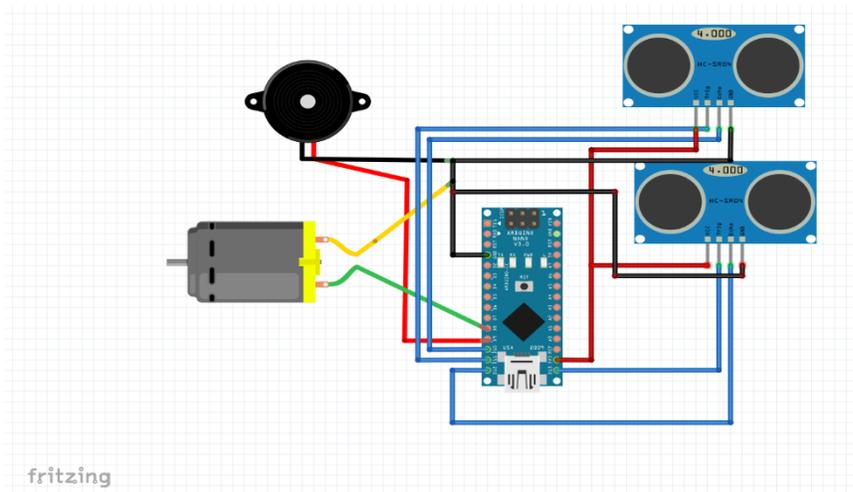


Figure III-02 : Schéma du montage de circuit de commande 1

➤ Schéma électrique deux est le schéma fonctionnel de localisation géographique (GPS) et (GSM) par module ESP32 du la canne.

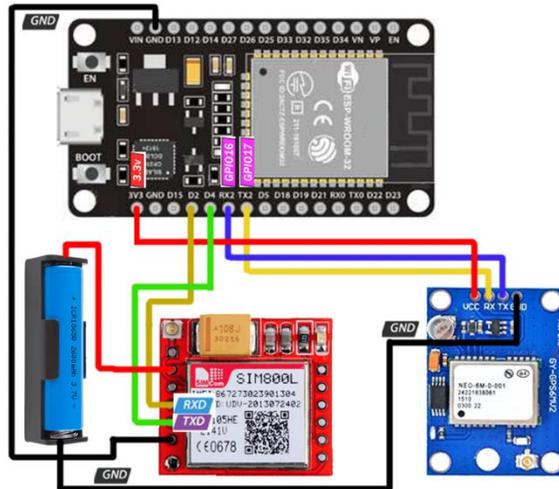


Figure III-04 : Schéma du montage de circuit de commande 2

III. 2.2. Position des capteurs sur la canne :

La canne intelligente doit permettre au non-voient ou malvoient d'éviter les obstacles, fixes ou mobiles, sur sa route mais aussi trouver la localisation de malvoient en cas d'urgence . Puisque le GPS et les capteurs à ultrason sont très directifs, la canne sera donc équipée de deux capteurs : un premier dirigé vers le sol et autre à l'horizontal.

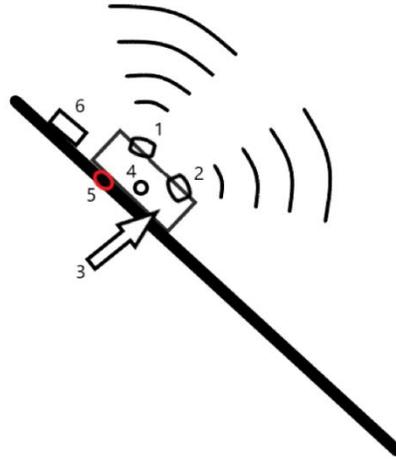


Figure III-05 : Position des capteurs sur la canne En 2D.

- 1• Capteur Ultrasensor
- 2• Capteur Ultrasensor
- 3• Boitier :

 - * Module GPS
 - * Module GSM SIM8000L

- 4• Buzzer
- 5• Moteur Vibrant
- 6• Power Bank

L'information issue par les deux capteurs ultrason sera codée selon les distances des obstacles, nous avons réalisé un programme qui permet de pris en charge les différents types d'obstacles .

III.2.3.La forme du la canne intelligente finale pour notre projet :



Figure III-06 : la canne intelligente.

III.3.1. Organigrammes de fonctionnement globale :

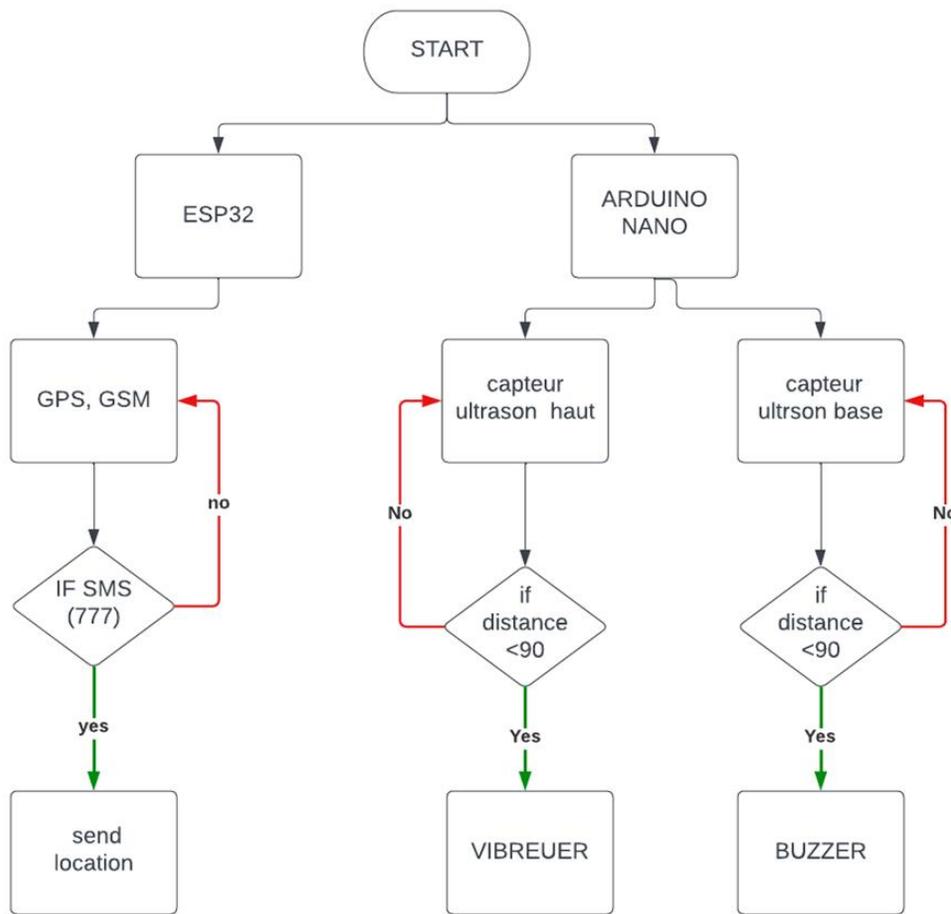


Figure III-07 : Organigrammes de fonctionnement globale .

L'organigramme générale ci-dessus nous permettre de compris la dynamique de travail des Différents capteurs avec le monde extérieur, et la communication entre la canne et l'utilisateur (Personne assisté), l'ordre de priorité des capteurs fait par une classification selon la fréquence de présence des obstacles, pour cela nous proposons l'ordre suivant :

- ❖ Détection des obstacles : c'est le rôle principal de la canne intelligente et la tâche la plus fréquente.
- ❖ Détection de présence d'eau : à un certain niveau d'eau prédéfinie, le capteur alerte

❖ Trouver la localisation de malvoyant : a travers le GPS et GSM en cas d'urgence

III. 3.2. Organigramme de fonctionnement de circuit de commande1:

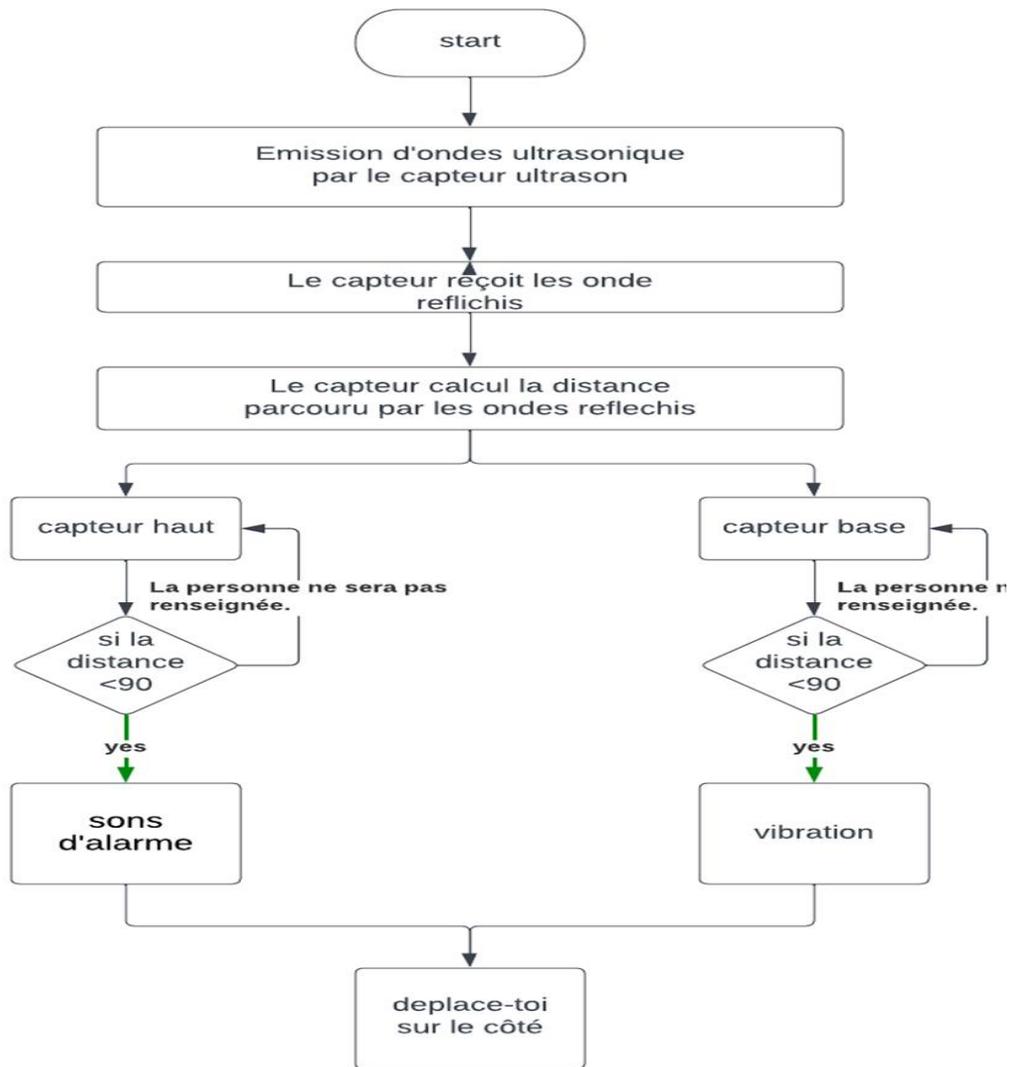


Figure III-08 : Organigramme de fonctionnement circuit de commande 1

III. 3.3. Organigramme de fonctionnement de circuit de commande2:

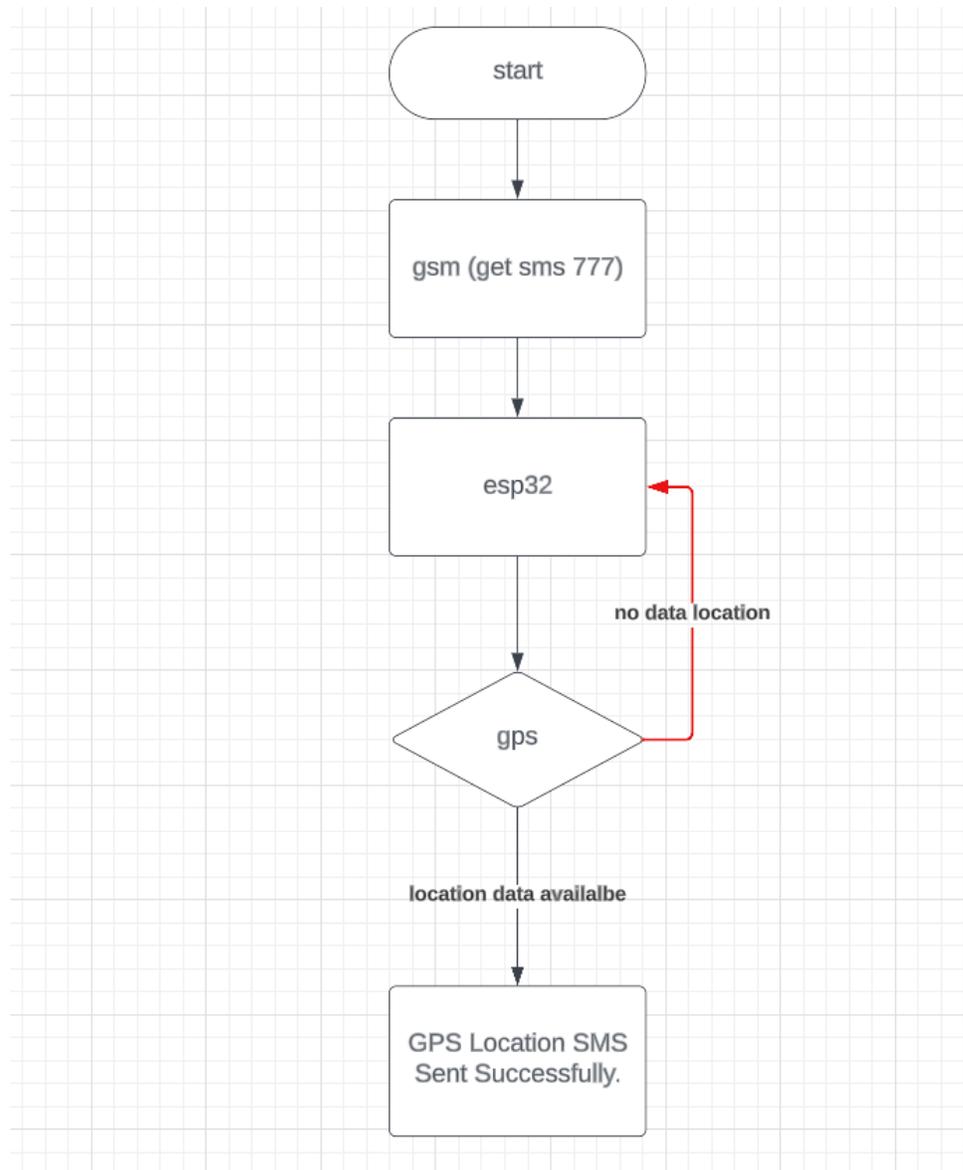


Figure III-07 :Organigramme de fonctionnement circuit de commande2

III.4. Localisation GPS

Le service de localisation basé sur le module GPS Neo 6m et SIM800L, on cas d'urgence ou en cas de perte la canne , Nous avons mis en place une fonctionnalité qui vous permet de le trouver a distance lorsque vous envoyez un SMS contenant le texte "777" au module GSM SIM800L, il répondra avec un SMS contenant la localisation sous la forme d'un lien Google Maps.

Le GPS nous donne deux valeurs : la latitude et la longitude et grâce à ces informations reçues nous permettons de visualiser notre position sur l'application Google Maps, voir figure



III.5. Les avantages que j'ai pu constater sur la canne :

- Détection des obstacles .
- faciliter leur quotidien .
- Alertes ET avertissements .
- Navigation avancées, telles que le GPS intégré .
- Facilité d'utilisation .
- Amélioration de la sécurité Grâce à la détection des obstacles .
- Possibilité d'amélioration .

III.6. Les inconvénients :

- Le poids
- Le câblage
- elle est couteuse
- Demande une bonne maîtrise
- Demande une attention permanente
- La durée de vie de la batterie

III.7. Les solutions proposer :

Faire une formation pour bien maîtriser la canne et remplacer les câbles par une connexion sans fil (Bluetooth) .

III.8. Le cout de réalisation de circuit de commande :

N°	Matériels	Quantité	Prix Unitaire (DA)
.1	ESP32	1	2400.00
.2	Arduino Nano	1	1000.00
.3	GPS NEO-6M	1	2500.00
.4	GSM SIM800L	1	1600.00

CHAPITRE III : Réalisation de la canne intelligente

.5	Capteur Ultrasons HC-SR04	2	450.00
.6	buzzer	1	50.00
.7	Moteur Vibrant	1	200.00
.8	Batterie Lipo	1	450.00
.9	La canne classique	1	1000.00
.10	Fils de connexion	1	500.00
Prix Totale :10350.00			

CONCLUSION :

Notre réalisation est terminée dans les temps, les résultats obtenus sont très satisfaisant, les tests effectués montre que les différents équipements fonctionnent correctement les capteurs à ultrason donnent des résultats corrects selon les différents tests effectués.

Conclusion générale :

Pour conclure ce rapport, nous rappelons tout d'abord que l'objectif était de réaliser un système électronique permettant de détecter des obstacles à distance via des capteurs à ultrasons. Dans ce sens, il a été judicieux de diviser le travail en deux parties, une partie théorique et une autre pratique.

Dans la première partie, j'ai réalisé un modèle de simulation professionnel cette phase de conception par simulation avec test très importante avant une implémentation pratique d'un circuit électronique. L'étude m'a permis de tester les trois capteurs avec le module Arduino Nano et ESP32 afin d'avoir une idée sur les valeurs obtenues et les problèmes à solutionner.

Dans la deuxième partie j'ai implémenté avec succès mon circuit sur la canne en pratique et créer un système de identifications de localisation et un système d'avertissement des obstacles entre la canne et l'utilisateur.

J'ai beaucoup apprécié ce travail qui m'aide à installer un petit système de traitement et de Communication. J'ai eu aussi l'occasion de tester et apprendre comment réaliser un projet Électronique et voir le fonctionnement d'un système automatisé en directe. En fin je pourrais Dire que le projet présenté a été fini dans les temps. La simulation et la réalisation montre un Fonctionnement correct du circuit. Nous souhaitons dans future d'ajouter quelques compassant à notre réalisation comme un capteur infrarouge et un module Bluetooth .

Enfin, je peux dire que la canne est faite pour aider les gens qui sont aveugles et malvoyants à éviter les obstacles et faciliter leur quotidien .

Bibliographie :

- [1]. <https://www.larousse.fr/archives/medical/page/107>, consulté le 05 février 2023
- [2]. <https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/faq/37384-malvoyant-definition>, consulté le 05 février 2023
- [3]. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA FACULTE DE MEDECINE Dr S BEHLOUL ANATOMIE DE L'ŒIL
- [4]. ESP32 DESCRIPTION
- [5]. https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf.
- [6] <https://chien.ooreka.fr/astuce/voir/522669/chien-guide-pour-personnes-aveugles-ou-malvoyantes#:~:text=Le%20chien%20guide%20est%20un,guider%20dans%20ses%20d%C3%A9placements%20quotidiens>.
- [7] <https://webzine.okeenea.com/canne-blanche-personnes-aveugles-malvoyantes/>
- [8] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Canne-blanche.html>
- [9] <https://www.accessibilite-dv.fr/canne-electronique-3-systemes-de-detection-dobstacles-examines-a-loupe/#:~:text=La%20canne%20%C3%A9lectronique%20Ultracane%20est,la%20t%C3%AAt%20et%20les%20%C3%A9paules>.
- [10] <https://lastminuteengineers.com/arduino-sr04-ultrasonic-sensor-tutorial/>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino_Nano
- [12] https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_buzzers.html