

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-BEJAIA



Faculté des Sciences Exactes
Département d'Informatique

Filière : Informatique
Option : Réseaux et sécurité

Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme de Master recherche informatique

Thème

Systeme intelligent de localisation des malades d'Alzheimer

Soutenu le : 02 juillet 2023

Réalisé par :

KAHLAT Rahil
MOHAMMEDI Hadir

Devant les membres du jury :

ADEL-AISSANOU KARIMA	Professeur	Encadrante	Univ. de Béjaïa
ATMANI MOULOUD	M.C.A	Encadrant	Univ. de Béjaïa
BOUKREDERA-BOULAHROUZ DJAMILA	M.C.A	Présidente	Univ. de Béjaïa
MOKTEFI MOHAND	M.C.B	Examineur	Univ. de Béjaïa
BENLALA WISSAM	Doctorante	Examinatrice	Univ. de Béjaïa

Année Universitaire : 2022/2023

Dédicace

“

*À mon cher père qui m'a encouragé et qui veille sur moi
que Dieu le garde.*

*À ma mère qui a été toujours là pour moi dans tous les
moments difficiles, que Dieu la protège. ,*

À ma soeur et mon frère ,

*À tous ceux qui m'ont soutenu, aidé, et encouragé de près
et de loin.*

Merci.

”

Rahil

Dédicace

“

*À mon père et ma mère qui m'ont encouragé dans les
moments les plus difficiles.*

À mes frères et à mes soeurs ,

À tous la promotion informatique RN ,

À tous les membres de ma familles

Merci.

”

Hadir

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Bon Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien notre projet de fin de cycle et nos études. Nous tenons à adresser nos vifs remerciements et à exprimer notre profonde gratitude à nos encadrants, Mr. ATMANI Mouloud et Mme ADEL AISSANOU Karima qui ont humblement accepté de nous diriger au long de ce travail, notamment grâce à : leur disponibilité, leur patience et leurs conseils d'ordre pédagogique qui nous ont été d'une grande utilité.

Nous remercions également les membres de jury qu'ont accepté de juger notre travail et de l'améliorer avec leurs critiques et éventuelles remarques.

Nos reconnaissances s'adressent à nos familles qui ont su nous apporter, sans relâche, leur soutien durant toutes ces longues années d'études. Pour finir, je souhaite remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Dédicace	II
Dédicace	III
Remerciements	IV
Introduction générale	1
1 Problème de localisation des cibles	3
1.1 Introduction	4
1.2 Capteurs et objets connectés	4
1.2.1 Définition d'un capteur	4
1.2.2 Composition d'un noeud capteur	4
1.2.3 Définition d'un objet connecté	6
1.2.4 Types d'objets et d' objets connectés	6
1.2.5 Classification des capteurs	9
1.3 Évolution des réseaux sans fil	10
1.3.1 Réseaux Ad hoc	10
1.3.2 Réseaux de télécommunications	11
1.3.3 Réseaux Wi-Fi (IEEE 802.11)	11
1.3.4 Réseaux de capteurs	11
1.3.5 Réseaux IoT	12
1.4 Domaines d'applications des réseaux de capteurs et d'IoT	12
1.5 Localisation des cibles	13
1.5.1 Définition de la localisation	13
1.5.2 Types de localisation	13
1.5.3 Phases principales d'un système de localisation	14
1.5.4 Problèmes de localisation existants	14
1.6 Techniques de localisation	15
1.7 Technologies utilisées pour la localisation des cibles	16
1.8 Conclusion	17
2 État de l'art sur le suivis de malade d'Alzheimer.	18
2.1 Introduction	19
2.2 État de l'art	19
2.2.1 Applications mobiles	20
2.2.2 Localisations intérieur	24
2.2.3 Localisation extérieure	26

2.2.4	Localisation Hybride	29
2.3	Comparaison des applications de suivi des malades d'Alzheimer	31
2.4	Conclusion	33
3	Proposition d'une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer	34
3.1	Introduction	35
3.2	Personnes concernées par le système	35
3.3	Description de la solution	35
3.3.1	Organigramme de notre système de localisation des malades d'Alzheimer	36
3.3.2	Pseudo-code proposé "lostpat"	40
3.4	Méthode géométrique de géolocalisation des malades d'Alzheimer	42
3.5	Modèle analytique d'estimation de la position d'un malade d'Alzheimer	43
3.6	Modélisation probabiliste de prédiction d'emplacement d'un malade d'Alzheimer basé sur les chaînes de Markov	43
3.6.1	Collecte des données	43
3.6.2	Principe de localisation selon le modèle Markovien	44
3.6.3	Pseudo-code proposé "Algorithme d'estimation de la position des patients"	45
3.7	Conclusion	47
4	Prototype de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer	48
4.1	Introduction	49
4.2	Matériel utilisé	49
4.2.1	Carte ESP32	49
4.2.2	Équipement de connexion	49
4.3	Environnements logiciels	50
4.3.1	IDE Arduino	50
4.3.2	PyCharm	51
4.4	Étude de la démarche du travail	51
4.4.1	Dans le cas d'utilisation du Wi-Fi	52
4.4.2	Dans le cas d'absence du Wi-Fi	55
4.5	Conclusion	57
	Conclusion et perspectives	58
	Résumé	63
	Abstract	64

Table des figures

1.1	Fonctionnement d'un capteur [21].	4
1.2	Composants d'un noeud capteur [21].	5
1.3	Carte Arduino	7
1.4	Carte Raspberry [19]	7
1.5	Microcontrôleur Atmega 328p [18]	8
1.6	Différentes cartes ESP32 [3]	8
1.7	Évolution des réseaux sans fil [23].	11
1.8	Évolution des réseaux de télécommunication [9].	11
1.9	Architecture d'un réseau de capteurs.	12
1.10	Domaines d'applications des réseaux de capteurs.	13
1.11	Organigramme des phases principales d'un système de localisation.	14
2.1	Techniques utilisées pour la localisation des malades d'Alzheimer.	19
2.2	Concept de l'application I-Care [1].	20
2.3	Interfaces de l'application I-Care.	20
2.4	Architecture de I-Care.	21
2.5	Avis des utilisateurs de I-Care [1].	21
2.6	Taches effectuées par I-Wander.	22
2.7	Concept de I-Wander.	22
2.8	Relation entre le réseau bayésien et la probabilité de déplacement.	23
2.9	Architecture de système BP-ANN [17].	24
2.10	Localisation dans un contexte d'habitat intelligent [8].	26
2.11	Configuration du module sur les aidants naturels [26].	27
2.12	Configuration du module patient [26].	27
2.13	Architecture du système MIWI [24].	28
2.14	Performance de MIWI [24].	29
2.15	Positionnement provisoire du tracker sur la prothèse [7].	29
2.16	Système de suivi Arduino Healthcare pour les patients atteints d'Alzheimer.	30
2.17	Implémentation du système [12].	31
3.1	Architecture générale de la solution proposée.	36
3.2	Organigramme de détection de localisation du patient.	37
3.3	Architecture descriptive de localisation à l'intérieur.	39
3.4	Architecture descriptive de localisation à proximité.	39
3.5	Architecture descriptive de localisation à l'extérieure.	40
3.6	Graphe représentant la trilatération.	42
3.7	Construction du modèle de Markov.	45
4.1	Carte ESP32.	49

4.2	Équipement de connexion [27].	50
4.3	Fenêtre principale de l'IDE Arduino.	51
4.4	Fenêtre principale de PyCharm.	51
4.5	Panneau des préférences.	52
4.6	Installation de les bibliothèques ESP32.	52
4.7	Fenêtre finale.	53
4.8	Récupération des valeurs du RSSI.	53
4.9	Résultat de calcule de la distance.	54
4.10	Coordonnées des points d'accès.	54
4.11	Calcul de la première position du patient.	55
4.12	Calcul de la deuxième position du patient.	55
4.13	Calcul de la troisième position du patient.	55
4.14	Estimation de la première position du patient.	56
4.15	Estimation de la deuxième position du patient.	56
4.16	Estimation de la troisième position du patient.	56

Liste des tableaux

1.1	Différentes cartes pour les systèmes embarqués.	9
1.2	Tableau des capteurs avec leurs types [14].	10
2.1	Comparaison des applications de suivi des malades d'Alzheimer.	32
3.1	Tableau des variables.	38
3.2	Tableau des positions archivées.	44

Liste des algorithmes

1	Algorithme de détection de la position des patients	41
2	Algorithme d'estimation de la position des patients	46

Liste des singles et acronymes

AOA	<i>Angle of Arrival</i>
AGPS	<i>Assisted Global Positioning System</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter</i>
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
DR	<i>Dead Reckoning</i>
ESP32	<i>Espressif Systems Programmable System-on-Chip</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IOS	<i>IPhone Operating System</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
MSE	<i>Microsoft Security Essentials</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
PSOC	<i>Programmable System-on-Chip1</i>

Liste des algorithmes

RAM	<i>Random Access Memory</i>
RSSI	<i>Received Signal Strength Indicator</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RCFD	<i>Rapid City Fire Department</i>
SIG	<i>Geographic Information System</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
SD	<i>Secure Digital</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SSID	<i>Service Set Identifier</i>
WI-FI	<i>Wireless Fidelity</i>
Wi Max	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WAP	<i>Wireless Access Point</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>

Introduction générale

Contexte du projet

Le vieillissement de la population est un défi majeur dans de nombreux pays, entraînant une augmentation du nombre de personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Plus de 35,6 millions de personnes sont touchées par la maladie d'Alzheimer. Chaque année 7,7 millions de nouveaux cas. Selon les prévisions de l'organisation Mondiale de la Santé (OMS), le nombre de malades sera presque doublé tous les 20 ans [29].

Cette maladie qui affecte la mémoire, entraîne des risques de désorientation, de confusion et la perte des patients. Aujourd'hui nous sommes face au défi d'assurer la sécurité et le bien-être de ces personnes. Pour toutes ces raisons nous allons développer un système de suivi de localisation pour les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, pour leur sécurité et aider leurs familles et leurs proches dans la protection de leurs patients. Des chercheurs ont effectué des travaux dans le but d'aider les patients d'Alzheimer dans leur quotidien, comme le développement des application mobiles, les prothèses les systèmes de localisation hybrides, etc.

Problématique traitée

Aujourd'hui l'utilisation des réseaux de capteurs a touché la plupart des domaines, comme le domaine médical pour améliorer la qualité des soins de santé, assurer le bien-être des patients, aider leurs familles de prendre soins d'eux. Ils sont constitués de dispositifs miniaturisés capables de collecter et de transmettre des données en temps réel. Les réseaux de capteurs peuvent être utilisés dans le domaine médical pour suivre la localisation des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, et garantir que les proches seront informés de leurs états. Pour suivre la localisation de ces personnes des technologies seront utilisées tels que le Wi-Fi et le GPS, notons que cette dernière est considérée comme technologie qui consomme beaucoup d'énergie des appareils, et aussi ne fonctionne pas lors de perte de connexion. Ainsi que les patients peuvent être en dehors la zone de couverture et perdent de la connexion internet ce qui indispensable pour le fonctionnement de ces technologies. Dans ce cas nous avons pensés a utiliser un modèle probabiliste pour estimer la position du patient.

Objectifs du projet

Dans le cadre de ce projet plusieurs objectifs ont été fixés afin d'offrir une solution de géolocalisation et de prédiction des positions des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer.

- Localiser les patients en cas de perte ;
- Alerter les proches en utilisant une application mobile (Sur téléphone) ;
- En cas d'indisponibilité d'un réseau de couverture, utiliser un système de prédiction en se basant sur les déplacements précédents ;
- Enregistrer les zones visitées pour les utiliser dans une approche de prédiction ;

Solution proposée

Notre solution propose une approche pour répondre au problème de sécurité des patients atteints de la maladie d'Alzheimer, qui sont menacés de se perdre. Nous allons développer un système intégré qui utilise le Wi-Fi pour suivre la localisation des patients. Même en l'absence de Wi-Fi ou de GPS, notre solution peut utiliser des données archivées pour obtenir des informations sur la localisation des patients, grâce à cette approche de suivi et de création des messages d'alerte dans le cas de perte.

Organisation du mémoire

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres : Dans le premier chapitre nous allons définir les notions générales du domaine réseaux de capteurs : capteurs, objets connectés et les classer selon des critères. Nous avons aussi parler des réseaux mobiles, leurs types et les domaines dans lesquels ils peuvent être utilisés. Dans une autre partie, nous avons défini la localisation, les types de localisation, phases des systèmes de localisation, les techniques de localisation et enfin les technologies utilisées pour la détection de localisation. Dans le deuxième chapitre l'étude de quelques travaux précédents dans le domaine de recherche sur **le suivi de localisation des malades d'Alzheimer**. Nous avons classé les travaux selon des critères, et parler des résultats que les auteurs de ces articles ont trouvés. Le troisième chapitre décrit les étapes suivies pour l'obtention de notre solution, l'organigramme et des algorithmes pour expliquer les étapes de notre solution. Enfin, nous avons utilisés des formules mathématiques pour calculer la distance et la position du patient. Dans le quatrième chapitre décrit les outils matériels et logiciels nécessaires pour le développement de notre solution ainsi les résultats obtenus. Nous terminerons par une conclusion, ainsi que des perspectives d'amélioration et de perfectionnement de notre projet.

Chapitre 1

Problème de localisation des cibles

1.1 Introduction

Le problème de la localisation des cibles est un défi majeur dans divers domaines, notamment la surveillance, la sécurité, la défense et la robotique, dont il peut être difficile d'obtenir des informations précises sur la position d'une personne ou d'un objet. Pour résoudre ce problème, différentes techniques de localisation sont utilisées, en fonction des ressources et des spécificités du problème. Ces techniques peuvent être basées sur des modèles mathématiques ou informatiques, qui jouent un rôle très important dans la détection précise de la position de la cible [21].

Dans ce chapitre, nous parlons sur le problème de localisation des cibles en parlant sur les capteurs et les nœuds capteurs, les réseaux mobiles, les problèmes de localisation existants, ainsi que les différentes techniques de localisation.

1.2 Capteurs et objets connectés

Dans cette partie les termes généraux sur les capteurs et les objets connectés.

1.2.1 Définition d'un capteur

Un capteur est un dispositif utilisé pour recueillir des informations en les captant. Ces informations peuvent être des grandeurs physiques mesurées et contrôlées, qui seront ensuite transformées en d'autres grandeurs physiques (voir figure 1.1). Les capteurs sont utilisés dans plusieurs domaines tels que l'industrie, le domaine médical, la robotique et bien dans d'autres domaines [21].

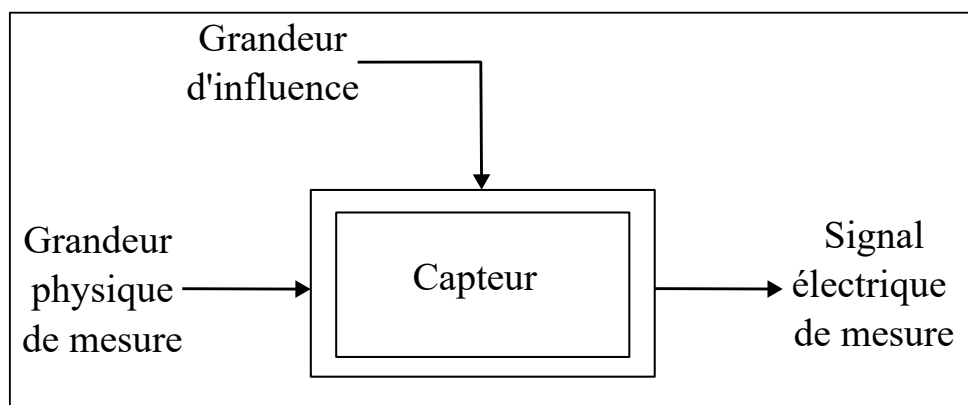


FIG. 1.1 : Fonctionnement d'un capteur [21].

1.2.2 Composition d'un nœud capteur

Un nœud capteur est composé de quatre unités de base : unité de capteurs, unité de traitement, unité de communication, unité d'énergie, et aussi d'autres composants secondaires sélectionnés en fonction du domaine d'application (voir figure 1.2). Dans un système de localisation, les composants principaux utilisés sont : un mobilisateur pour

faire déplacer le micro-capteur en cas de besoin, un générateur d'énergie, et d'autres composants supplémentaires pour la communication sans fil, qui fonctionnent selon des besoins spécifiques de l'application [21].

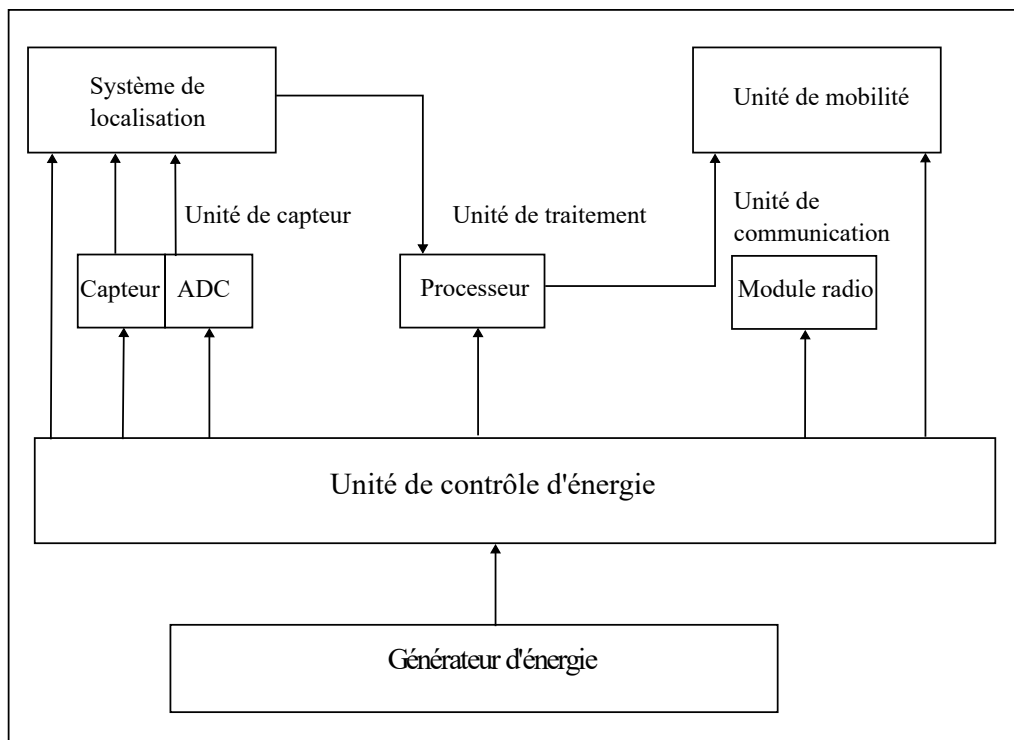


FIG. 1.2 : Composants d'un nœud capteur [21].

La figure 1.2 ci-dessus montre la cohérence de ces différents composants [21], où chaque composant est caractérisé par un rôle distinct :

- **Unité de capteur (Sensing Unit)** : Elle capte toutes les situations qui l'entourent, puis les transforme d'un signal analogique en signal numérique, qui sera ensuite utilisé par l'unité de traitement.
- **Unité de traitement (Processing Unit)** : Représente le composant principal du capteur. Elle permet aux nœuds capteurs de communiquer avec d'autres nœuds en contrôlant et exécutant les protocoles de communication
- **Unité de communication (Transmission Unit)** : Elle est responsable sur l'envoi et la réception de toutes les informations.
- **Unité de contrôle d'énergie (Energy Control Unit)** : Elle contrôle l'alimentation du capteur en surveillant l'énergie restante et en calculant le temps restant avant qu'il soit endommagé.
- **Système de localisation (Location Finding System)** : Il fournit suffisamment d'informations pour localiser les nœuds capteurs.
- **Unité de mobilité (Mobility Unit)** : Elle est utilisée dans le cas d'un capteur mobile .

- **Générateur d'énergie (Power Generator)** : Son rôle est de recharger le capteur sans intervention humaine en utilisant l'énergie solaire.

1.2.3 Définition d'un objet connecté

Il s'agit d'un petit appareil composé de plusieurs capteurs et de certains dispositifs pour construire un système robuste, qui collecte et transmet correctement les informations. Pour collecter ces données sur un support plus large, il a été combiné avec des réseaux de capteurs sans fil [5].

1.2.4 Types d'objets et d'objets connectés

Les capteurs et les objets connectés sont classés en plusieurs catégories selon leurs fonctionnements.

1.2.4.1 Objets :

Les capteurs sont des dispositifs qui permettent de capter un phénomène sous forme d'un signal électrique. Il en existe plusieurs types [25], tels que :

- **Capteurs de proximité** : Utilisés pour détecter la position des objets proches avec un rayonnement électromagnétique tel que l'infrarouge. Ils détectent la présence d'un objet en recherchant simplement toute variation. Ce type particulier de capteur est utilisé dans les applications exigeant une forte sécurité et une grande efficacité.
- **Capteurs de positionnement** : Utilisés pour la détection du mouvement des humains et des objets. Ils peuvent être utilisés dans plusieurs domaines, comme dans le domaine médical pour surveiller la position des patients, des infirmières et des médecins dans un hôpital.
- **Capteurs d'occupation** : Appelés aussi détecteurs de présence, détectent la présence d'êtres humains ou d'objets dans une zone donnée. Ils peuvent être utilisés pour la surveillance à distance grâce à divers paramètres tels que la température, l'humidité, la lumière et l'air.
- **Capteurs de vitesse** : Ils calculent le taux de variation de la position actuelle et des valeurs de position à intervalles connus. Ils peuvent être linéaires ou angulaires. Un capteur de vitesse linéaire détecte la vitesse d'un objet le long d'une ligne droite, tandis qu'un capteur de vitesse angulaire détecte la vitesse de rotation d'un appareil qui tourne. Il peut être utilisé dans les applications des villes intelligentes pour la surveillance des véhicules.

1.2.4.2 Objet connecté :

Il existe plusieurs modèles commercialisés sur le marché, tels que :

- **Carte Arduino** : S'agit d'une carte programmable basée sur un microcontrôleur qui permet de contrôler les entrées et sorties grâce à la programmation (**voir figure 1.3**). Elle a été utilisée dans de nombreux projets en raison de son prix abordable, de son IDE open-source qui permet aux utilisateurs de modifier le programme selon leurs besoins, de sa simplicité d'utilisation et de sa disponibilité sous plusieurs formes [20].

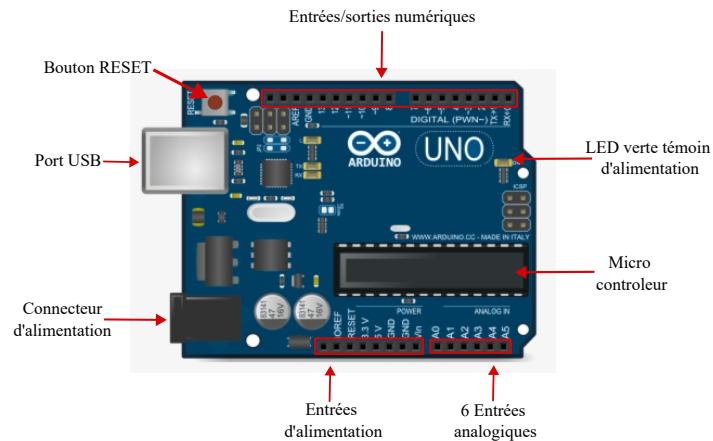


FIG. 1.3 : Carte Arduino

- **Carte Raspberry** : Elle s'agit d'une petite carte qui ressemble à un ordinateur. Elle est considérée comme l'ordinateur le moins cher du marché et le plus facile à utiliser (**voir figure 1.4**). Ce micro-ordinateur est différent de l'ordinateur normal car il contient une unité GPIO, qui se compose d'entrées/sorties qui peuvent être utilisées avec tous les appareils électroniques, ce qui permet également de faire communiquer des données avec les utilisateurs. Le Raspberry Pi est considéré comme le modèle le plus utilisé dans de nombreux projets et compte un grand nombre d'utilisateurs passionnés [19].

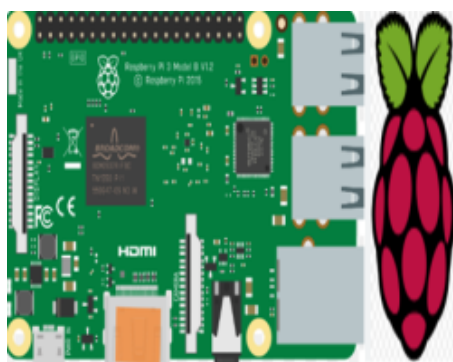


FIG. 1.4 : Carte Raspberry [19]

- **Micro-contrôleur** : Le micro-contrôleur est un circuit programmable capable d'exécuter un programme et de réaliser des actions telles que faire clignoter une LED ou afficher des caractères sur un écran. Il est composé d'un processeur, d'une

mémoire flash pour stocker le programme, de RAM pour les variables, d'une mémoire morte pour enregistrer des informations, et d'une interface d'entrées/sorties pour communiquer avec d'autres composants (**voir figure 1.5**). Il utilise des bus d'adresse, de contrôle et de données pour accéder à la mémoire et communiquer avec le processeur [18].



FIG. 1.5 : Microcontrôleur Atmega 328p [18]

- **ESP32** : L'ESP32 est un microcontrôleur SoC puissant avec Wi-Fi intégré et Bluetooth bi-mode 4.2. Il contient deux cœurs chronométrés jusqu'à 240 MHz, 36 broches GPIO, 16 canaux PWM et 4 Mo de mémoire flash. Il a été développé par Espressif Systems et est disponible sous différentes versions (**voir figure 1.6**). Il peut être utilisé pour l'automatisation, l'audio et l'IoT basé sur le Cloud, et a une accélération matérielle pour le chiffrement et la signature numériques. Il peut être développé à partir de systèmes d'exploitation Windows, Linux ou MacOS, avec des différents environnements de développement tels que l'environnement ESP32 pour Arduino, l'Espressif IoT Development Framework et d'autres environnements [3].



FIG. 1.6 : Différentes cartes ESP32 [3]

Ci-dessous, vous trouverez un tableau 1.6 qui contient plusieurs cartes électroniques programmables. Le tableau est accompagné d'une description succincte de chaque carte et de ses utilisations courantes associées [3].

Carte	Description	Utilisations fréquentes
Arduino	Carte programmable à microcontrôleur avec entrées/sorties contrôlables par programmation	Projets électroniques, contrôle de périphériques
Raspberry Pi	Micro-ordinateur avec unité GPIO pour contrôler des périphériques électroniques	Projets de domotique, d'automatisation, d'interaction avec le monde physique
Micro-contrôleur	Circuit programmable capable de réaliser des actions telles que faire clignoter une LED ou afficher des caractères sur un écran	Projets électroniques simples
ESP32	Microcontrôleur SoC avec Wi-Fi et Bluetooth intégrés, utilisé pour l'IoT, la domotique et l'automatisation	Projets IoT, domotique, audio, accélération matérielle de chiffrement et de signature numériques.

TAB. 1.1 : Différentes cartes pour les systèmes embarqués.

1.2.5 Classification des capteurs

On peut classer les capteurs selon les informations obtenues et selon le rôle. Selon les informations obtenues on distingue [21] :

- **Capteurs proprioceptifs** : Les capteurs proprioceptifs sont utilisés pour récupérer des informations internes d'un robot, telles que son état actuel, comme la charge de la batterie, la vitesse, etc.
- **Capteurs intéroceptifs** : Ils sont utilisés pour récupérer des informations externes du robot, permettant de connaître l'état actuel de l'environnement, telles que la température, la distance à un objet, etc.

Selon leur rôle passif ou actif, il existe :

- **Capteurs actif** : Ils sont capables de transformer les grandeurs physiques en signaux électriques en utilisant leur propre source d'énergie interne, ils ne nécessitent pas d'alimentation externe. Ils peuvent même fournir de l'énergie à l'environnement dans certains cas.
- **Capteurs passifs** : Ils ont besoin d'une source d'énergie pour fonctionner et transformer les grandeurs physiques en signaux électriques.

Le tableau de classification des capteurs présent dans l'adresse ci-dessous permet de faire une distinction entre les deux grandes catégories de capteurs : les capteurs analogiques et les capteurs numériques. De plus, il permet également de distinguer les capteurs actifs, qui nécessitent une source d'énergie pour fonctionner, des capteurs passifs qui, eux,

ne nécessitent pas d'alimentation externe pour fonctionner. Ainsi, ce tableau 1.2 est un outil de référence pour identifier les caractéristiques clés des différents types de capteurs et pour aider les professionnels à choisir le capteur le plus approprié en fonction des exigences spécifiques de leur application [21].

Capteur	Proprioceptif	Intéroceptif	Actif	Passif
Boussole		✓		✓
Gyro	✓			✓
Inclinomètre		✓	✓	✓
GPS		✓	✓	
Accéléromètre	✓			✓
Odomètre	✓			✓
Caméra CCD/CMOS		✓		✓
Sonar		✓	✓	
Télémètre Ultrason		✓	✓	
Télémètre Laser		✓	✓	
Télémètre Infrarouge		✓	✓	
Radar		✓	✓	
Lidar		✓	✓	
Capteur de mouvement		✓		✓
Capteur d'humidité		✓		✓
Capteur de température		✓		✓

TAB. 1.2 : Tableau des capteurs avec leurs types [14].

1.3 Évolution des réseaux sans fil

L'évolution des réseaux sans fil a connu une progression fulgurante au cours des dernières décennies, dans les parties suivantes une description de cette évolution.

1.3.1 Réseaux Ad hoc

Ad hoc est un réseau local sans fil, sans infrastructure et avec contrôle distribué. C'est un ensemble de nœuds, qui peuvent être mobiles, interconnectés et communiquer entre eux et n'ont pas besoin de support fixe (**voir figure 1.7**). La mise en réseau Ad hoc est simple où chaque nœud du réseau agit comme un routeur, transmettant des paquets à d'autres nœuds [32].

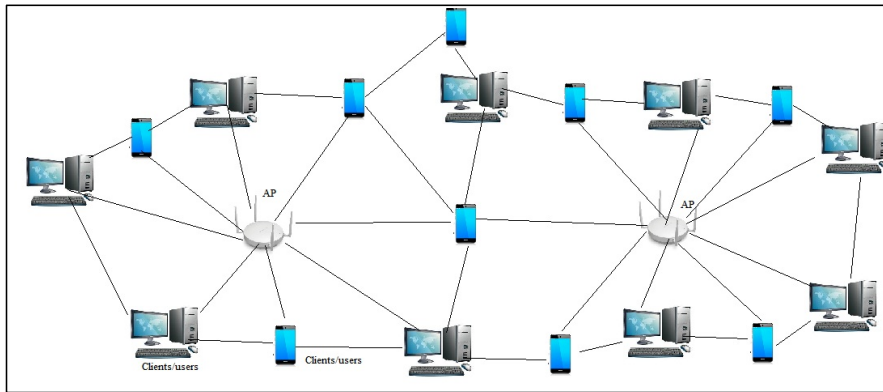


FIG. 1.7 : Évolution des réseaux sans fil [23].

1.3.2 Réseaux de télécommunications

Il s'agit d'un système de communication constitué de dispositifs, reliés entre eux par des moyens de transmission dans le but d'échanger des informations (**voir figure 1.8**). L'émetteur et le récepteur échangent des données comme la voix, les vidéos et les images sous forme de signaux électriques qui traversent un canal de transmission [6].

L'ÉVOLUTION DE LA 5G

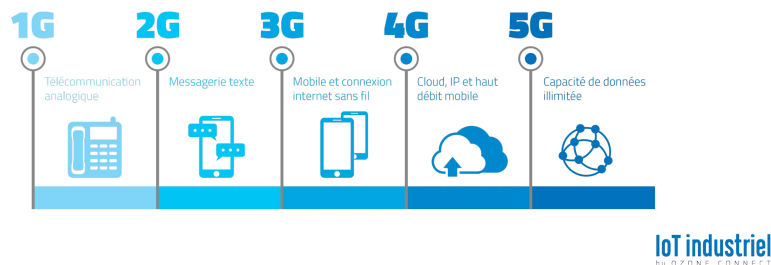


FIG. 1.8 : Évolution des réseaux de télécommunication [9].

1.3.3 Réseaux Wi-Fi (IEEE 802.11)

L'une des techniques les plus importantes dans la communication sans fil est la technologie du Wi-Fi, grâce au fait qu'elle permet d'échanger les informations sans avoir besoin d'utiliser de câbles. Cela permet aux objets connectés de transmettre des données à haut débit [4].

1.3.4 Réseaux de capteurs

Il s'agit d'un système de capteurs distribué composé d'un grand nombre de capteurs autonomes placés de manière aléatoire pour construire un réseau puissant capable de

collecter, capturer et traiter tous les changements et événements environnementaux (voir figure 1.9) [21].

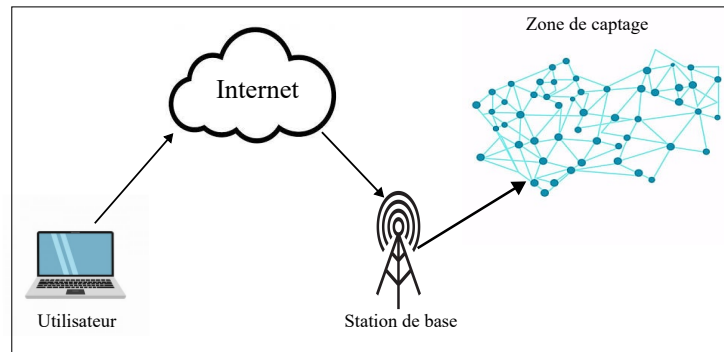


FIG. 1.9 : Architecture d'un réseau de capteurs.

1.3.5 Réseaux IoT

Une nouvelle technologie qui consiste à connecter tous les appareils que nous utilisons dans notre vie quotidienne aux autres appareils via internet. Elle se base sur les appareils intelligents contenant plusieurs capteurs qui collectent des informations de l'environnement extérieur et les envoient à des systèmes pour les analyser. Ensuite, ces systèmes leur répondent avec des ordres pour agir sans intervention humaine [1].

1.4 Domaines d'applications des réseaux de capteurs et d'IoT

Il a été appliqué dans plusieurs domaines (voir figure 1.10), nous pouvons citer les plus intéressants [21] :

- **Le domaine médical** : Utilise l'Internet des Objets pour suivre le mouvement des patients afin d'assurer leur sécurité et leur bien-être. Les dispositifs IoT sont placés dans les hôpitaux, les centres de soins et les maisons. Ils facilitent le travail des médecins et du personnel soignant en fournissant des données en temps réel sur l'état de santé des patients.
- **Le domaine militaire** : Utilisés pour surveiller l'ennemi. Il est déployé dans des endroits difficiles d'accès afin de collecter des informations sur les mouvements de l'adversaire, ainsi que pour permettre de connaître les conditions météorologiques. Il permet également d'évaluer les dommages de guerre et de déterminer leur type.
- **Environnementales** : Utilisé pour prédire les catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre et les inondations en surveillant les changements inhabituels de l'environnement, il est également utilisé dans plusieurs études environnementales telles que l'agriculture, la météo, la pollution....

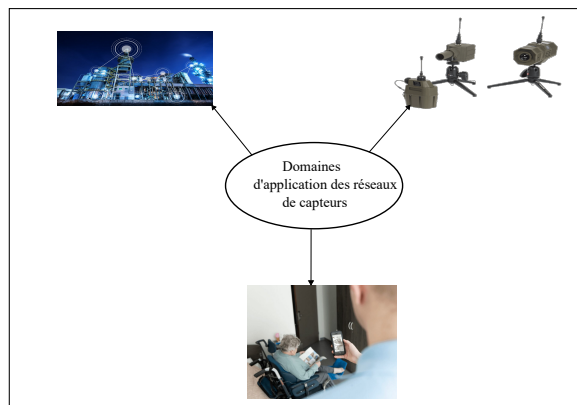


FIG. 1.10 : Domaines d'applications des réseaux de capteurs.

Dans le domaine de la localisation des cibles, ces réseaux sont particulièrement utiles pour détecter et suivre les mouvements d'objets ou de personnes en temps réel. En combinant les informations collectées par plusieurs capteurs, il est possible de déterminer avec précision la position et la trajectoire de la cible, ce qui permet de prendre des décisions plus éclairées. Les réseaux de capteurs peuvent ainsi contribuer à la mise en place de systèmes de surveillance et de géolocalisation performants, qui sont de plus en plus courants dans des secteurs tels que la sécurité, la logistique ou l'Internet des objets.

1.5 Localisation des cibles

Dans cette partie nous allons définir la localisation, les types de localisation, les phases principales d'un système de localisation, les problèmes de localisation existants, les techniques de localisation et les technologies utilisées pour la détection de localisation.

1.5.1 Définition de la localisation

La localisation est la détection de l'emplacement géographique d'une personne ou d'un autre objet mobile. Cette opération s'effectue en utilisant des méthodes de détection et des capteurs pour fournir les informations d'emplacement à l'aide des technologies de positionnement qui peuvent interagir avec le système d'exploitation de l'appareil. La localisation est utilisée dans des domaines différents, comme le domaine médical, comme le surveille des patients à distance et révéler son état de santé [30].

1.5.2 Types de localisation

- **Emplacement absolu** : L'emplacement absolu d'un lieu ou d'un objet est utile lorsque les personnes se trouvent dans des endroits inconnus. Ce type de localisation donne la direction et la distance entre le lieu actuel et la destination [10].
- **Localisation par rapport à un point de repère** : La position relative implique la direction et la distance entre le lieu actuel et la destination.

- **Emplacement géographique** : Il s'agit de l'emplacement d'un lieu dans une zone géographique plus large, comme un continent, un pays ou une région. Il est défini par ses coordonnées qui peuvent varier d'un SIG à un autre [11].

1.5.3 Phases principales d'un système de localisation

La localisation d'une cible est généralement réalisée en suivant plusieurs phases successives. Tout d'abord, la collecte de données permet d'obtenir des informations sur la position de la cible. Ensuite, ces données sont validées afin de garantir leur exactitude. Enfin, la dernière phase consiste à mettre à jour la localisation en fonction des nouvelles données collectées [21]. La Figure 1.11 représente l'organigramme des phases principales d'un système de localisation.

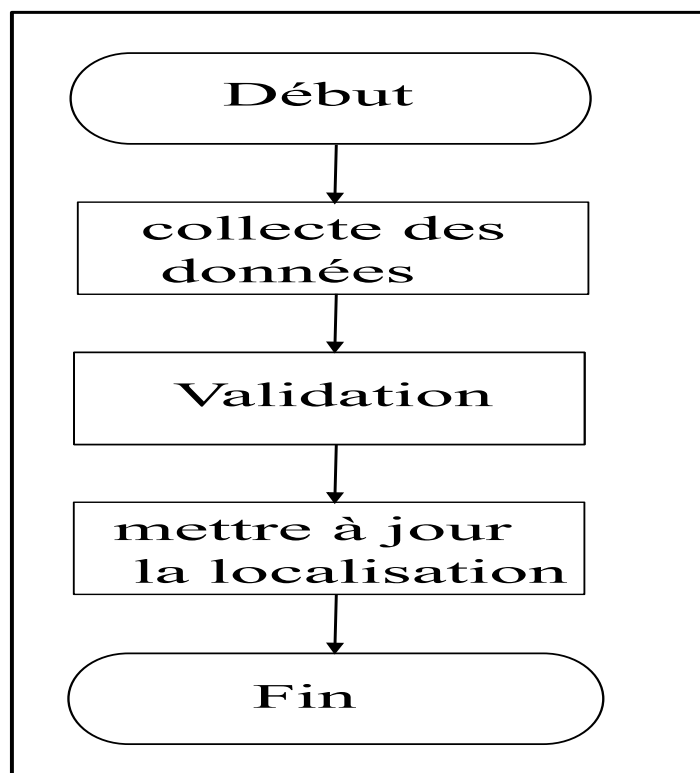


FIG. 1.11 : Organigramme des phases principales d'un système de localisation.

1.5.4 Problèmes de localisation existants

Lors de la détection de la localisation, on peut rencontrer plusieurs problèmes qui affectent, on peut citer :

- **Précision** : Les techniques de localisation peuvent comporter des erreurs, telles que la conduite dans un sens erroné.

- **Interférences** : Les signaux de localisation peuvent être perturbés par plusieurs interférences telles que les bâtiments, la météo, ou les objets en mouvement, ce qui peut entraîner une localisation erronée dans de nombreux cas.
- **Disponibilité des signaux** : Parfois, les utilisateurs perdent le signal dans des endroits tels que les tunnels ou les parkings souterrains.
- **Durée de vie de la batterie** : La technique GPS qui est considérée comme la technologie la plus commune dans la détection de localisation est connue pour sa consommation de la batterie, ce qui pose un problème pour les appareils électroniques qui n'ont pas une longue durée de vie de batterie.
- **Confidentialité** : La localisation des personnes peut être connue par d'autres personnes sans que l'utilisateur en soit conscient, ce qui soulève des problèmes de confidentialité.

1.6 Techniques de localisation

Les techniques de localisation sont l'ensemble des méthodes utilisées pour déterminer la position d'un objet ou d'une personne dans un espace donné. Ces techniques sont classées en fonction des systèmes de positionnement intérieurs et extérieurs qui les utilisent. Les systèmes de positionnement intérieur et extérieur utilisent différents types et technologies pour déterminer la position en fonction des conditions environnementales et des besoins spécifiques de l'application. Ainsi, la sélection de la méthode de localisation appropriée dépendra des exigences et des caractéristiques de chaque situation [2]. Selon une étude très récente menée par Safar M. Asaad et al en 2022, plusieurs techniques de localisation sont utilisées pour déterminer la position exacte des objets dans les environnements. Parmi ces techniques, on peut citer :

1. **Technique de détection à proximité** : L'approche de proximité est une méthode de base pour la localisation qui évalue la position d'un dispositif cible par rapport à un lieu ou une région prédéfinis. Cette technique nécessite le déploiement d'un nombre déterminé de détecteurs à des endroits connus.
2. **Technique basée sur l'indicateur du puissance du signal reçu** : Cette technique est utilisée pour déterminer la position d'un objet mobile sur la base des mesures RSSI, notamment les modèles basés sur l'empreinte digitale et les modèles de propagation RSSI.
3. **Technique basée sur les empreintes digitales** : L'analyse de scène ou la prise d'empreintes digitales se réfère aux techniques qui permettent d'obtenir des caractéristiques de la scène à partir de vidéos, d'images virtuelles ou de signaux électromagnétiques, puis d'estimer la position de l'appareil cible en comparant les mesures en ligne avec les informations de localisation par empreinte digitale les plus proches.
4. **Technique RSSI radio propagation** : Le système de localisation basé sur le RSSI fonctionne en mesurant la puissance du signal entre l'appareil mobile cible et

plusieurs stations de base distinctes, puis en utilisant une technique de modélisation pour estimer la distance entre l'appareil cible et les stations de base/WAP en se basant sur la force du signal .

5. **Technique basée sur la vision** : La technique de localisation basée sur la vision est une sorte d'analyse de scène qui permet d'obtenir les caractéristiques de la scène à partir de vidéos et d'images, sans tenir compte des signaux électromagnétiques. Elle permet ensuite d'estimer la position de l'appareil cible en comparant les mesures/caractéristiques en ligne avec les caractéristiques extraites les plus proches.
6. **Méthode basée sur l'angle (angulation)** : L'angulation est une technique directionnelle utilisée dans l'approche de l'angle d'arrivée (AOA). Il s'agit d'une technique permettant de localiser un appareil cible en calculant les angles de plusieurs stations fixes par rapport au pôle Nord.
7. **Technique basée sur le temps** : C'est la méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la position à l'aide de l'idée de trilatération. Le "tri" de la trilatération signifie qu'un emplacement doit être défini par au moins trois points fixes, à savoir le point de départ, le point d'arrivée et le point d'arrivée fixes.
8. **Technique basée sur un point mort** : La technique de la recherche de point mort (DR) consiste à estimer l'emplacement actuel d'un objet mobile à l'aide d'un emplacement et d'une position précédemment calculée, puis à intégrer la vitesse estimée, la direction du cap et la trajectoire au cours du temps écoulé. La technique DR peut être utile pour surmonter les contraintes de la technologie GPS/GNSS. Elle permet une navigation de haute précision en calculant l'emplacement actuel à l'aide de données provenant de plusieurs capteurs, notamment le gyroscope, l'accéléromètre, l'impulsion de vitesse et le magnétomètre, même lorsque la technologie GPS/GNSS est problématique ou impossible.
9. **Technique de correspondance** : Pour prédire l'emplacement, la plupart des algorithmes disponibles reposent sur des données géométriques seulement et ne tiennent pas compte de l'information sur l'intensité.
10. **Technique de localisation hybride** : Pour améliorer les performances de localisation, de nombreuses techniques de localisation combinées sont proposées afin de combiner efficacement deux ou plusieurs approches existantes.

1.7 Technologies utilisées pour la localisation des cibles

- **Localisation par RFID** : C'est une technologie qui se base sur le rayonnement radiofréquence pour détecter les objets lorsqu'ils sont près d'un lecteur [13] . Elle permet aussi de suivre le matériel dans une zone couverte par un signal émis par la balise [16].
- **Localisation par Wi-Fi** : La géolocalisation Wi-Fi est un système de géolocalisation qui utilise l'ensemble de l'infrastructure Wi-Fi (téléphones, tablettes, ordi-

nateurs portables et routeurs) en tant que points d'accès Wi-Fi pour déterminer l'emplacement d'un appareil [31].

- **Balises Bluetooth** : Peuvent être utilisés pour récupérer la position d'un appareil à proximité.
- **GPS** : Cette technologie est réservée exclusivement aux terminaux équipés d'une puce GPS. Ce système de localisation se base sur les signaux émis par un réseau de satellites afin de déterminer la position géographique. La précision de cette technologie est estimée entre 15 et 100 mètres pour le réseau GPS [15].

1.8 Conclusion

La localisation sert à la position d'un objet, d'une personne ou d'un événement dans un espace donné. Cette opération peut être effectuée en temps réel. Pour résoudre cette problématique, diverses technologies et méthodes peuvent être employées.

Ce chapitre a traité la problématique de la localisation des cibles, les différents types de localisation, les systèmes de localisation, les problèmes rencontrés, ainsi que les techniques utilisées pour les résoudre. Nous avons aussi parlé l'importance des capteurs pour collecter des informations de localisation et aussi le rôle des réseaux mobiles dans la localisation des objets et des personnes. Ces réseaux permettent de collecter et d'envoyer les informations de localisation, ce qui améliore la précision et la fiabilité de la localisation. Dans les chapitres suivants, nous appliquerons ces concepts à la surveillance des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer.

Chapitre 2

État de l'art sur le suivis de malade
d'Alzheimer.

2.1 Introduction

La localisation est la détection de l'emplacement d'une personne ou d'un objet mobile. Cette opération s'effectue avec des méthodes de détection et des capteurs différents, pour fournir les informations d'emplacement à l'aide des technologies de positionnement, qui peuvent interagir avec le système d'exploitation de l'appareil. La détection de localisation est utilisée dans divers domaines, comme le domaine médical, comme pour surveiller à distance les patient et informer les proches de son état de santé. On peut déterminer le positionnement d'un nœud inconnu en utilisant le GPS, ou en utilisant des dispositifs de localisation dans l'environnement.

Dans ce chapitre nous avons traité les travaux antérieurs dans le domaine de la localisation des malades d'Alzheimer.

2.2 État de l'art

Plusieurs techniques de localisation des personnes et d'objets existent dans la littérature. Ci-dessous le diagramme illustratif qui résume quelques travaux sur lesquels nous avons parlés dans ce chapitre (voir figure 2.1).

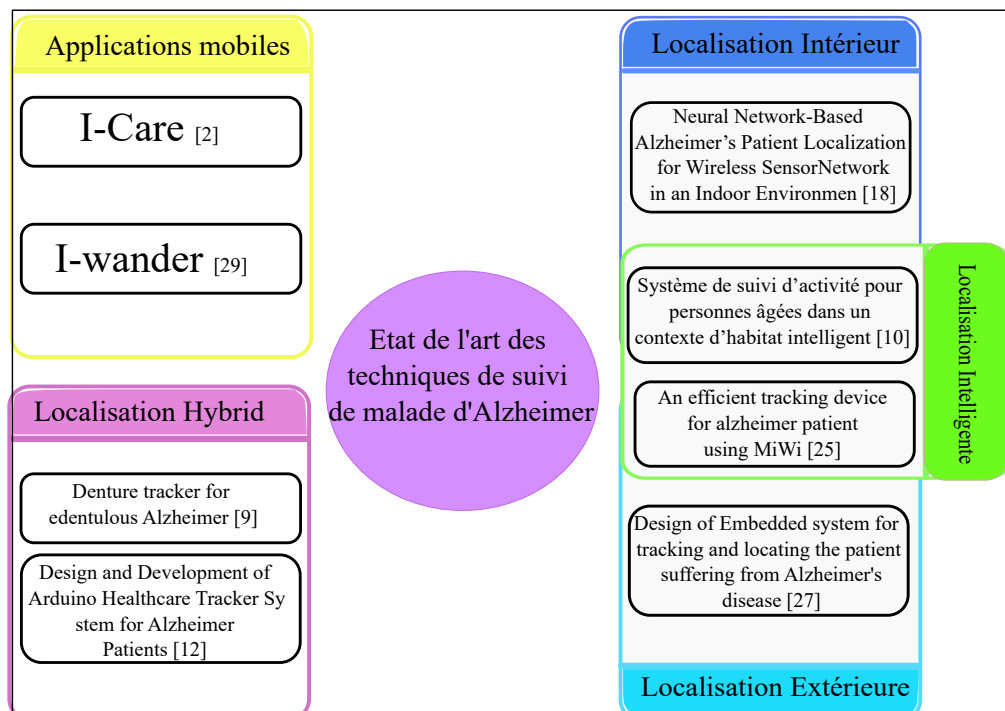


FIG. 2.1 : Techniques utilisées pour la localisation des malades d'Alzheimer.

2.2.1 Applications mobiles

Dans cette partie, une sélection des travaux qui ont utilisé quelques applications mobiles pour le suivi des patients atteints de la maladie d'Alzheimer.

2.2.1.1 I-Care : Application mobile pour le suivi l'activité physique et le contrôle de la santé des malades d'Alzheimer

S. Aljehani, S. Aloufi et R. Abdulrahman [1], ont proposé une solution basée sur une montre-bracelet IoT portée par le patient (**voir la figure 2.2**), tandis que l'assistant du patient télécharge une application IOS sur son téléphone portable pour accéder aux informations du patient. L'application se connecte à la montre portée par le malade et fournit des rappels de tâches ainsi que des informations sur la maladie d'Alzheimer.

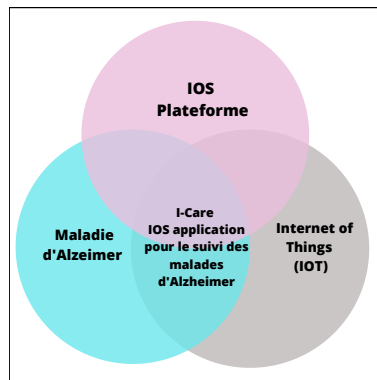


FIG. 2.2 : Concept de l'application I-Care [1].

I-Care se compose de quatre interfaces principales (**voir figure 2.3**) : "Commencer", "Accueil" (qui contient les boutons colorés), "Liste de rappels" et "Localisation du patient". Le programme utilise un modèle indépendant qui recueille toutes les données nécessaires tout en reliant la smart Watch Apple au système via une base de données.

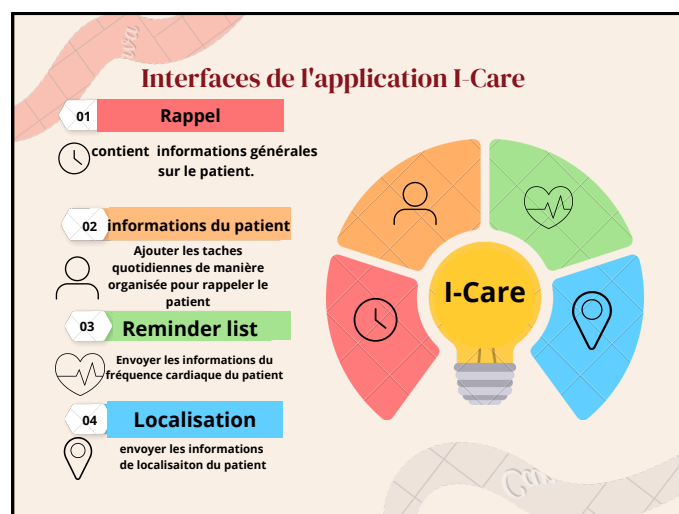


FIG. 2.3 : Interfaces de l'application I-Care.

Ce projet vise à utiliser l'Internet des Objets (IoT) et d'une application mobile pour faciliter de l'Internet des objets (IoT) avec une application mobile pour faciliter la prise en charge des malades d'Alzheimer et éviter l'épuisement des aidants.

Cet article propose une solution en deux parties, la première partie que le patient doit posséder d'un appareil qui fonctionne avec la technologie IoT dans ce cas une Smart-Watch d'Apple, et la deuxième que le soignant de patient doit télécharger une application **I-Care** sur son téléphone. Cette application doit être connecté à la montre portée par le patient pour que le soignant soit informé par l'état du patient : état de santé, la localisation et aussi les rendez-vous et la liste des tâches que le patient doit faire (**voir figure 2.4**).

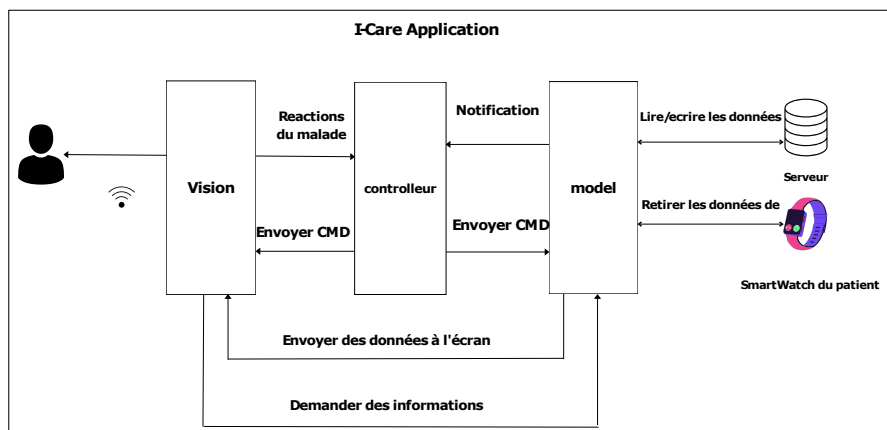


FIG. 2.4 : Architecture de I-Care.

Cette solution dépend fortement du GPS pour fournir des informations précises sur la localisation actuelle du patient, ainsi que sa fréquence cardiaque. Cependant, cela peut entraîner rapidement l'épuisement prématuré de la batterie si ces fonctionnalités sont utilisées intensivement pendant trop longtemps.

Selon les résultats de l'étude, le système I-Care a pu détecter les changements du comportement du patient et alerter les soignants en temps réel. Les patients ont également exprimé leur satisfaction envers le système, considérant qu'il apportait une aide précieuse pour leur bien-être (**voir figure 2.5**).



FIG. 2.5 : Avis des utilisateurs de I-Care [1].

L'application I-Care dépend de GPS, qui à son tour a besoin de beaucoup d'énergie dans son travail, et donc lorsque le patient est perdu nous risquons de perdre le contact avec lui, à cause de l'épuisement de la batterie de Watch Apple en raison de sa consommation par le GPS.

2.2.1.2 I-Wander : application Android pour les patients d'Alzheimer

L'application I-wander est destinée aux malades de la démence [28]. Elle peut fonctionner sur les appareils Android dotés d'un GPS et a des capacités de communication, ce qui permet aux soignants d'être informés de l'état du patient et de les suivre de manière rentable.

Voici un schéma qui représente les différentes tâches effectuées par cette application :

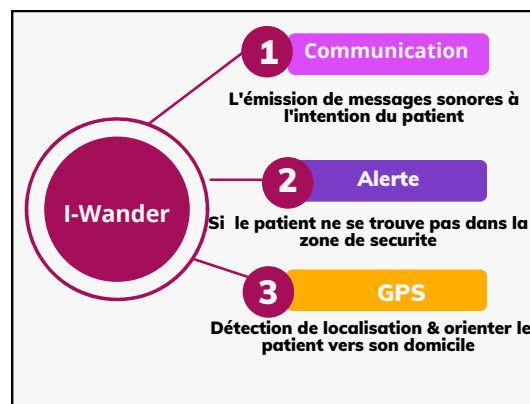


FIG. 2.6 : Taches effectuées par I-Wander.

Pour identifier un patient, F. Sposaro, J. Danielson et G. Tyson ont créé des zones de sécurité. Ces zones sont identifiées en surveillant les positions GPS des zones où le téléphone est chargé pendant des longues périodes. Une fois que le patient se trouve en dehors de la zone de sécurité, la probabilité de déplacement sera déterminée avec les techniques des réseaux bayésiens en fonction d'autres variables d'entrée (voir figure 2.7).

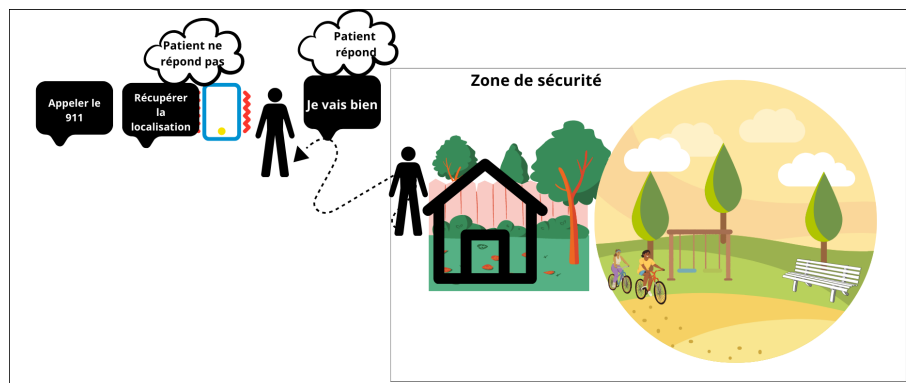


FIG. 2.7 : Concept de I-Wander.

La collecte des informations permet de faire des prédictions avec un grand nombre

de degré de certitude, au fil du temps le taux des faux positifs diminue. I-Wander ajoute également l'heure du jour, les conditions météorologiques actuelles et l'heure. L'analyse de ces variables aide à classer le comportement du patient comme normal ou anormal.

Dans cet article ils ont utilisé l'algorithme SVM pour classer les activités normales du patient ensuite les données seront transmises à une régression pour filtrer les activités en normales/anormales. Dans ce cas, les variables ont un effet très important sur la probabilité du déplacement du patient, ou les malades marchent beaucoup plus la nuit, et le niveau de la maladie s'aggrave avec l'âge (**voir figure 2.8**).

L'implantation du réseau bayésien se fait en trois étapes :

- Premièrement le temps ou le réseau est statique c'est le cas où le réseau se base uniquement sur la probabilité de déplacement.
- La deuxième étape c'est la configuration de l'appareil, dans cette phase il est nécessaire de prendre en considération des informations sur le patient comme l'âge, le niveau de la maladie, les zones de sécurité, l'heure, la date... Comme entrée.
- La dernière phase est l'apprentissage prolongé, ou les données sont adaptées à chaque client.

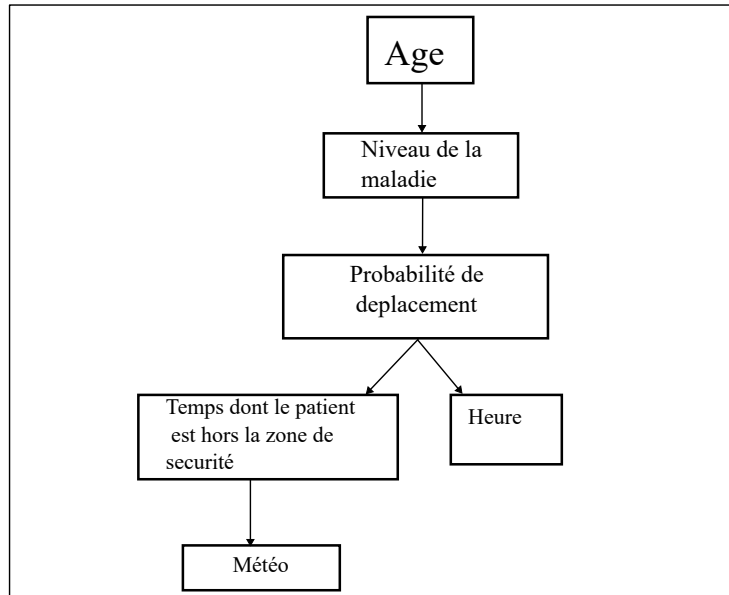


FIG. 2.8 : Relation entre le réseau bayésien et la probabilité de déplacement.

Cette application peut se trouver face à des défis comme la qualité du matériel utilisé pour la fabrication (les capteurs, une batterie de longue durée...), il faut aussi qu'elle prenne en considération le type du clavier. Dans l'implémentation il faut prendre en considération la précision des informations fournies par le GPS, et qu'il réduit la durée de vie de la batterie de l'appareil.

2.2.2 Localisations intérieur

Dans cette partie nous avons parlé de quelques travaux destinés pour le suivis des malades d'Alzheimer dans les espaces fermés.

2.2.2.1 Localisation de patients atteints de la maladie d'Alzheimer par réseau neuronal pour un réseau de capteurs sans fil dans un environnement intérieur

Dans cet article [17], Z. Munadhil, S. Gharghan et J. Chahlune ont proposer une technique pour localiser les patients atteints de la maladie d'Alzheimer dans des environnements intérieurs. Cette méthode utilise un dispositif portable basé sur le protocole ZigBee et mesure la force du signal reçu (RSSI) pour déterminer la position du patient. Le dispositif est composé de quatre nœuds d'ancrage fixes et un nœud mobile porté par le patient. Les données RSSI sont transmises par les modules XBee S2C de chaque nœud au nœud de traitement, qui utilise un réseau de neurones à propagation avant (BP-ANN) pour calculer la position du patient en utilisant les coordonnées x et y de la localisation. L'algorithme BP-ANN est composé de deux couches cachées avec 20 neurones chacune et utilise les données RSSI de chaque nœud d'ancrage fixe comme entrées. Les données ont été préalablement collectées et utilisées pour entraîner l'algorithme (voir figure(2.9)).

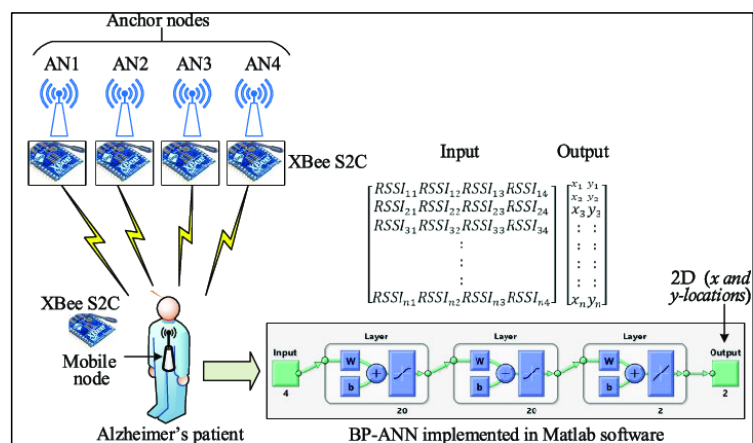


FIG. 2.9 : Architecture de système BP-ANN [17].

Les résultats de l'utilisation de l'algorithme BP-ANN pour la localisation de patients atteints de la maladie d'Alzheimer dans des environnements intérieurs sont présentés. Les performances de l'algorithme ont été comparées à d'autres types de réseaux de neurones et de méthodes d'apprentissage, en termes de MSE et de convergence. Ils ont été évalués en termes de MSE et de coefficient de corrélation pour les données d'entraînement, de test et de validation. Les résultats ont montré une précision élevée dans la localisation de patients atteints de la maladie d'Alzheimer dans des environnements intérieurs.

L'évaluation de la méthode proposée a montré que les phases de test et de validation étaient respectivement de 0,964 mètres et 0,921 mètres, indiquant une amélioration de la précision de localisation pour les patients atteints de la maladie d'Alzheimer dans des environnements intérieurs.

Les résultats de la méthode de localisation proposée ont été comparés à ceux d'autres méthodes utilisant la mesure RSSI dans des environnements intérieurs. La méthode proposée s'est avérée être plus performante que les autres méthodes étudiées, avec une erreur de localisation moyenne plus faible. Cette amélioration est due à l'utilisation de l'algorithme BP-ANN, qui offre une implémentation rapide, une facilité d'utilisation, une capacité d'apprentissage et une modélisation flexible.

La méthode présentée ne prend pas en compte les obstacles physiques présents dans l'environnement, ce qui peut influencer la qualité et la fiabilité des signaux RSSI utilisés pour la localisation.

2.2.2.2 Système de suivi d'activité pour personnes âgées dans un contexte d'habitat intelligent

Dans cet article [8], Y. Charlon, W. Bourenane et E. Campo ont proposée une solution représentée par un système de suivi d'activité pour les personnes âgées dans un contexte d'habitat intelligent. Son principe repose sur le développement d'un patch radio-communicant qui est porté par le patient pour l'identifier. Il est fixé dans son dos, de sorte qu'il lui est difficile de l'enlever. Il surveille le patient 24 heures sur 24, mais doit être remplacé chaque semaine pour nettoyer la peau. Ce patch est le meilleur pour détecter les chutes.

Caractéristiques du système :

- Ce système est basé sur le suivi des mouvements et de l'activité du patient.
- Ils ont utilisé un réseau de captures de mouvement infrarouge sans fil qui est placé dans des endroits précis.
- Les capteurs couvrent une zone de 1 à 2 mètres carrés.
- Le patient peut être facilement identifier le patient s'il y a d'autres personnes avec lui.
- Toutes les données captées sont sécurisées, seulement les personnes autorisées peuvent accéder au système via une application web.

Ils ont également développé un système intelligent pour détecter les mouvements inconnus et émettre une alerte en cas d'une activité que le patient n'a pas l'habitude de faire.

Ce système a été développé pour être utilisé dans les hôpitaux afin de faciliter le processus de suivi des patients et également pour réduire les cas de perte (**voir figure 2.10**). Ils ont suivi une architecture générale présentée par deux ordinateurs, local et distant. L'ordinateur local utilise une application temps réel basée sur des capteurs d'infrarouges et un patch électronique pour connaître les données et la localisation du patient. Il donne également des messages d'alerte en cas de chute ou de mouvements inhabituels sur l'unité locale et dans les portables des assistants patients. L'ordinateur distant est basé sur une application web qui est utilisée par un groupe de médecins pour contrôler le déplacement et les alertes.

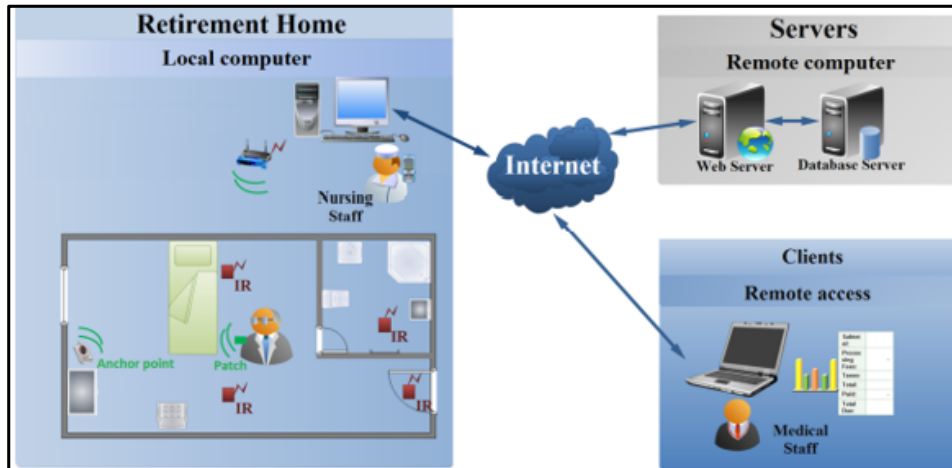


FIG. 2.10 : Localisation dans un contexte d'habitat intelligent [8].

Cet article présente une nouvelle solution pour prendre soin des personnes âgées en suivant leurs déplacements grâce à des systèmes de surveillance intelligents basés sur des réseaux de capteurs de mouvement reliés à un patch électronique porté par le patient pour l'identifier en cas d'accident ou de mouvement suspect. Le capteur prédit et envoie une alerte à la personne responsable. Cette personne vérifie ces alertes via son téléphone mobile.

D'après les résultats de l'étude, le système de suivi d'activité pour les personnes âgées dans un contexte d'habitat intelligent s'est révélé efficace pour détecter les changements dans les habitudes de vie et pour améliorer leur qualité de vie en leur offrant une plus grande autonomie. Les participants ont exprimé leur satisfaction élevée envers le système et ont exprimé leur intention de l'utiliser à l'avenir. Ces résultats suggèrent que ce système peut être une solution pratique et fiable pour aider les personnes âgées à vivre de manière plus autonome et en sécurité chez elles.

Ces systèmes de suivi sont parfois peu fiables, car ils présentent un risque pour le patient dans le cas de produire des faux négatifs, ce qui peut conduire à une absence d'alerte en cas de besoin. Il est donc important de mettre en place des mécanismes de contrôle et de suivi pour garantir la fiabilité de ces systèmes. Les systèmes de localisation dans les espaces fermés sont plus fiables car ils couvrent un espace limité par rapport aux systèmes destinés de la localisation extérieure,

2.2.3 Localisation extérieure

Dans cette partie, une sélection des travaux qui visent le suivi des personnes atteints de la maladie d'Alzheimer à l'extérieur

2.2.3.1 Conception d'un système intégré pour le suivi et le localisation des patients d'Alzheimer

Dans cet article SR. Shree, R .Shivakumar et HS. Kumar [26], ont proposé un système de suivi et de localisation de patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Cette solution utilise la technologie GPS et GSM et se compose de deux parties : le soignant (**voir figure 2.11**) et le patient (**voir figure 2.12**).

L'utilisation de la technologie GPS et GSM permet de suivre en temps réel la position du patient et de signaler l'emplacement en cas de besoin.

Ce système permet aux soignants et aux membres de la famille de surveiller les patients et leur position en cas de besoin. Les microcontrôleurs PSoC de Cypress Semiconductor ont été choisis pour leur flexibilité, leur intégration efficace de plusieurs fonctions sur une puce, et leur capacité à réduire les coûts et la taille du système. Le document propose également des améliorations potentielles, telles que l'utilisation de Google Maps pour la localisation du patient et l'étude de sources d'alimentation alternatives pour le module patient.

Cependant, cette solution ne fournit pas suffisamment d'informations sur la sécurité des données lors de leur transmission via des messages SMS. Il est important de savoir si ces messages sont cryptés pour protéger les données de santé sensibles des patients pendant la transmission.



FIG. 2.11 : Configuration du module sur les aidants naturels [26].



FIG. 2.12 : Configuration du module patient [26].

2.2.3.2 Suivi efficace pour les patients Alzheimer en utilisant MIWI

Dans cet article S. Saranya et P. JesuJayarin présenté un système permet de suivre les patients atteints de la maladie d'Alzheimer à l'aide de l'appareil MIWI. L'objectif est de retrouver les patients souffrant de troubles cognitifs légers lorsqu'ils sont hors de portée. Le système est composé d'un module patient, d'un module gradient, d'une notification et d'un réseau social (**voir figure 2.13**) [24].

Si le patient sort de la zone de couverture, les valeurs de latitude et de longitude sont immédiatement envoyées à l'appareil. Si le patient s'éloigne, les valeurs de latitude et de longitude sont immédiatement envoyées au module gardien. Pour vérifier si le patient

porte l'appareil ou non, un capteur de rythme cardiaque est fixé à l'appareil. Si l'appareil n'est pas actif, les valeurs de l'emplacement actuel sont envoyées au numéro de téléphone mobile de la personne qui s'occupe du patient. Cette dernière peut partager l'information sur le réseau social [24].

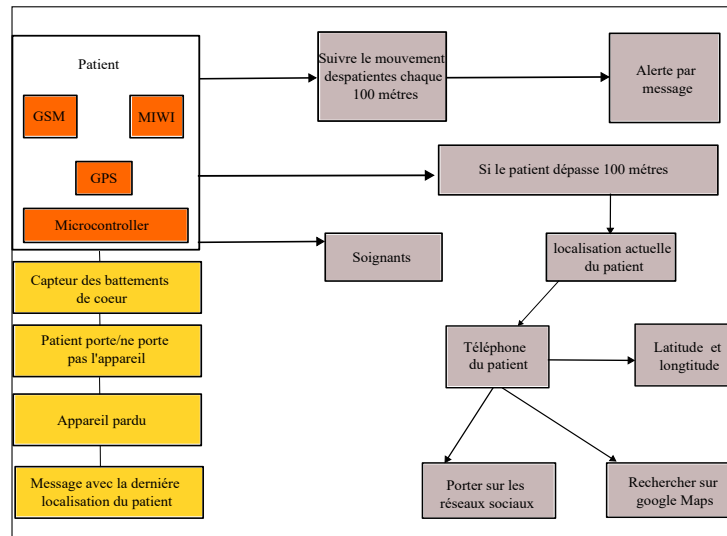


FIG. 2.13 : Architecture du système MIWI [24].

Implémentation de ce système :

- **Patient** : La distance entre le patient et la personne qui s'occupe de lui est mesurée par le RSSI. La distance entre le patient et le soignant est mesurée par la valeur RSSI du module RF. Le microcontrôle est utilisé pour contrôler tous les appareils du patient. Le dispositif MIWI est utilisé pour établir la communication sans fil entre le nœud du patient et le centre de soins. Le capteur de rythme cardiaque est utilisé pour surveiller le module du patient, il permet de vérifier si le patient porte le dispositif ou non.
- **Soignant** : Composé d'un récepteur MIWI, d'un microcontrôle et d'un écran LCD, le récepteur MIWI reçoit le signal si le patient est hors de portée.
- **Notification** : Le microcontrôle stocke tous les détails des lieux proches du patient dans un rayon de 100 mètres et envoie un message d'alerte avec l'emplacement actuel au numéro de téléphone mobile du soignant. L'emplacement actuel est également envoyé au numéro de téléphone mobile de la personne qui s'occupe du patient.
- **Réseaux sociaux** : L'aidant publiera sur le réseau social les coordonnées du patient atteint d'Alzheimer, telles que l'endroit où il se trouve et son numéro de téléphone portable.

Résultats obtenus : Précision : Pour obtenir la solution, ils ont utilisé l'algorithme de localisation RSSI, qui est considéré comme l'algorithme le plus courant de localisation. Il garantit un faible coût (**voir figure 2.14**), pas de matériel supplémentaire et est facile à comprendre.

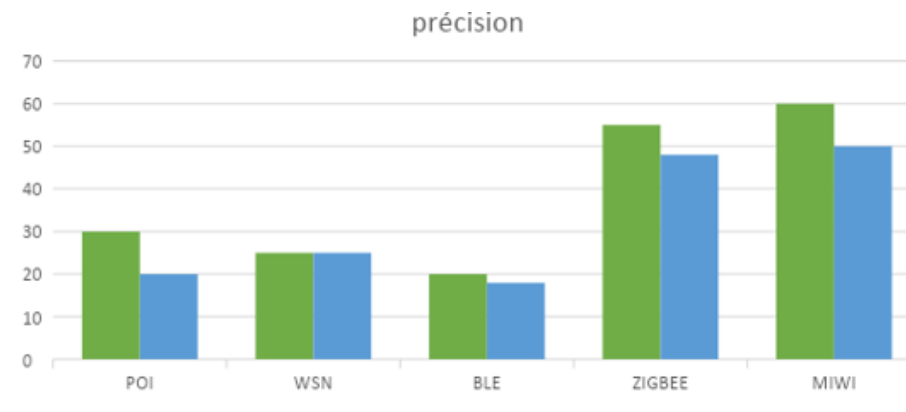


FIG. 2.14 : Performance de MIWI [24].

2.2.4 Localisation Hybride

Dans cette partie les techniques utilisées sont utiliser pour le suivi de localisation du patient dans les espaces fermés et à l'extérieur.

2.2.4.1 Suivi des malades d'alzheimer par l'utilisation des prothèses dentaires

Dans cet article NG. Chander et DV. Reddy ont proposé une solution [7] basé sur le placement d'un GPS dans la prothèse dentaire (**voir figure 2.15**).

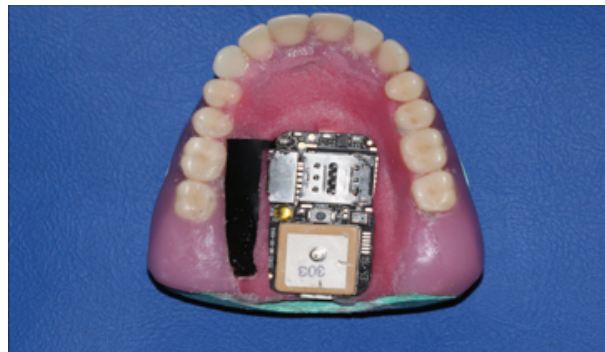


FIG. 2.15 : Positionnement provisoire du tracker sur la prothèse [7].

Les prothèses ont été fabriquées par des procédures conventionnelles, où les capteurs sont sur la prothèse maxillaire. Ils ont été placés sur la feuille photo polymérisée positionnée et celle-ci a été durcie par points pendant 5 secondes pour retirer les matériaux en excès.

L'extension de la feuille thermoplastique sur la prise USB du capteur a été retirée et scellée avec de la silicone vulcanisant à température ambiante. Le dispositif de suivi AGPS est conçu pour être fixé à la prothèse maxillaire ou mandibulaire. Les signaux envoyés par le tracker seront reçus et décodés via les téléphones mobiles. La conception du tracker fonctionne avec Android, iPhone et d'autres applications.

L'appareil doit envoyer des informations sur l'emplacement, la vitesse, la distance parcourue et l'itinéraire via les systèmes de cartographie gratuits établis disponibles sur les

réseaux téléphoniques. Le suivi à longue distance doit être adapté et le module permet de suivre l'appareil même dans les zones difficiles, et la position est fournie automatiquement. Le nom d'utilisateur, le mot de passe et le numéro autorisé doivent être fournis pour améliorer la précision. De plus, l'appareil incorporera les fonctionnalités d'alerte de batterie faible, de surveillance à distance et d'alerte de géo repérage sur le mouvement et la vitesse.

Ces fonctionnalités peuvent aider à suivre et à vérifier les patients. L'autonomie de la batterie varie entre 40 et 48 heures et elle est rechargeable. De plus, l'appareil est programmé pour fonctionner avec une charge de faible puissance. Avec cette technique, on aura moins de chances de l'oublier ou de le perdre chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer.

Pour améliorer la solution, il faut utiliser des matériaux de fabrication de haute qualité pour éviter les maladies, et aussi il faut réduire autant que possible la taille des capteurs pour que le patient soit apaisé quand il porte cet appareil.

2.2.4.2 Conception et développement du système de suivi Arduino Healthcare pour les patients atteints d'Alzheimer

Dans cet article O. EsfahanI et A. Moshayedi [12], ont créé un système de positionnement et de santé basé sur Arduino développé pour aider les patients atteints d'Alzheimer et leurs aidants à suivre les patients et les surveiller.

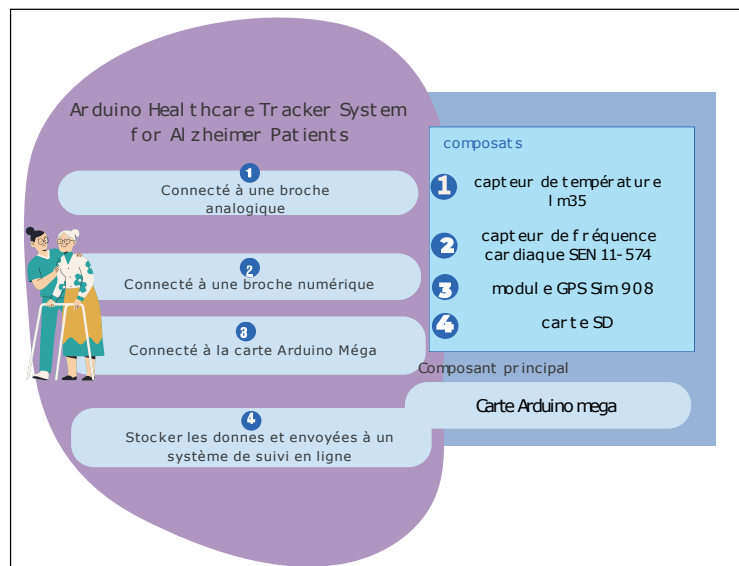


FIG. 2.16 : Système de suivi Arduino Healthcare pour les patients atteints d'Alzheimer.

Le système est capable de prendre en considération les paramètres tels que la température et le rythme cardiaque, ainsi que la position géographique exacte du patient en temps réel par l'envoi d'un SMS à un opérateur. Les informations sont également enregistrées sur une carte SD pour des études ultérieures, et la position du patient peut être facilement suivie à l'aide de Google Maps(voir figure 2.16). Le système a démontré une fiabilité dont les informations étaient collectées toutes les 5 minutes, ainsi qu'une précision élevée dans l'envoi des données de paramètres vitaux via SMS aux porteurs. Pour réaliser cette solution, le coût d'acquisition et de maintenance est très élevé, ce qui peut être considéré comme un investissement financier important pour certains patients et leurs familles, en particulier dans les pays à faibles revenus. Bien que le système utilise des composants peu coûteux d'Arduino, il peut nécessiter une expertise technique pour son installation et sa configuration, ce qui peut représenter un défi pour certains utilisateurs.

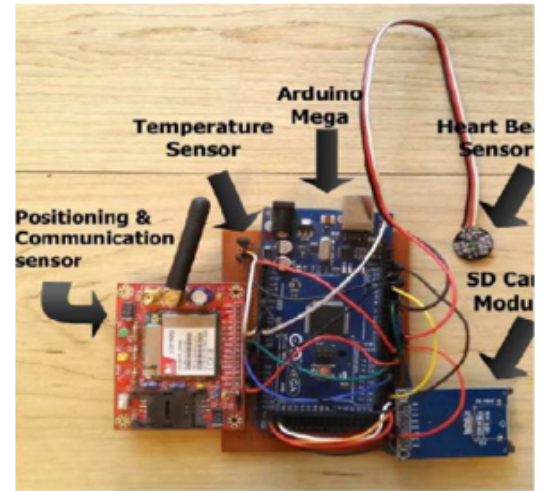


FIG. 2.17 : Implémentation du système [12].

2.3 Comparaison des applications de suivi des malades d'Alzheimer

D'après notre étude des applications de suivi des malades d'Alzheimer présentées précédemment, nous avons constaté un ensemble de paramètres de comparaison. Ces paramètres peuvent être partagés par plusieurs applications, comme ils peuvent être spécifiques à une application donnée.

Le tableau 2.1 nous permettra de mettre en évidence la rigueur de notre démarche d'analyse et de sélection des méthodes utilisées dans les systèmes de suivi de malades d'Alzheimer.

Type d'application	Système	Type de réseau	Technologies/ carte	Équipements	Avantages et Limites
Apps mobile	I-Care [1]	IoT pour suivi des malades	Bluetooth Wi-Fi GPS	Montre-bracelet Apple (Smart-watch) Smartphone (iOS)	Suivi fréquence cardiaque Consommation de batterie
	I-Wander [28]	Réseaux bayésiens pour suivi des malades	GPS	Smartphone (Android)	Appel automatique au centre d'aide Consommation de batterie
Localisation extérieure	system for tracking and locating the patient [26]	réseau GSM	GPS GSM Microcontrôleurs PSoC Google Maps	Puce embarquée	Flexibilité, intégration efficace de multiples fonctions, réduction des coûts et de la taille du système Messages non cryptés
	Tracking système using MIWI [24]	réseaux de capteurs sans fil	Appareil MIWI Capteur de rythme cardiaque Microcontrôleur Récepteur MIWI	Dispositif portable avec module MIWI	Possibilité d'informer les gens sur les réseaux sociaux en cas de perte du malade Risque de perte de connexion
Localisations intérieur	Système suivi personnes dans maison intelligente [8]	Transmission sans fil radio et infrarouge	Wi-Fi Bluetooth ZigBee	Patch radio-communicant Capteurs de mouvement Ordinateur local et distant Application web et téléphone mobile	Implémentation rapide, facilité d'utilisation, capacité d'apprentissage et modélisation flexible Ne prend pas en compte les obstacles physiques
	Système basé sur réseaux de neurones [17]	réseau de neurones	Modules XBee S2C Protocole ZigBee	Dispositif portable Nœuds d'ancrage fixes	Surveillance 24/24 du patient Couverture limitée (1 à 2 mètres carrés)
Localisation Hybrid	Denture tracker for edentulous Alzheimer [7]	Les réseaux téléphonique	GPS AGPS	Prothèses dentaires Téléphones mobiles Dispositif de suivi AGPS Systèmes de cartographie gratuits	fournir des informations précieuses La durée de vie de la batterie est de 40 à 48 heures
	Healthcare Tracker System for Alzheimer Patients [12]	Les réseaux téléphonique	Arduino Carte SD Google Maps	Arduino Capteurs Carte SD Téléphone portable	Prise en compte température, position, fréquence cardiaque Coût élevé d'acquisition et de maintenance

TAB. 2.1 : Comparaison des applications de suivi des malades d'Alzheimer.

2.4 Conclusion

En conclusion, la localisation des patients atteints de la maladie d'Alzheimer est un domaine de recherche qui évolue avec le temps. Les travaux réalisés ont tous comme objectif d'améliorer la prise en charge des patients. Les différents résultats obtenus ont traité pas mal de problème. Cependant mais elles rencontrent toujours des défis à prendre en considération pour qu'elles soient plus stables et complètes.

Chapitre 3

Proposition d'une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer

3.1 Introduction

La maladie d'Alzheimer est une maladie qui affecte la mémoire, le comportement et les capacités cognitives. Les patients atteints de cette maladie peuvent facilement se perdre lorsqu'ils sortent de chez eux et nécessitent un suivi et une localisation précise pour assurer leur sécurité et leur bien-être.

Dans ce chapitre, nous présentons une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer qui utilise un système embarqué combinant Wi-Fi et GPS pour collecter en temps réel des données sur la position des patients. Nous expliquons les différentes étapes de cette solution, les fonctionnalités qu'elle offre et les avantages qu'elle apporte aux patients et à leurs soignants.

3.2 Personnes concernées par le système

Les personnes concernées par le système de notre solution sont les patients qui souffrent de la maladie d'Alzheimer et leurs proches.

a) Patients atteints de la maladie d'Alzheimer :

Les patients atteints de la maladie d'Alzheimer éprouvent des difficultés de mémoire qui entraînent plusieurs problèmes. Ils ont du mal à retenir les informations et peuvent donc se perdre ou prendre des chemins aléatoires lorsqu'ils sortent de chez eux, ce qui augmente les probabilités qu'ils ne soient pas en sécurité. De plus, ils oublient souvent des événements récents, des conversations, des rendez-vous importants, et les tâches quotidiennes. En outre, ils peuvent avoir des difficultés à se rappeler qu'ils sont malades ou à alerter leurs proches en cas de besoin.

b) Proches des patients atteints de la maladie d'Alzheimer et les soignants :

Les proches des patients atteints de la maladie d'Alzheimer et les soignants sont les responsables qui prennent soin d'eux. Ils peuvent être inquiets pour leur sécurité et leur bien-être. La solution de localisation leur fournit un outil en temps réel pour surveiller la position des patients et les rassurer.

3.3 Description de la solution

Notre solution a pour objectif d'aider les patients atteints de la maladie d'Alzheimer en fournissant un outil de localisation fiable. Cela permet aux responsables de surveiller la position des patients en temps réel, ce qui améliore leur état et leur sécurité. Nous avons développé un système intégré qui utilise le Wi-Fi pour collecter les informations sur la

Chapitre 3. Proposition d'une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer

localisation des patients. Si le Wi-Fi n'est pas disponible, le système utilise les fonctionnalités du GPS et peut également stocker les données pour une utilisation ultérieure. Voici une description plus détaillée de notre solution de localisation pour les patients atteints de la maladie d'Alzheimer :

Notre solution repose sur un système embarqué qui utilise le Wi-Fi et GPS pour collecter en temps réel des données sur la localisation des patients. Dans un premier temps, le système compare la position actuelle du patient à une valeur seuil maximale de 50 mètres pour déterminer s'il se trouve dans la zone de sécurité. Si c'est le cas, notre solution utilise le Wi-Fi pour détecter sa localisation. Toutefois, si le patient se trouve à l'extérieur de sa maison, notre solution fait directement appel au GPS pour déterminer sa position. Enfin, si les technologies Wi-Fi et GPS ne sont pas disponibles, notre solution se base sur les données archivées pour obtenir des informations sur la localisation.

Voici une architecture de notre solution de suivi et de localisation pour les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, illustrant les différentes situations possibles et les composants clés de notre système (**voir figure 3.1**) :

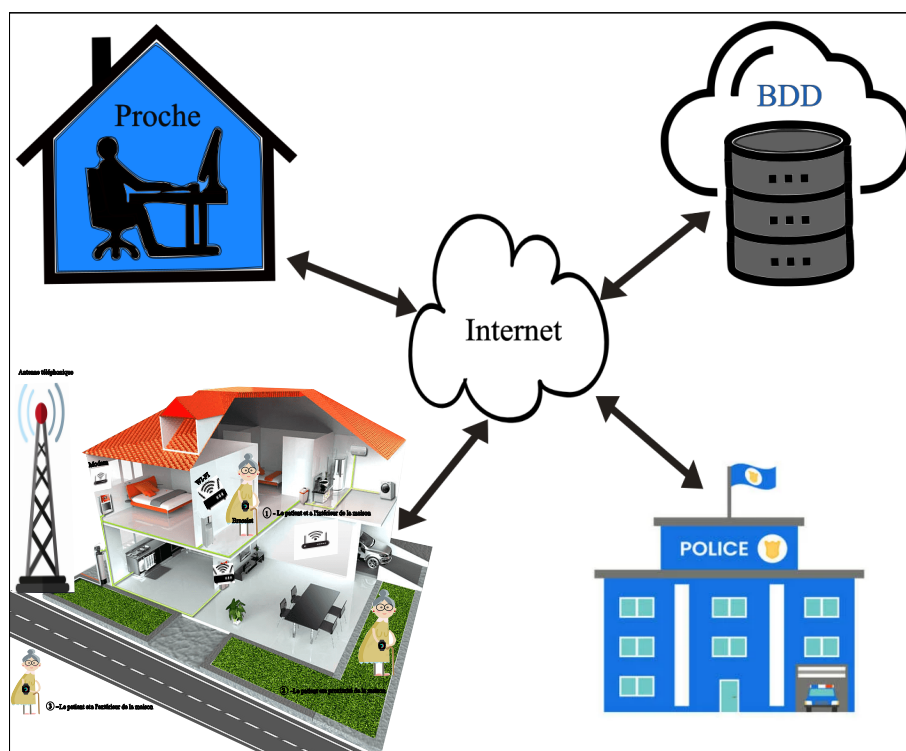


FIG. 3.1 : Architecture générale de la solution proposée.

3.3.1 Organigramme de notre système de localisation des malades d'Alzheimer

L'organigramme ci-dessous décrivant notre solution est divisé en deux parties distinctes (**voir figure 3.2**). La première partie concerne un système de localisation des patients en trois étapes. Dans cette partie, on effectue une vérification pour déterminer si la personne est perdue ou non. Si la personne n'est pas perdue, nous passons vers les

Chapitre 3. Proposition d'une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer

étapes une et deux. Cependant, si elle est perdue, nous passons directement à l'étape trois. Cette première partie utilise aussi une base de données.

La deuxième partie présente un système supplémentaire qui agit comme une extension du premier système. Il est activé en cas de dysfonctionnement du système de localisation initial. Ce deuxième système s'appuie sur des formules mathématiques et des prédictions pour effectuer la localisation des patients.

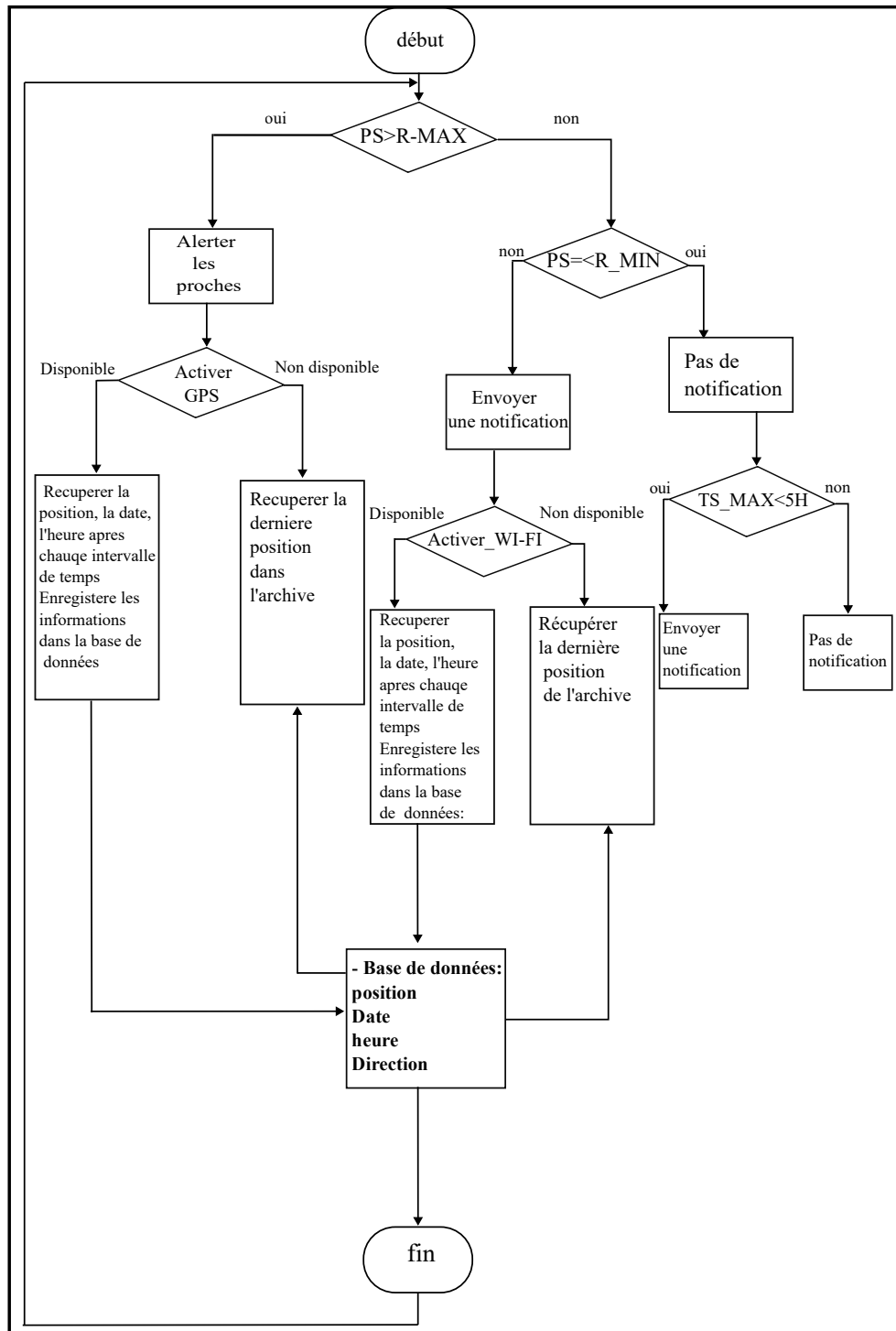


FIG. 3.2 : Organigramme de détection de localisation du patient.

Chapitre 3. Proposition d'une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer

Nous avons utilisé un programme d'écriture pour simplifier notre organigramme et notre algorithme. Le tableau ci-dessous (3.1) illustre les différentes variables utilisées.

Variable	Description	Unité
R-MAX	Seuil maximum que le patient peut atteindre	Mètre
R-MIN	Seuil minimum que le patient peut atteindre	Mètre
TS-MAX	Temps maximum autorisé pour rester immobile	Heure
IT	Intervalle de temps pour actualiser la position	Heure
hdN	Heure de la dernière notification envoyée	Heure
HC	Heure courant	Heure
PS	Position actuelle du patient	(x,y)
D	Direction	(x,y)
h	Heure	hh :mm
d	Date	jj/mm/aa

TAB. 3.1 : Tableau des variables.

a) Première partie :

Dans cette partie, nous décrivons les différentes étapes du système de localisation des patients dans le cas où le système existe déjà :

- **Localisation à l'intérieur de la maison (étape une) :** La première étape de notre solution de localisation se concentre sur la vérification de la position du patient par rapport à une valeur seuil minimale. Si la position actuelle est inférieure à cette valeur seuil minimale, le système ne réagit pas, donc le patient est à l'intérieur de la maison. Afin d'éviter que le patient ne se retrouve dans des situations dangereuses, nous installons des capteurs qui envoient des notifications si le patient reste immobile pendant plus de cinq heures. L'objectif principal de cette première partie de la solution est de garantir la sécurité du patient en s'assurant qu'il ne s'éloigne pas trop de sa position prévue et en prenant des mesures pour éviter les situations dangereuses.

La figure ci-dessous illustre la première étape décrite précédemment pour identifier le patient atteint de la maladie d'Alzheimer à l'intérieur de son domicile.



FIG. 3.3 : Architecture descriptive de localisation à l'intérieur.

- **Détection de localisation à proximité de la maison (étape deux)** Dans cette étape, nous utilisons le Wi-Fi pour récupérer périodiquement la position du patient. Si la position du patient dépasse la valeur seuil minimale. En cas de dépassement, les proches du patient reçoivent une notification indiquant que le patient a quitté la maison mais qu'il se trouve toujours dans la zone de sécurité. Cette notification contient la position actuelle du patient, la date, l'heure et la direction de déplacement. Toutes ces données seront stockées dans une base de données afin de suivre les déplacements du patient.

La figure ci-dessous illustre la deuxième étape décrite précédemment pour identifier le patient atteint de la maladie d'Alzheimer à proximité de leur domicile.

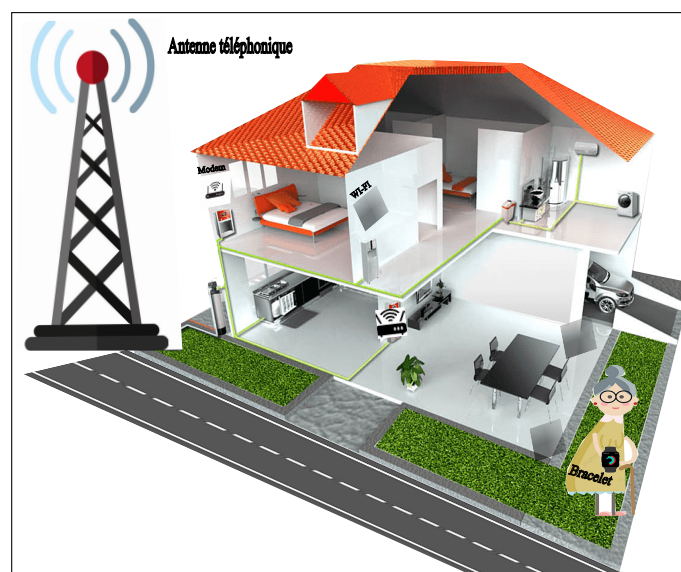


FIG. 3.4 : Architecture descriptive de localisation à proximité.

- **Détection de localisation à l'extérieur de la maison (étape trois) :** La troisième étape de notre solution de localisation implique l'utilisation du GPS pour récupérer régulièrement la position du patient. Lorsque le patient dépasse le seuil maximal prédéfini et se trouve en dehors de la zone de sécurité, donc à l'extérieur de la maison. Le système alerte les proches. Ensuite, le système utilise le GPS à intervalles réguliers pour récupérer la position du patient. Les proches du patient reçoivent une notification contenant des informations telles que la position actuelle du patient, la date, l'heure et la direction. Toutes les données collectées sont enregistrées dans une base de données afin de permettre un suivi complet de tous les déplacements du patient par rapport au seuil maximal défini.

La figure ci-dessous illustre la troisième étape décrite précédemment pour identifier le patient atteint de la maladie d'Alzheimer en dehors de leur domicile.



FIG. 3.5 : Architecture descriptive de localisation à l'extérieure.

b)Deuxième partie : Cette partie concentre sur l'estimation de la position du patient dans le cas de déconnexion. Pour assurer la sécurité du patient, nous utilisons l'historique des positions enregistrées dans la base de données, afin de déterminer la position actuelle où se trouve le patient. Les proches du patient sont alors notifiés de sa position actuelle, comprenant la date, l'heure et les informations de détection. Toutes les informations collectées sont enregistrées dans une base de donnée, ce qui permet de garder un suivi complet de tous les déplacements possibles du patient.

3.3.2 Pseudo-code proposé "lostpat"

Le pseudo-code décrit une fonction appelée "position" qui surveille la localisation d'un patient. La fonction est divisée en deux parties : la première partie concerne le fonctionnement normal du système du suivi, et la deuxième partie dans le cas de déconnexion du système. Si le premier système est fonctionnel, la fonction vérifie : Si la position est inférieure à une valeur minimale. Elle vérifie également si le patient est immobile depuis plus d'une durée maximale prédéfinie. Alors une alerte est déclenchée. Si la position se

situé entre une valeur minimale et une valeur maximale, une alerte est envoyée pour signaler que le patient est à proximité de la maison, et l'heure de la dernière alerte est enregistrée. À chaque itération, la position est enregistrée dans une base de données. Si le premier système ne répond pas, la fonction vérifie si une position archivée existe dans la base de données. Si cette position est récupérée, une notification est envoyée. Sinon, envoyer position inconnue.

Algorithm 1 : Algorithme de détection de la position des patients

Entrée : PS
Sortie : $PS, alerte$

- 1 $R_{MAX} \leftarrow 50$ $R_{MIN} \leftarrow 25$ $TS_{MAX} \leftarrow 5$ $IT \leftarrow 10$ $PS \leftarrow (x, y)$ $D \leftarrow \text{NULL}$
 $dt \leftarrow \text{NULL}$ $h \leftarrow \text{NULL}$ $hdN \leftarrow \text{NULL}$ $HC \leftarrow \text{NULL}$ $Alerte \leftarrow \text{Booléen}$
- 2 **Fonction** *position* (PS) :
- 3 **while** $HC - hdN \geq IT$ **do**
- 4 **if** $PS < R_{MIN}$ **then**
- 5 **if** *patient immobile depuis plus de TS_{MAX}* **then**
- 6 $Alerte \leftarrow \text{true}$
- 7 EnvoyerNotification($PS, dt, h, \text{"A l'intérieur de la maison"}$);
- 8 **end**
- 9 **else**
- 10 $Alerte \leftarrow \text{false}$
- 11 **end**
- 12 **end**
- 13 **else if** $PS > R_{MIN}$ *et* $PS < R_{MAX}$ **then**
- 14 $Alerte \leftarrow \text{true}$
- 15 EnvoyerNotification($PS, dt, h, \text{"A proximité de la maison"}$);
- 16 **end**
- 17 **else**
- 18 $Alerte \leftarrow \text{true}$
- 19 EnvoyerNotification($PS, dt, h, \text{"A l'extérieur de la maison"}$);
- 20 **end**
- 21 EnregistrerPositionDansBaseDeDonnees(PS, dt, h, D)
- 22 **if** $= \text{true}$ **then**
- 23 **if** *archivePositions est vide* **then**
- 24 $PS \leftarrow \text{"Position inconnue"}$
- 25 EnvoyerNotification($\text{"Position inconnue"}$)
- 26 **end**
- 27 **else**
- 28 $PS \leftarrow \text{archivePositions.dernièrePosition}()$
- 29 EnvoyerNotification($PS, dt, h, \text{"D"}$);
- 30 **end**
- 31 **end**
- 32 $hdN \leftarrow HC$
- 33 **end**

3.4 Méthode géométrique de géolocalisation des malades d'Alzheimer

Nous avons utilisé la méthode de la trilatération dans notre solution pour localiser le patient, dans le cas d'utilisation du Wi-Fi. Cette méthode consiste à utiliser trois points de références (réellement sont des points d'accès Wi-Fi), appelés p1, p2 et p3, dont leurs coordonnées sont connues. En calculant la distance entre les points d'accès et le patient en utilisant la formule suivante pour calculer la distance à partir du RSSI mesuré :

$$\text{distance} = 10^{\frac{A - \text{RSSI}}{10 \cdot n}} \quad (3.1)$$

RSSI : Puissance du signal reçu.

A : puissance du signal à une distance de référence.

n : Facteur d'atténuation qui dépend des caractéristiques du milieu de propagation.

À l'aide des signaux reçus, nous utilisons les coordonnées des points d'accès et les distances calculées pour résoudre les équations suivantes :

$$d_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (3.2)$$

$$d_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \quad (3.3)$$

$$d_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \quad (3.4)$$

Ainsi, nous obtenons les valeurs de x et y, qui représentent les points d'intersection des trois zones Wi-Fi (sont représentées par les cercles) dans 3.6. Voici une figure qui illustre la méthode utilisée.

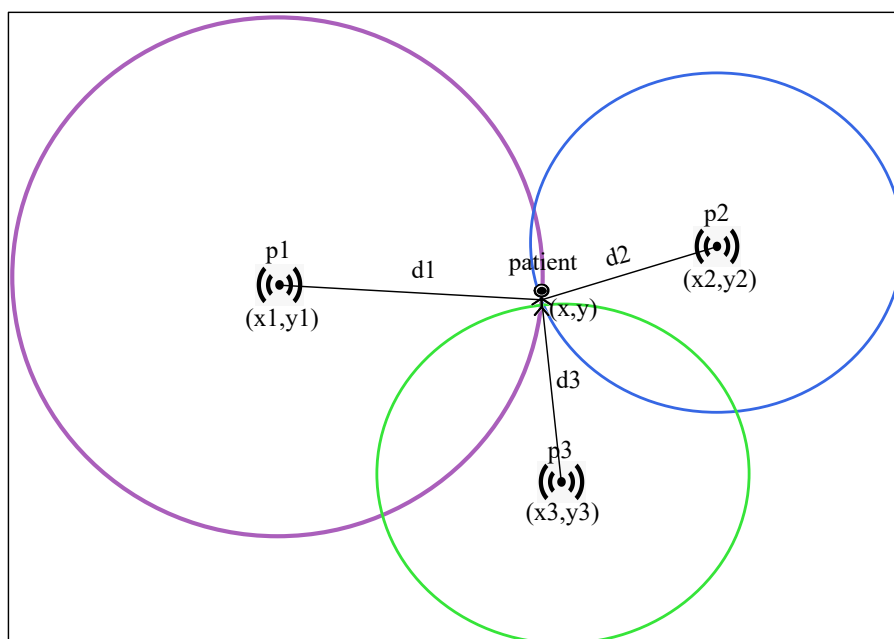


FIG. 3.6 : Graphe représentant la trilatération.

3.5 Modèle analytique d'estimation de la position d'un malade d'Alzheimer

Dans ce modèle, nous utilisons la méthode précédente basée sur trois équations pour trouver la position du patient :

$$d_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (3.5)$$

$$d_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \quad (3.6)$$

$$d_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \quad (3.7)$$

On simplifiant ces équations, nous obtenons :

$$d_1^2 = x^2 + x_1^2 - 2xx_1 + y^2 + y_1^2 - 2yy_1 \quad (3.8)$$

$$d_2^2 = x^2 + x_2^2 - 2xx_2 + y^2 + y_2^2 - 2yy_2 \quad (3.9)$$

$$d_3^2 = x^2 + x_3^2 - 2xx_3 + y^2 + y_3^2 - 2yy_3 \quad (3.10)$$

On soustrayant ces équations, nous simplifions davantage :

$$d_1^2 - d_2^2 = x_1^2 - x_2^2 - 2xx_1 + 2xx_2 + y_1^2 - y_2^2 - 2yy_1 + 2yy_2 \quad (3.11)$$

$$d_1^2 - d_3^2 = x_1^2 - x_3^2 - 2xx_1 + 2xx_3 + y_1^2 - y_3^2 - 2yy_1 + 2yy_3 \quad (3.12)$$

En traitant ces équations mathématiquement, nous obtenons les formules pour calculer les valeurs de x et y , ce qui nous permet de déterminer la position (x, y) du patient.

3.6 Modélisation probabiliste de prédiction d' emplacement d'un malade d'Alzheimer basé sur les chaînes de Markov

3.6.1 Collecte des données

Dans notre solution, nous utilisons le GPS et le Wi-Fi comme sources principales de données d'archives de localisation des patients. En combinant ces deux sources de données, le système va collecter et d'archiver les informations de la localisation des patients. Ce qui permet d'avoir une trace de leurs déplacements passés et d'accéder à ces données lorsque les mises à jour en temps réel ne sont pas disponibles. Ainsi, nous pouvons fournir un suivi complet et fiable de la localisation des patients, en utilisant la position actuelle du patient pour déterminer la probabilité de la position prochaine estimée.

Nous avons représentés ces données archivées dans le tableau 3.2

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Z1	0	1/3	2/3	0	0
Z2	1/3	1/3	1/3	0	0
Z3	2/3	0	0	1/3	0
Z4	0	1/3	0	0	2/3
Z5	0	0	0	1/3	2/3

TAB. 3.2 : Tableau des positions archivées.

3.6.2 Principe de localisation selon le modèle Markovien

Dans cette partie nous considérons chaque zone comme position possible que le patient peut atteindre, pour trouver cette position nous prenons en considération la dernière position archivée.

Pour trouver la position actuelle du patient nous utilisons un modèle Markovien.

- **Modèle Markovien** : Ce modèle définit des probabilités différentes des mouvements des patients d'une zone à une autre. Le calcul de ces probabilités individuelles dépend de l'historique de ses mouvements. Il suppose que le patient peut aller a plus d'une direction selon des probabilités différentes.
- **Choix des états et de l'ordre de Markov** : Dans notre solution, nous utilisons une approche basée sur un court terme en utilisant un modèle de Markov d'ordre bas. Cette approche se base sur les transitions récentes entre les zones de localisation des patients. Elle nous permet de prendre en compte les déplacements les plus récents et de réagir aux changements de localisation. En se limitant à un ordre de Markov bas, nous nous concentrons sur les transitions entre les états actuels et les états précédents. Cela nous permet de fournir des prédictions plus réactives et adaptées à la situation actuelle des patients atteints de la maladie d'Alzheimer.
- **Construction du modèle de Markov** : Dans notre approche de modélisation de la localisation des patients atteints de la maladie d'Alzheimer, nous avons choisi de discrétiser l'espace en six zones possibles que le patient peut atteindre. En utilisant ce modèle, nous serons capable d'analyser les transitions entre les différentes localisations et d'intervenir rapidement en cas de besoin. Cela renforce la sécurité et le bien-être du patient, tout en améliorant l'efficacité de notre système de surveillance.

Voici la représentation de la chaîne de Markov :

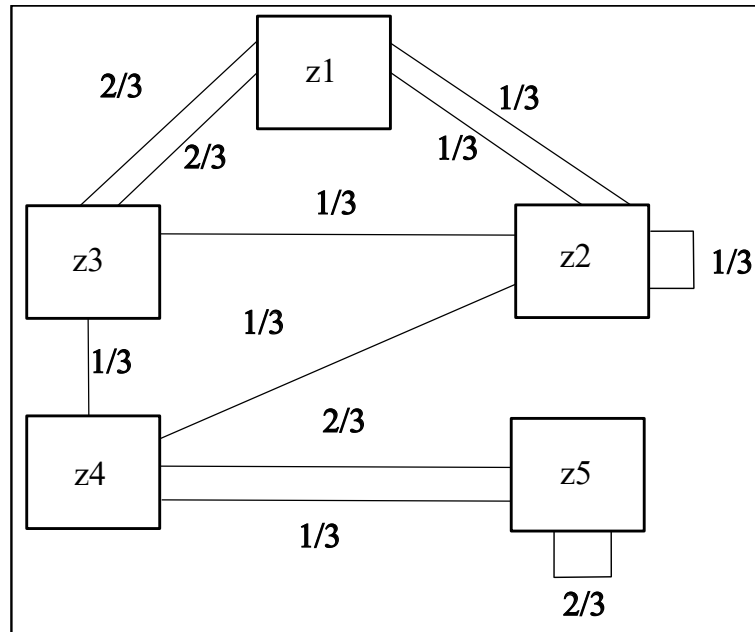


FIG. 3.7 : Construction du modèle de Markov.

- Modélisation mathématique :** La modélisation mathématique est une étape importante dans la construction des modèles de Markov pour la localisation des patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Elle permet de créer des équations et de méthodes mathématiques qui représentent les probabilités des transitions, permettent l'estimation des paramètres et la prédiction des déplacements futurs, pour construire la matrice de transition.

Voici la matrice de transitions d'après les probabilités de déplacement du patient.

$$\begin{pmatrix}
 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & 0 & 0 \\
 \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\
 \frac{2}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 \\
 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \frac{2}{3} \\
 0 & 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3}
 \end{pmatrix}$$

Pour déterminer la position actuelle possible du patient à l'instant $\mathbf{t+d}$, nous utilisons la dernière position enregistrée dans l'archive à l'instant \mathbf{t} et nous estimons sa position actuelle en fonction de la durée depuis laquelle nous l'avons perdu (\mathbf{d}). Nous calculons la position la plus probable que le patient puisse atteindre depuis sa dernière position connue, en prenant en compte les transitions possibles.

3.6.3 Pseudo-code proposé "Algorithme d'estimation de la position des patients"

Le pseudo code décrit un système qui utilise une matrice de transition Markovien pour calculer la probabilité maximale de la ligne, qui représente la position actuelle du patient. Le système calcule la probabilité selon le nombre d'heure de perte. Le code indique dans

Chapitre 3. Proposition d'une solution de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer

un message où le patient se trouve actuellement, combien de temps s'est écoulé depuis sa perte, et quelle est la probabilité associée à cette position.

Algorithm 2 : Algorithme d'estimation de la position des patients

Entrée : Dernière position visitée par le patient (*last_position*),

Sortie : la position, la probabilité ,le temps de perte du patient

```
1 Déclarer une matrice z de taille 5×5
2 Affecter les valeurs spécifiques à la matrice z selon les informations données
3 Lire (last_position)
4 Trouver max_value dans last_position dans la matrice z ;
5 Lire (d)
6 Affecter max_position et result_value à None
7 if d est égal à 1 then
8   Trouver l'index de la valeur maximale dans la ligne correspondant à
   last_position dans la matrice z et l'affecter à max_position
9   Affecter la valeur maximale à result_value
10 else if d est supérieur ou égal à 2 then
11   Affecter last_position à max_position
12   max_value = result_value
13   for i de 2 à d do
14     if max_position est inférieur à 5 then
15       Affecter la ligne suivante dans la matrice z à next_line
16       Trouver la valeur maximale dans next_line et l'affecter à max_value
17       Trouver l'index de max_value dans next_line et l'affecter à max_index
18       Ajouter max_index à max_position
19       Multiplier result_value par max_value
20       if max_position est supérieur à 5 then
21         Affecter 5 à max_position
22 if d est supérieur à 3 then
23   Affecter None à max_position
24   Affecter None à result_value
25   Affecter le message "Le système ne fournit plus de probabilités valides." à la
   variable message
26 else
27   Construire le message "Le patient se trouve dans la position (max_position- 1)
   depuis d heure(s) avec une probabilité de result_value"
28 Afficher la position
```

3.7 Conclusion

Notre solution de localisation pour les patients atteints de la maladie d'Alzheimer utilise un système qui collecte des données en temps réel sur leur position grâce au Wi-Fi et au GPS. En cas de perte de connexion, l'historique des positions enregistrées dans une base de données est utilisé pour déterminer leur position actuelle. Les proches sont alertés si les limites de sécurité sont dépassées pour garantir la sécurité du patient en tout temps. Cette solution fiable et sécurisée permet de surveiller la position des patients atteints de la maladie d'Alzheimer, améliorant ainsi leur qualité de vie et leur sécurité.

Chapitre 4

Prototype de suivi et de localisation des malades d'Alzheimer

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'architecture que nous avons utilisée pour développer notre prototype, en commençant par une description des différents équipements et logiciels environnementaux utilisés. Nous décrirons ensuite les étapes de notre démarche de travail, notamment la préparation de l'environnement de programmation, ainsi que les autres parties concernant la récupération de la position.

4.2 Matériel utilisé

Nous avons choisi le matériel approprié et disponible pour notre prototype, qui est un système embarqué basé sur plusieurs cartes électroniques programmables. Notre objectif est de programmer ces cartes de manière à les rendre optimales pour détecter la localisation des patients atteints de la maladie d'Alzheimer.

4.2.1 Carte ESP32

L'ESP32 est une carte électronique pour les projet l'Internet des objets (IoT) et les applications embarquées. Il dispose d'une connectivité sans fil Wi-Fi et Bluetooth, ce qui lui permet de se connecter à des réseaux Wi-Fi et de communiquer avec d'autres appareils (voir figure 4.1). L'ESP32 possède deux cœurs de traitement puissants qui fonctionnent à une fréquence élevée, ce qui lui confère une excellente capacité de traitement. Il est équipé d'une mémoire vive de 520 Ko et d'une mémoire flash de 64 Mo. L'ESP32 peut être alimenté avec une tension allant de 2,2 V à 3,6 V et consomme en moyenne 80 mA. Il est capable de fonctionner dans une large plage de températures, allant de -40°C à 125°C [22].

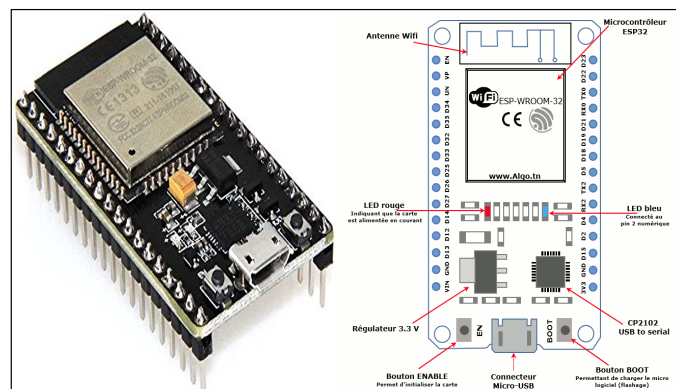


FIG. 4.1 : Carte ESP32.

4.2.2 Équipement de connexion

Les câbles USB sont essentiels pour relier facilement les cartes programmables à l'ordinateur via le port USB. Différents types de câbles existent en fonction du matériel utilisé,

comme le câble USB 2.0 de type A/B. Ce câble est utilisé pour connecter des cartes telles que l'Arduino UNO, ESP32 ou toute autre carte avec un port USB de type A femelle. En général, la longueur du câble est d'environ 178 cm [22].



FIG. 4.2 : Équipement de connexion [27].

4.3 Environnements logiciels

4.3.1 IDE Arduino

Nous avons utilisé le logiciel IDE Arduino pour programmer le code d'estimation de la position du patient (voir figure 4.3) dans le cas de disponibilité de connexion Wi-Fi.

Arduino est un environnement de développement gratuit et open source, disponible en téléchargement sur le site officiel d'Arduino. Il fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows, Linux et Mac. L'IDE Arduino est livrée avec un éditeur de texte intégré qui facilite la programmation de la carte ESP32.

Grâce à cet éditeur de texte, nous avons pu écrire notre programme en utilisant un langage simple, proche du langage C. Ensuite, nous avons utilisé l'IDE pour compiler le programme et le transformer en langage "machine" compréhensible par l'Arduino. Une fois le programme compilé, nous l'avons transféré dans la mémoire de l'Arduino, ce qui lui a permis de l'exécuter.

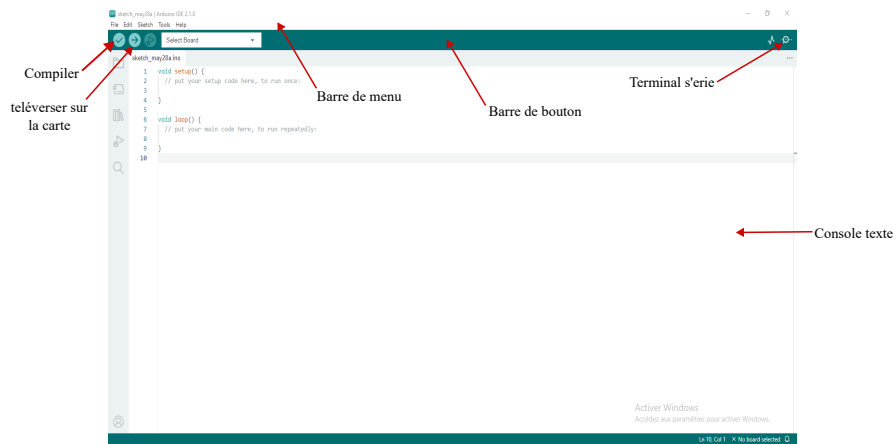


FIG. 4.3 : Fenêtre principale de l'IDE Arduino.

4.3.2 PyCharm

Nous avons utilisé le logiciel PyCharm pour programmer en python le code d'estimation de la position du patient dans le cas d'absence de connexion Wi-Fi.

PyCharm est un logiciel de développement intégré (IDE) conçu spécialement pour les développeurs Python (**voir figure 4.4**). Son éditeur de code propose des suggestions contextuelles, des corrections automatiques des erreurs, une intégration parfaite des outils de gestion de versions tels que Git, permettant ainsi une collaboration d'équipe et aussi des fonctionnalités de débogage puissantes.

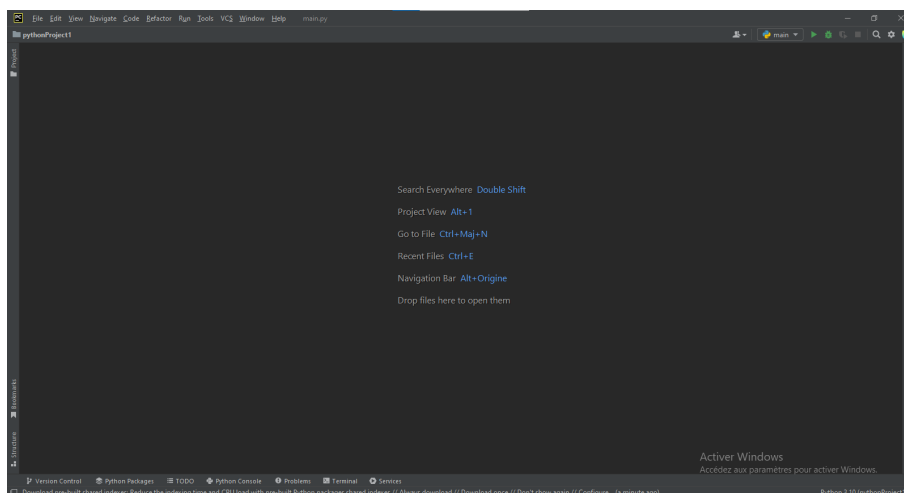


FIG. 4.4 : Fenêtre principale de PyCharm.

4.4 Étude de la démarche du travail

Dans cette section nous avons défini les étapes essentielles pour la détection de la position du patient, dans le cas d'utilisation du Wi-Fi et d'absence de connexion.

4.4.1 Dans le cas d'utilisation du Wi-Fi

Dans cette partie, les étapes que nous avons suivi pour obtenir la position du patient, dans le cas de disponibilité du Wi-Fi.

4.4.1.1 Préparation de l'environnement pour la programmation

Sur la barre de menu, on clique sur le menu **"Fichier"**, puis on sélectionne **"Préférences"** et dans l'espace URL, on ajoute l'URL suivant (voir figure 4.5) :

https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json

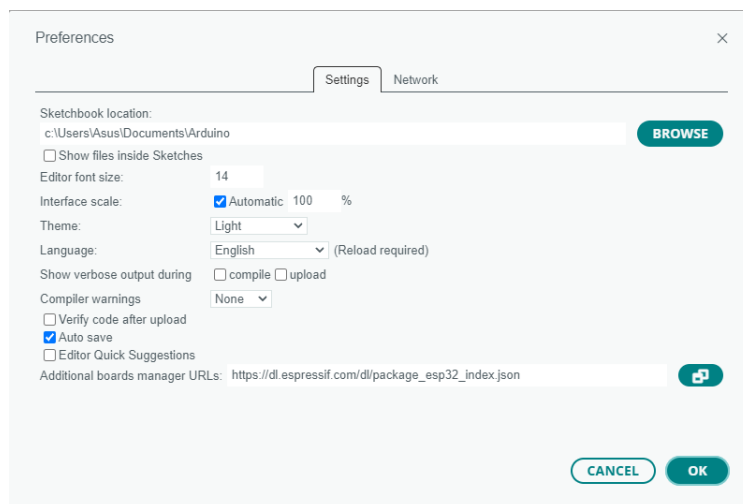


FIG. 4.5 : Panneau des préférences.

On se rend dans le menu **"Outils"** (Tools), puis on sélectionne **"Type de carte"** (Board) et on choisit **"Gestionnaire de cartes"** (Board Manager). Dans le gestionnaire de cartes, on saisit **"ESP32"** dans la barre de recherche (voir figure 4.6). On sélectionne **"ESP32"** dans les résultats de recherche et on clique sur le bouton **"Installer"** (Install). On attend que l'installation soit terminée, on ferme le gestionnaire de cartes.

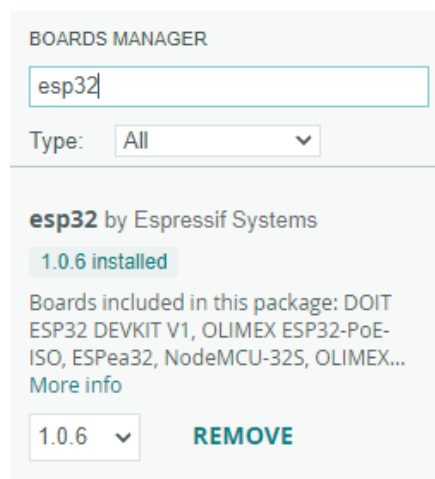


FIG. 4.6 : Installation de les bibliothèques ESP32.

Ensuite, on retourne dans le menu "Outils" (Tools), puis on sélectionne "Type de carte" (Board) et on choisit "ESP32" dans la liste des cartes disponibles. On sélectionne également le port correspondant à la carte ESP32 (voir figure 4.7). Maintenant, nous sommes prêts à programmer la carte ESP32 avec l'IDE Arduino.

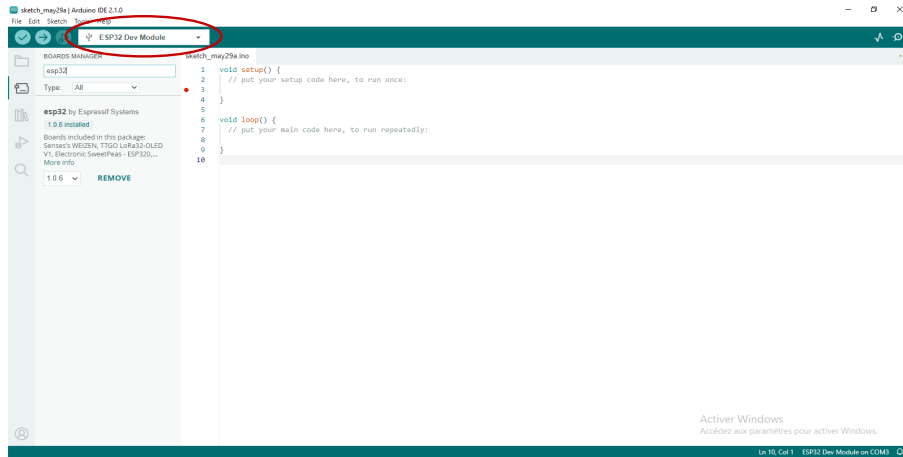


FIG. 4.7 : Fenêtre finale.

4.4.1.2 Récupération du signal RSSI

Pour récupérer les valeurs du RSSI nous avons utilisé les fonctions :

- **WiFi.scanNetworks()** : Cette fonction effectue un Scan des réseaux Wi-Fi disponibles et renvoie le nombre de réseaux détectés. Le résultat obtenu sera affecté à la variable `network Count`.

Vérification du nombre de réseaux détectés : Si **network Count=0**, le code affiche alors "Le patient a quitté la zone de sécurité" si non "Le patient est dans la zone de sécurité" et affiche les informations de chaque réseau détecté (SSID et RSSI) à l'aide d'une boucle `for`.

- **WiFi.SSID(i)** : Utilisée pour récupérer le SSID du réseau Wi-Fi (nom du réseau).
WiFi.RSSI(i) : Sont utilisées pour obtenir le RSSI (la force du signal reçu) de chaque réseau détecté.

Ces informations seront affichées dans le serial monitor (voir 4.8).

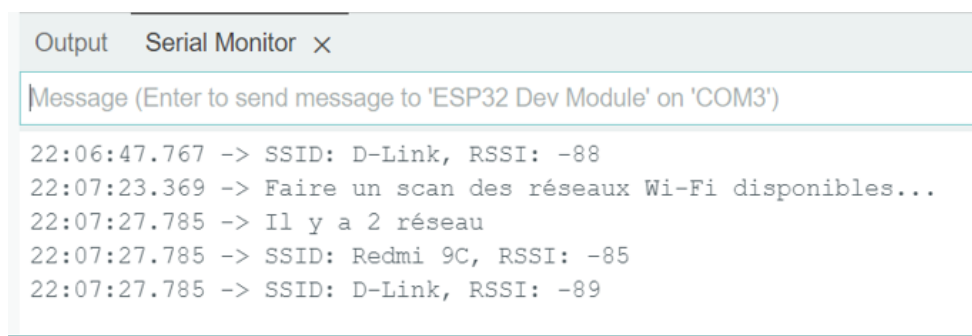
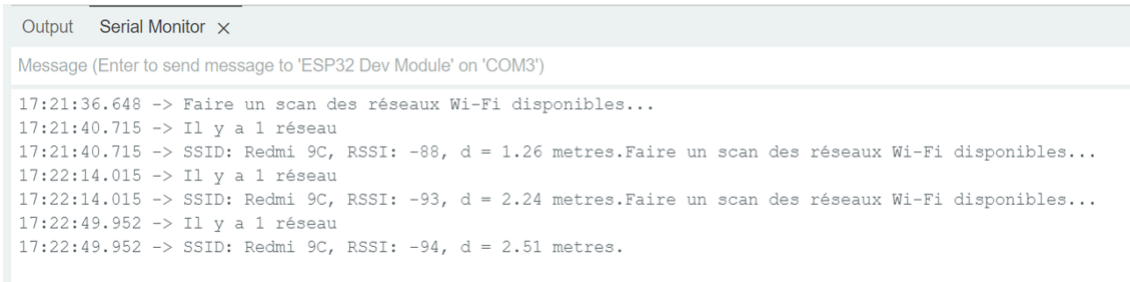


FIG. 4.8 : Récupération des valeurs du RSSI.

4.4.1.3 Distance estimée à partir du RSSI

En utilisant la formule de la distance citée dans chapitre 3, nous avons obtenu les distances entre un point d'accès et le patient, en utilisant différentes valeurs du RSSI récupéré. La distance est mesurée en mètre(m) (voir figure 4.9).



```
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM3')
17:21:36.648 -> Faire un scan des réseaux Wi-Fi disponibles...
17:21:40.715 -> Il y a 1 réseau
17:21:40.715 -> SSID: Redmi 9C, RSSI: -88, d = 1.26 metres.Faire un scan des réseaux Wi-Fi disponibles...
17:22:14.015 -> Il y a 1 réseau
17:22:14.015 -> SSID: Redmi 9C, RSSI: -93, d = 2.24 metres.Faire un scan des réseaux Wi-Fi disponibles...
17:22:49.952 -> Il y a 1 réseau
17:22:49.952 -> SSID: Redmi 9C, RSSI: -94, d = 2.51 metres.
```

FIG. 4.9 : Résultat de calcul de la distance.

4.4.1.4 Estimation de la position

Nous avons fixé les coordonnées des trois points d'accès utiliser pour calculer les coordonnées et aussi fixer la valeur de la variable "A" (voir figure 4.10).

```
for (int i = 0; i < networkCount; i++) {
  int rssi = WiFi.RSSI(i);
  String ssid = WiFi.SSID(i);

  // Vérifier le SSID
  if (ssid.equals("Redmi 9C")) {
    A = -84;
    x1 = 20;
    y1 = 20;
  } else if (ssid.equals("D-Link")) {
    A = -67;
    x2 = 150.5;
    y2 = 380;
  } else if (ssid.equals("Xiaomi")) {
    A = -89;
    x3 = 480;
    y3 = 20;
  }
}
```

FIG. 4.10 : Coordonnées des points d'accès.

En utilisant ces informations et appliquant la méthode de trilatération, nous avons obtenu la position du patient. Le résultat est montré dans les figures si dessous. Le résultat s'actualise chaque minute.

- Première minute :

```
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM3')
20:39:04.727 -> Scan des Wi-Fis disponibles...
20:40:04.477 -> Exécution du code...
20:40:08.991 -> Disponible(s) 3 réseau(x) Wi-Fi
20:40:08.992 -> SSID: Redmi 9C, RSSI: -85 dB, d = 1.06 m.
20:40:08.993 -> SSID: D-Link, RSSI: -88 dB, d = 3.35 m.
20:40:09.030 -> SSID: Xiaomi, RSSI: -92 dB, d = 1.19 m.
20:40:09.030 -> Le patient est dans la zone de sécurité.
20:40:09.030 -> Le patient se trouve dans la position: (36.97, 13.33).
```

FIG. 4.11 : Calcul de la première position du patient.

- Deuxième minute :

```
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM3')
20:41:09.007 -> Exécution du code...
20:41:13.545 -> Disponible(s) 3 réseau(x) Wi-Fi
20:41:13.545 -> SSID: Redmi 9C, RSSI: -82 dB, d = 0.89 m.
20:41:13.545 -> SSID: D-Link, RSSI: -88 dB, d = 3.35 m.
20:41:13.545 -> SSID: Xiaomi, RSSI: -93 dB, d = 1.26 m.
20:41:13.545 -> Le patient est dans la zone de sécurité.
20:41:13.545 -> Le patient se trouve dans la position: (36.97, 13.33).
```

FIG. 4.12 : Calcul de la deuxième position du patient.

- Troisième minute :

```
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM3')
20:42:13.544 -> Exécution du code...
20:42:18.056 -> Disponible(s) 3 réseau(x) Wi-Fi
20:42:18.056 -> SSID: Redmi 9C, RSSI: -83 dB, d = 0.94 m.
20:42:18.056 -> SSID: D-Link, RSSI: -89 dB, d = 3.55 m.
20:42:18.056 -> SSID: Xiaomi, RSSI: -93 dB, d = 1.26 m.
20:42:18.056 -> Le patient est dans la zone de sécurité.
20:42:18.056 -> Le patient se trouve dans la position: (36.99, 13.32).
```

FIG. 4.13 : Calcul de la troisième position du patient.

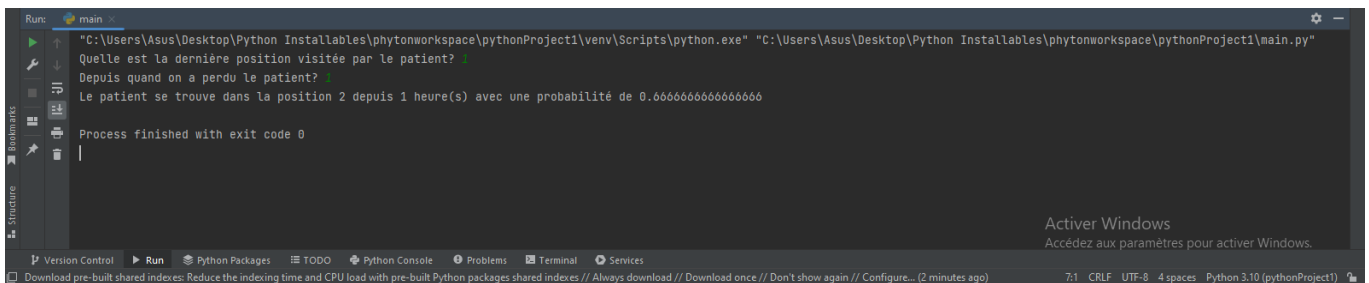
4.4.2 Dans le cas d'absence du Wi-Fi

Dans cette partie, les étapes que nous avons suivi pour obtenir la position du patient, dans le cas d'absence du Wi-Fi.

4.4.2.1 Estimation de la position

Dans cette partie nous avons effectué un test sur la solution proposée. Nous avons construit une matrice de taille 5*5 au lieu de la base de donnée, et calculer la prochaine position possible du patient d'après la dernière position récupérée (dans notre cas la dernière position sera introduite par l'utilisateur), et le nombre de transitions (durée depuis laquelle nous avons perdu notre patient). Supposons que la dernière dans laquelle nous avons perdu notre patient est P1.

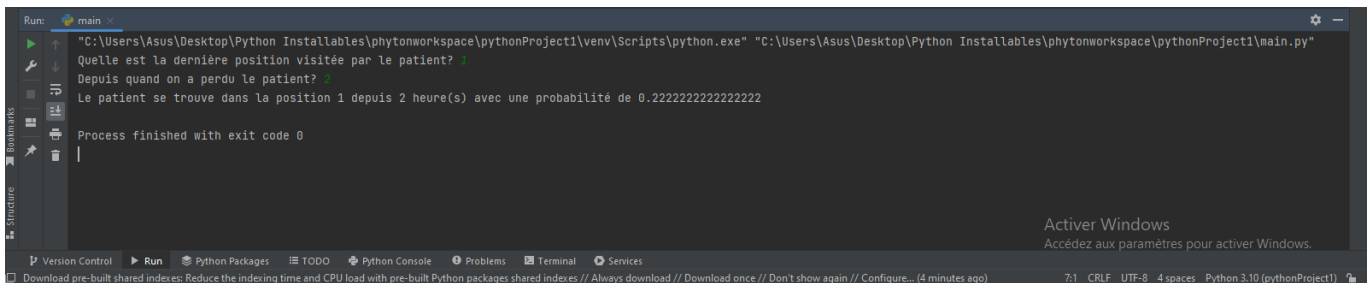
Dans la figure 4.14 nous avons perdu notre patient depuis une heure de temps. Nous avons une seule transition.



```
Run: main
"C:\Users\Asus\Desktop\Python Installables\pythonworkspace\pythonProject1\venv\Scripts\python.exe" "C:\Users\Asus\Desktop\Python Installables\pythonworkspace\pythonProject1\main.py"
Quelle est la dernière position visitée par le patient?
Depuis quand on a perdu le patient?
Le patient se trouve dans la position 2 depuis 1 heure(s) avec une probabilité de 0.6666666666666666
Process finished with exit code 0
```

FIG. 4.14 : Estimation de la première position du patient.

Dans la figure 4.15 nous avons perdu notre patient depuis deux heures de temps. Nous avons deux transitions.



```
Run: main
"C:\Users\Asus\Desktop\Python Installables\pythonworkspace\pythonProject1\venv\Scripts\python.exe" "C:\Users\Asus\Desktop\Python Installables\pythonworkspace\pythonProject1\main.py"
Quelle est la dernière position visitée par le patient?
Depuis quand on a perdu le patient?
Le patient se trouve dans la position 1 depuis 2 heure(s) avec une probabilité de 0.2222222222222222
Process finished with exit code 0
```

FIG. 4.15 : Estimation de la deuxième position du patient.

Dans la figure 4.16 nous avons perdu notre patient depuis trois heures de temps. Nous avons trois transitions.



```
Run: main
"C:\Users\Asus\Desktop\Python Installables\pythonworkspace\pythonProject1\venv\Scripts\python.exe" "C:\Users\Asus\Desktop\Python Installables\pythonworkspace\pythonProject1\main.py"
Quelle est la dernière position visitée par le patient?
Depuis quand on a perdu le patient?
Le patient se trouve dans la position 2 depuis 3 heure(s) avec une probabilité de 0.14814814814814814
Process finished with exit code 0
```

FIG. 4.16 : Estimation de la troisième position du patient.

4.5 Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté notre système en détaillant les différents matériels utilisés dans le projet. Dans la deuxième partie, nous avons présenté les environnements logiciels utilisés, notamment l'utilisation d'Arduino IDE pour le développement de l'interface utilisateur. Enfin, dans la dernière partie de notre projet, nous avons réalisé l'implémentation du prototype en expliquant les différentes étapes nécessaires pour récupérer la position d'un patient atteint de la maladie d'Alzheimer.

Conclusion et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Les malades d'Alzheimer représentent une population croissante et vulnérable. Cette maladie neurodégénérative chronique, qui affecte principalement les personnes âgées, se caractérise par la perte de la mémoire, des fonctions cognitives et de l'autonomie, ce qui représente des défis pour les patients, leurs familles et les professionnels de la santé

Dans ce mémoire, nous avons développé un système de suivi des malades d'Alzheimer en utilisant les réseaux de capteurs et une des technologie de suivi de localisation, avec pour objectif d'améliorer la qualité de vie des patients et de faciliter leur prise en charge médicale. Nous avons touché l'importance des avancées technologiques comme l'internet des objets, l'intelligence artificielle et la collecte de données massives dans la mise en place d'un tel système.

L'objectif de la réalisation de ce prototype est d'aider les proches d'être informés par la situation des patients, s'il est dans la zone de sécurité où il l'a quitté pour qu'ils puissent le suivre, et être à jour de son état.

En utilisant la solution qu'on a proposé, on consomme moins de batterie par rapport aux autres technologies comme l'utilisation de la technologie GPS et d'autres technologies.

Ce projet a fait l'objet d'une expérience intéressante. Il a constitué une occasion de nous intégrer dans le domaine professionnel d'actualité. L'expérience acquise durant ce travail est précieuse pour notre avenir professionnel.

Perspectives

Nous envisageons a moyen terme, de compléter notre travail sur ce projet et :

- Travailler sur la partie qui utilise la technologie du GPS pour suivre le patient quand il sort de la zone de sécurité.
- Développer une application destinée au patient et aussi aux proches pour faciliter le suivi des malades, qui dispose de plusieurs technologies, qui permet de créer des messages d'alerte dans le cas de perte du patient.
- Stocker les positions récupérées dans une base de donnée pour les archiver.

Bibliographie

- [1] S. ALJEHANI, S. ALOUFI et R. ABDULRAHMAN. “iCare : applying IoT technology for monitoring Alzheimer’s patients”. In : 2018.
- [2] S. ASAAD et H. MAGHDID. “A comprehensive review of indoor/outdoor localization solutions in iot era : Research challenges and future perspectives”. In : *journal homepage : www.elsevier.com/locate/comnet* (2022).
- [3] M. BABIUCH, P. FOLTYNEK et P. SMUTNY. “Using the ESP32 microcontroller for data processing”. In : 2019.
- [4] A. BELABDELLI et M. OUKAZ. *Dimensionnement d’un réseau sans fil wifi*. Mémoire d’Ingéniorat, ASJP, Architecture. 2012.
- [5] M. BOUSHABA. “Localisation des noeuds dans les réseaux de capteurs sans fil”. In : (2007).
- [6] Y. BOUTANA, N. BOUGHABA et A. BOUFERSADA. “Étude des méthodes d’optimisation de la capacité des réseaux de télécommunication”. Mémoire master. Université de Jijel, 2020.
- [7] NG. CHANDER et DV. REDDY. “Denture tracker for edentulous Alzheimer’s patients”. In : *The Journal of Indian Prosthodontic Society* (2023).
- [8] Y. CHARLON, W. BOURENNANE et E. CAMPO. “Activity monitoring system for elderly in a context of smart home”. In : *Irbm* (2013).
- [12] O. ESFAHANI et A. MOSHAYEDI. “Design and development of Arduino healthcare tracker system for Alzheimer patients”. In : *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* (2015).
- [13] Ç KANDEMIR, T TAŞKIN et BA TEKIN. “Performance evaluation of leg and ear numbers in radio frequency identification systems (RFID) in sensitive livestock products in goat breeding”. In : *Ciência Rural* (2022).
- [14] k. KUEVIAKOE. “Localisation multi-capteurs garantie : résolution d’un problème de satisfaction de contraintes”. Thèse de doctorat. Université Paris Sud-Paris XI, 2014.
- [17] Z. MUNADHIL, S. GHARGHAN et J. CHAHL. “Neural network-based Alzheimer’s patient localization for wireless sensor network in an indoor environment”. In : *IEEE Access* (2020).
- [18] B. OUIZA et L. NASIMA. “Conception et réalisation d’un système de surveillance (température et mouvement) d’une chambre de malade/nourrisson.” mémoire master académique. Universit2 Mouloud Mammeri, 2017.

- [19] R. PONTHEU. “Les fourmis et les machines : interface systèmes vivants et systèmes artificiels”. Thèse de doctorat. Université Sorbonne Paris Cité, 2018.
- [20] M. douaa et R. GHERBI. “automatisation des taches domotiques d’une maison a l’aide d’une carte arduino et labview”. Mémoire master. Université mohamed boudiaf-m’sila, 2019.
- [21] S. RABHI. “Optimisation des algorithmes de localisation dans les réseaux de capteurs sans fil”. Thèse de doctorat. Université de Setif, 2021.
- [22] D. RACHA, G. SANA et A. MERAZGA. “Conception et réalisation d’un surveillance médicale basé IoT”. In : (2021).
- [24] S. SARANYA et P. JESUJAYARIN. “An efficient tracking device for alzheimer patient using miwi”. In : *International Research Journal of Engineering and Technology* (2017).
- [25] D. SEHRAWAT et N. GILL. “Smart sensors : Analysis of different types of IoT sensors”. In : (2019).
- [26] SR. SHREE, R .SHIVAKUMAR et HS. KUMAR. “Design of embedded system for tracking and locating the patient suffering from Alzheimer’s disease”. In : 2014.
- [28] F. SPOSARO, J. DANIELSON et G. TYSON. “iWander : An Android application for dementia patients”. In : 2010.
- [32] Y.MIRAR et BK.DJETTOU. *Étude des réseaux adhoc par la theorie des jeux*. Mémoire de Master, Génie Électrique. 2019.

Webographie

- [9] *Comment l'intelligence artificielle améliore la 5G ?* fr. URL : <https://fr.ripleybelieves.com> (visité le 25/06/2023).
- [10] *Emplacement absolue.* fr. URL : <https://fr.ripleybelieves.com> (visité le 15/02/2023).
- [11] *Emplacement géographique.* fr. URL : <https://fr.ripleybelieves.com> (visité le 25/06/2023).
- [15] *localisation par GPS.* fr. URL : <https://fr.organilog.com/454-fonctionnement-geolocalisation-mobile/> (visité le 12/04/2023).
- [16] *localisation par RFID.* fr. URL : <https://www.myrfidsolution.com/> (visité le 12/04/2023).
- [23] *reseau ad hoc.* fr. URL : <https://fr.ripleybelieves.com> (visité le 15/03/2023).
- [27] SPECTRA. *Spectra 2138-3AB-5MN 3 mtr USB-A Male to 5-Pin Mini USB-B Male Cable 2.0.* <https://spectra.in/spectra-2138-3ab-5mn-3-mtr-usb-a-male-to-5-pin-mini-usb-b-male-cable-2-0>.
- [29] *Statistiques des personnes atteints d'Alzheimer.* fr. URL : <https://alzheimer-recherche.org/la-maladie-alzheimer/quest-maladie-dalzheimer/definition-et-chiffres> (visité le 05/05/2023).
- [30] *Technologie de localisation.* fr. URL : <https://fr.capterra.ca/glossary/872/location-aware-technology> (visité le 20/03/2023).
- [31] *Wi-Fi Location Tracking : How Does It Work ?* fr. URL : <https://vpnoverview.com/privacy/devices/wi-fi-location-tracking/> (visité le 12/02/2023).

Résumé

La localisation des cibles (objets et personnes) est un domaine d'actualité, qui attire beaucoup de chercheurs et d'entreprises pour offrir des services de sécurité, de suivi et de contrôle. Les systèmes de géolocalisation s'appliquent dans plusieurs domaines (médical, militaire, social...). Les malades d'Alzheimer souffrent du problème de perte de mémoire et peuvent se perdre facilement quand ils sortent de leurs domiciles. C'est pourquoi plusieurs solutions ont été proposées pour garantir un service de suivi et de géolocalisation de cette tranche de population.

Dans le cadre de notre projet de fin de cycle, nous allons proposer un système embarqué de localisation des malades d'Alzheimer en utilisant une méthode géométrique basée sur le Received Signal Strength Indicator (RSSI) de trois antennes Wi-Fi. En cas d'indisponibilité du réseau Wi-Fi, nous avons proposé un modèle basé sur les chaînes de Markov pour prédire la position du patient selon les précédentes régions fréquentées par le patient et qui sont enregistrées dans une base de données.

Les résultats obtenus par notre système permettent la géolocalisation des patients à côté de la maison et la prédiction de la région où si possible qu'ils se trouvent en cas perte.

Mots clés : Système embarqué, Alzheimer, localisation, chaînes de Markov, RSSI, Wi-Fi

Abstract

The localization of targets (objects and people) is a hot topic that attracts researchers, and companies to offer security, monitoring, and control services. Geolocation systems apply in several fields (medical, military, social...). In the medical area, Alzheimer's sufferers suffer from the problem of memory loss and can easily get lost when they leave their homes. This is why several solutions have been proposed to guarantee a follow-up and geolocation service for this population segment.

As part of our end-of-cycle project, we proposed an embedded tracking system for Alzheimer's patients using a geometric method based on the Received Signal Strength Indicator (RSSI) of three Wi-Fi antennas. In case of unavailability of the Wi-Fi network, we proposed a model based on Markov chains to predict the position of the patient according to the previous regions frequented by the patient and which are stored in a database.

The results obtained by our system allow the geolocation of the patients next to the house and the prediction of the region where, if possible, they are in case of loss.

Keywords : Embedded system, Alzheimer, location, Markov chains, RSSI, Wi-Fi
