

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Par : Baouch Touhami & Belkhiter Saad Eddine

Sujet

**Surveillance à distance d'un malade d'Alzheimer
via un système IoT**

Soutenu publiquement, le 28/06/2018, devant le jury composé de :

M. Merzougui Rachid	MCA	Univ. Tlemcen	Président
M. Hadjila Mourad	MCB	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M. Irid Sidi Mohammed	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur

Dédicace

À la mémoire de nos grands-parents nous dédions ce travail à :

Nos parents,

Nos familles,

Nos ami(e)s,

Notre Université,

Tous ceux qui nous aiment et qu'on aime.

Baouch Touhami, Belkhiter Saad Eddine

Tlemcen, 12 juin 2018

Remerciements

À l'issue de ce travail, nous adressons nos remerciements premièrement à ALLAH le tout puissant pour la volonté, le courage, la patience et la force qu'il nous a donné durant toute la période d'études.

On voudrait tout d'abord remercier sincèrement notre encadreur Monsieur Hadjila Mourad, maître de conférences classe B à l'Université de Tlemcen, non seulement pour son encadrement actif, mais aussi pour sa grande disponibilité, sa patience, ainsi que pour la générosité avec laquelle il a su partager ses connaissances et conseils.

Nos remerciements les plus respectueux s'adressent à Monsieur Merzougui Rachid, maître de conférences classe A à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nous exprimons également notre reconnaissance à Monsieur Irid Sidi Mohammed, maître de conférences classe B, pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire.

Enfin, que nos parents, nos familles, nos enseignants et collègues à l'Université de Tlemcen, et tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réussite de ce travail trouvent à travers ces quelques lignes l'expression de notre profonde gratitude pour leur soutien et leurs encouragements de tous les instants.

On vous en remercie chaleureusement.

Résumé

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurologique dégénérative qui progresse lentement et graduellement. Actuellement inguérissable, et les personnes qui en souffrent se privent, par rapport aux gens ordinaires, de la liberté de se déplacer en dehors de leurs domiciles. Dans ce contexte, ce projet de fin d'études a pour objectif de construire un système IoT permettant de localiser un patient d'Alzheimer en temps réel. Le système est une ceinture dorsale portée par le patient et dotée d'une carte NodeMCU/ESP8266, un module GPS GY-NEO6MV2, et un petit modem/routeur Wi-Fi portable. La localisation du patient se fait depuis une application mobile Android/iOS, et aussi depuis une application web.

Mots clés : Maladie d'Alzheimer, IoT, NodeMCU/ESP8266, GPS GY-NEO6MV2, Wi-Fi, Android/iOS, Application web.

Abstract

Alzheimer's disease is a degenerative neurological disease that progresses slowly and gradually. Currently incurable, and people suffering from it deprive themselves, compared to ordinary people, of the freedom to move outside their homes. In this context, this end-of-studies project aims to build an IoT system to locate an Alzheimer patient in real time. The system is a patient worn back strap with a NodeMCU/ESP8266 card, a GY-NEO6MV2 GPS module, and a small portable Wi-Fi modem/router. Patient localization is done from an Android/iOS mobile application, and also from a web application.

Keywords : Alzheimer's disease, IoT, NodeMCU/ESP8266, GPS GY-NEO6MV2, Wi-Fi, Android/iOS, web Application.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale	1
1 Comprendre l'Internet des Objets	3
1.1 Introduction	3
1.2 Histoire de l'Internet des Objets au fil du temps	3
1.3 Définition de l'Internet des Objets	4
1.4 Fonctionnement de l'Internet des Objets	4
1.4.1 Les technologies de courte portée	6
1.4.1.1 Le protocole NFC	6
1.4.1.2 Bluetooth	6
1.4.1.3 Zigbee	7
1.4.2 Les technologies de moyenne portée	8
1.4.2.1 Z-Wave	8
1.4.2.2 Wi-Fi	8
1.4.2.3 Bluetooth Low Energy	9
1.4.3 Les technologies de longue portée	10
1.4.3.1 Réseaux cellulaires mobiles	10
1.4.3.2 Réseaux radio bas-débit	10
1.4.3.3 Réseaux propriétaires	12
1.5 Pourquoi l'Internet des Objets?	12
1.6 Domaines d'application de l'Internet des Objets	12
1.6.1 La voiture connectée	12
1.6.2 La santé connectée	13
1.6.3 La maison connectée	14

TABLE DES MATIÈRES

1.6.4	Le commerce cherche à éviter le rupture de stock	15
1.6.5	L'industrie se tourne vers l'usine intelligente	15
1.7	Objets connectés et l'Internet des Objets	15
1.8	Réseaux et Internet des Objets	16
1.9	L'Internet des Objets et les données	16
1.10	L'importance des objets connectés dans la vie quotidienne	17
1.10.1	Domaine de santé	17
1.10.2	Technologie avancée	17
1.10.3	Domaine du sport	17
1.10.4	La domotique	18
1.11	Enjeux et dérives de l'Internet des Objets	19
1.12	Risques d'utilisation des objets connectés	19
1.13	Sécurisation des objets connectés	20
1.13.1	Sécurisation de l'appareil	21
1.13.2	Sécurisation du cloud	21
1.13.3	Gestion du cycle de vie de la sécurité	21
1.14	Actualité et avenir des objets connectés	22
1.14.1	Domaine médical	22
1.14.2	Domaine d'éducation	23
1.14.3	Domaine d'architecture	24
1.14.4	Environnement	24
1.15	Conclusion	25
2	Présentation générale de la géolocalisation	26
2.1	Introduction	26
2.2	Historique	26
2.3	Définition	28
2.4	Fonctionnement de la géolocalisation	28
2.5	Systèmes de géolocalisation	28
2.6	Techniques de positionnement de géolocalisation	29
2.6.1	Techniques de positionnement outdoor	29
2.6.1.1	Géolocalisation à l'aide du système GPS	29
2.6.1.2	Géolocalisation à l'aide du système GLONASS	32
2.6.1.3	Géolocalisation à l'aide du système Galileo	34
2.6.1.4	Géolocalisation à l'aide du système Beidou/Compass	36
2.6.1.5	Géolocalisation à l'aide du système IRNSS	37
2.6.1.6	Géolocalisation avec le système QZSS	38
2.6.2	Techniques de positionnement indoor	38
2.6.2.1	Le système de positionnement Wi-Fi ou WPS	38
2.6.2.2	Beacons (Balises Bluetooth Low Energy)	38
2.6.2.3	Near Field Communication	39
2.6.2.4	Ultrason	39

TABLE DES MATIÈRES

2.6.2.5	Champ magnétique	40
2.6.3	Géolocalisation par téléphone portable	40
2.6.3.1	Le positionnement par GSM	40
2.6.3.2	L'identification par cellules, Cell-ID	40
2.6.3.3	L'identification par le temps (E-OTD)	41
2.6.3.4	L'identification par triangulation	41
2.7	Services de la géolocalisation	42
2.7.1	Services et médias géolocalisés	42
2.7.1.1	Services mono-utilisateur	43
2.7.1.2	Services communautaires	43
2.8	Avantages d'utilisation de la géolocalisation	43
2.8.1	Domaine de l'écologie	43
2.8.2	Utilité	44
2.8.3	Domaine de protection	45
2.9	Géolocalisation et vie privée	46
2.10	Conclusion	46
3	Conception et réalisation du système IoT	47
3.1	Introduction	47
3.2	Matériel requis	48
3.2.1	La carte NodeMCU/ESP8266 LoLin V3	48
3.2.2	Le module GPS GY-NEO6MV2	51
3.2.3	Le modem/routeur portatif D-Link DWR-710	52
3.2.3.1	Connectivité mobile fiable	52
3.2.3.2	Partager votre accès Internet	52
3.2.3.3	Des performances optimales avec la technologie HSPA+	53
3.2.3.4	Portabilité	53
3.2.3.5	Caractéristiques techniques	53
3.2.4	La batterie Power Bank X-Star A88 type-c	54
3.3	Logiciels et plateformes requis	56
3.3.1	Partie web	56
3.3.2	Partie mobile	57
3.4	Mise en œuvre du projet	58
3.4.1	Etape 1 : Création d'un compte ThingSpeak	58
3.4.2	Etape 2 : Création d'un nouveau canal ThingSpeak	59
3.4.3	Etape 3 : Recherche de la clé API correspondant au canal ThingSpeak	60
3.4.4	Etape 4 : Création de l'application web	62
3.4.5	Etape 5 : Téléchargement de l'application Blynk	63
3.4.6	Etape 6 : Création d'un compte Blynk	64
3.4.7	Etape 7 : Création d'un projet Blynk	64
3.4.8	Etape 8 : Connexion de la carte NodeMCU/ESP8266 au PC	65
3.4.9	Etape 9 : Programmation de la carte NodeMCU/ESP8266	69

TABLE DES FIGURES

3.4.10	Etape 10 : Raccordement de dispositifs	73
3.4.11	Etape 11 : Résultats obtenus	75
3.5	Conclusion	76
	Conclusion générale	77
	Bibliographie	78

TABLE DES FIGURES

1.1	Nabaztag.	3
1.2	Le premier iPhone.	4
1.3	Schéma explicatif de fonctionnement de l’IoT.	5
1.4	Badge équipé d’une puce RFID.	6
1.5	Applications Bluetooth.	7
1.6	Applications Zigbee.	7
1.7	Maison intelligente avec la technologie Z-Wave.	8
1.8	Applications mobiles BLE.	9
1.9	Traceur GPS voiture.	10
1.10	Architecture d’un réseau SIGFOX.	11
1.11	Réseau LoRaWAN.	11
1.12	Voitures connectées.	13
1.13	Une montre connectée pour la santé.	14
1.14	Chambre connectée.	14
1.15	Usine intelligente.	15
1.16	Le monitoring santé à distance.	17
1.17	Chaussette intelligente pour sport.	18
1.18	Cuisine intelligente.	19
1.19	Cycle de vie de la sécurité IoT.	22
1.20	Chirurgien guidée par la réalité augmentée.	23
1.21	L’enseignant en immersion avec l’élève.	23
1.22	Plan d’une maison en 3D.	24
2.1	Satellite GPS.	29
2.2	Orbite GPS.	30

TABLE DES FIGURES

2.3	Segment de contrôle GPS.	32
2.4	Le satellite GLONASS-K1.	33
2.5	Le satellite Galileo en orbite.	35
2.6	Exemple du concept cellulaire.	41
2.7	Principe de triangulation GSM.	42
2.8	GPS voiture pour choisir le trajet le plus court.	44
2.9	Application Skyscanner pour trouver un hôtel.	45
2.10	Application mobile SookIDZ.	45
3.1	Architecture de l'application.	47
3.2	La carte LoLin NodeMCU/ESP8266 V3.	48
3.3	Broches de la carte LoLin NodeMCU V3.	49
3.4	ESP8266-12E.	50
3.5	Module GPS GY-NEO6MV2.	51
3.6	Modem/routeur DWR-710.	53
3.7	Le Power Bank X-Star A88 Type-c.	55
3.8	Principe de fonctionnement de ThingSpeak.	56
3.9	Tableau de bord Blynk.	57
3.10	Page d'accueil du site ThingSpeak.	58
3.11	Formulaire pour créer un compte MathWorks.	59
3.12	Formulaire pour créer un canal ThingSpeak.	60
3.13	La clé API pour envoyer les données au canal ThingSpeak.	61
3.14	La clé API pour lire les données à partir du canal ThingSpeak.	61
3.15	Canal ThingSpeak.	62
3.16	L'interface de l'application web du projet.	63
3.17	L'application Blynk sur App Store.	63
3.18	Création d'un compte Blynk.	64
3.19	Création d'un projet Blynk.	64
3.20	Etat final du Projet Blynk.	65
3.21	Raccordement de la carte NodeMCU/ESP8266 au PC.	66
3.22	Fenêtre d'accueil du logiciel Arduino IDE.	66
3.23	Sélection de la carte NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module).	67
3.24	Sélection du port série COM8.	68
3.25	Bibliothèques Arduino IDE nécessaires pour ce projet.	69
3.26	Pins et débit choisis.	70
3.27	Clé d'authentification Blynk.	70
3.28	Nom et mot de passe du réseau utilisé.	70
3.29	Clé API et l'ID du canal ThingSpeak.	70
3.30	Code d'affichage les coordonnées actuelles sur ThingSpeak.	71
3.31	Code d'affichage les coordonnées sur Blynk.	72
3.32	Rattachement de NodeMCU/ESP8266 avec le module GPS GY-NEO6MV2.	73
3.33	Le circuit final du projet	74
3.34	Le circuit final caché dans la ceinture dorsale.	74

TABLE DES FIGURES

3.35 Localisation du patient via l'application mobile.	75
3.36 Localisation du patient via l'application web.	76

LISTE DES TABLEAUX

1.1	Les normes Wi-Fi et leurs caractéristiques.	9
2.1	Constellation de satellite GPS.	30
2.2	Caractéristiques du signal GPS.	31
2.3	Constellation de satellite GLONASS.	33
2.4	Caractéristiques du signal GLONASS.	34
2.5	Constellation de satellite Galileo.	35
2.6	Les services de satellite Galileo.	36
2.7	Constellation régionale du satellite Beidou.	36
2.8	Caractéristiques du signal Beidou.	37
2.9	Caractéristiques du signal IRNSS.	37
3.1	Caractéristiques techniques de modem DWR-710.	54
3.2	Caractéristiques de la batterie Power Bank X-Star A88 type-c.	55
3.3	Pin/out du module GPS et la carte NodeMCU/ESP8266.	73

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

3D :	Three-Dimensional.
3G :	Third Generation.
4G :	Fourth Generation of broadband cellular network technology.
AFSCN :	Air Force Satellite Control Network.
Alt BOC :	Alternative Binary Offset Carrier.
API :	Application Programming Interface.
APM :	Asset Performance Management.
AT Kearney :	Andrew Thomas Kearney.
BDS :	Beidou Navigation Satellite System.
BIM :	Building Information Modeling.
BLE :	Bluetooth Low Energy.
BSC :	Base Station Controller.
BTS :	Base Transceiver Station.
CDMA :	Code Division Multiple Access.
CE :	Conformité Européenne.
Cell-Id :	Cell Identity.
CHU :	Centres Hospitaliers et Universitaire.
CNAV :	Civil NAVigation.
Commande AT :	Commande ATtention.
CS :	Commercial Service.

DC :	Direct Current.
DHT11 :	Digital Humidity and Temperature sensor.
DL :	Downlink.
DS1820 :	Digital temperature Sensor.
EDGE :	Enhanced Data rates for Global Evolution.
EEPROM :	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory.
EGNOS :	European Geostationary Navigation Overlay Service.
E-OTD :	Enhanced Observed Time Difference.
ESA :	European Space Agency.
ESP-12 :	ESP8266 modules-12.
ESP8266 :	ESP8266 modules 8266.
FCC :	Federal Communications Commission.
FDMA :	Frequency Division Multiple Access.
GAGAN :	GPS Aided GEO Augmented Navigation.
GCC :	Galileo Control Centers.
GEO :	Geostationary orbit.
GLOSNASS :	Global Navigation Satellite System.
GND :	Ground.
GNSS :	Global Navigation Satellite System.
GPIO :	General Purpose Input/Output.
GPRS :	General Packet Radio Service.
GPS :	Global Positioning System.
GRDF :	Gaz Réseau Distribution France.
GSM :	Global System for Mobile Communications.
GSTB :	Galileo System Test Bench.
HP :	Haute Precision.
HSDPA :	High Speed Downlink Packet Access.
HSPA+ :	High Speed Packet Access +.
HSUPA :	High Speed Uplink Packet Access.
HTTP :	HyperText Transfer Protocol.
I2C :	Inter-Integrated Circuit.
IANA :	Internet Assigned Numbers Authority.
IDE :	Integrated Development Environment.
IGSO :	Inclined GeoSynchronous Orbit.
IMEI :	International Mobile Equipment Identity.
iOS :	iPhone Operating System.
IoT :	Internet of Things.
IP :	Internet Protocol.
IRM :	Imagerie par Résonance Magnétique.
IRNSS :	Indian Regional Navigation Satellite System.

Laser :	Light amplification by stimulated emission of radiation.
LED :	Light-Emitting Diode.
LG :	Lucky-Gold star.
Lidar :	Light detection and ranging.
Li-Fi :	Light Fidelity.
LoRa :	Long Range.
LORAN :	LONg RANge Navigation.
LPWAN :	Low-Power Wide-Area Network.
M2M :	Machine to Machine.
Mac OS X :	Operating System for Macintosh computers.
MAC :	Media Access Control.
MCU :	Multipoint Control Unit.
MEO :	Medium Earth Orbit.
MQTT :	Message Queuing Telemetry Transport.
MSAS :	Multi-functional Satellite Augmentation System.
MTSAT :	Multi-Functional Transport SATellite.
NAVSTAR :	NAVigation Satellite Time And Ranging.
NFC :	Near Field Communication.
NGA :	National Geospatial Intelligence Agency.
NMEA :	National Marine Electronics Association.
OEM :	Original Equipment Manufacturer.
OS :	Open Service.
P2P :	Peer-to-Peer.
PC :	Personal Computer.
PCB :	Printed Circuit Board.
PIB :	Produit Intérieur Brut.
Port COM :	Communication port.
PRN :	Pseudo-Random Noise.
PRS :	Public Regulated Service.
QR-Code :	Quick Response Code.
QSO :	Quasi-zenith Satellite Orbit.
QZSS :	Quasi Zenith Satellite System.
RAM :	Random Access Memory.
RFID :	Radio Frequency IDentification.
RS :	Restricted Service.
RX :	Receiver.
SAP :	Systems Applications and Products for data Processing.
SBAS :	Satellite-Based Augmentation Systems.
SIM :	Subscriber Identity Module.
SoC :	System on a Chip.
SOL :	Security Of Life.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

SP :	Standard Precision.
SPS :	Standard Positioning Service.
STBC :	Space-Time Block Code.
SVN :	Space Vehicle Number.
TCP/IP :	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol.
TDOA :	Time Difference Of Arrival.
TX :	Transmitter.
U.FL :	Ultra Small Surface Mount Coaxial Connectors.
UART TTL :	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter Transistor Transistor Logic.
UL :	Uplink.
UMTS :	Universal Mobile Telecommunications System.
USA :	United States of America.
USB :	Universal Serial Bus.
UTC (SU) :	Universal Time Coordinated of Russia.
UTC :	Universal Time Coordinated.
VCC :	Voltage Courant Continue.
VTC :	Véhicule de Tourisme avec Chauffeur.
WAAS :	Wide Area Augmentation System.
WAN :	Wide Area Network.
WCDMA :	Wideband Code Division Multiple Access.
WEP :	Wired Equivalent Privacy.
Wi-Fi :	Wireless Fidelity.
WPA :	Wi-Fi Protected Access.
WPS :	Wi-Fi Positioning System.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La maladie d'Alzheimer est connue pour l'un des symptômes qu'elle engendre : la perte de mémoire. Cette maladie est un type de démence qui provoque des troubles de la mémoire, de la pensée et du comportement. Les symptômes apparaissent généralement lentement et s'aggravent au fil du temps, devenant assez graves et interférant avec les tâches quotidiennes.

L'âge est le principal facteur de risque de la maladie. Mais, on peut vieillir sans développer la maladie d'Alzheimer. De même, la maladie peut débuter avant d'être âgé. La maladie d'Alzheimer n'est pas une conséquence du processus normal de vieillissement mais bien une maladie. En Algérie et selon une statistique fournie par la société algérienne de neurologie et de neurophysiologie clinique (SANNC), au moins 100 000 personnes sont atteintes par le syndrome d'Alzheimer dans le pays selon une estimation nationale réelle. Probablement plus si l'on comptabilisait les cas non encore diagnostiqués, a déclaré récemment le professeur Arezki Mohamed, président de la SANNC. Au niveau mondial, l'Alzheimer touche déjà 35 millions de personnes et ce chiffre devra doubler d'ici 2030 note l'OMS.

Trois stades surviennent en cas de la maladie d'Alzheimer : un stade léger avec des pertes de mémoire qui surviennent occasionnellement. À ce stade, il n'est pas certain qu'il s'agisse de la maladie d'Alzheimer. Avec le temps, les symptômes peuvent rester stables ou même diminuer. Le diagnostic se confirme si les problèmes de mémoire s'accroissent et si d'autres fonctions cognitives se détériorent (langage, reconnaissance des objets, planification des mouvements complexes, etc.). Le deuxième stade dit modéré est caractérisé par des troubles de la mémoire qui s'amplifient avec le temps. Les souvenirs de jeunesse et d'âge moyen deviennent moins précis mais sont mieux préservés que la mémoire immédiate. Il est de plus en plus difficile pour les personnes atteintes de faire des choix, leur jugement commence à être altéré. Enfin le dernier stade dit terminal à savoir celui où, le malade perd son autonomie. Une surveillance permanente ou l'hébergement dans un centre de soins devient nécessaire.

La localisation de ces malades dès lors sortie de domiciles constitue un grand souci pour leurs proches. Pour cela, le recours à la technologie paraît clairement utile à la qualité de vie et apporte un bénéfice au malade.

Le mémoire présente la conception et la réalisation d'un système IoT pour la localisation des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Ce prototype IoT permet à votre proche souffrant de cette maladie de continuer à se promener de manière normale, sans peur qu'il ne se perde, car vous aurez la sécurité de pouvoir toujours savoir où il est à tout moment. Adapté aux personnes atteintes d'Alzheimer et pour leurs familles, ce prototype est un localisateur composé d'une ceinture dorsale dotée d'un module GPS avec fermeture de sécurité portée par la personne avec Alzheimer. La localisation s'effectue depuis n'importe quel ordinateur ou n'importe quel smartphone Android/iOS à travers une plateforme de localisation web. Notre unique objectif est d'améliorer la qualité de vie des personnes vivant avec cette maladie et celles de leurs proches.

Ce mémoire est organisé dans un document comportant trois chapitres :

Dans le premier chapitre intitulé « Comprendre l'Internet des Objets », nous présenterons une vue générale sur l'Internet des Objets (IoT). Dans un premier temps, nous décrirons brièvement le concept de l'IoT, ainsi que leurs domaines d'application et leur importance dans la vie quotidienne. Ensuite, nous présenterons les risques d'utilisation des objets connectés, et les démarches à prendre pour les sécuriser. À la fin de ce chapitre, nous citerons l'avenir de ces objets dans quelques domaines de la vie.

Une présentation générale de la géolocalisation fait l'objet du deuxième chapitre. La géolocalisation est une technologie avancée qui permet de collecter des informations permettant de localiser un objet ou une personne sur une carte à l'aide de coordonnées géographiques. Dans ce chapitre, nous présenterons une description générale sur la géolocalisation, afin de déterminer leurs systèmes et techniques de positionnements utilisées, et leurs avantages d'utilisations.

Le troisième chapitre est consacré à la géolocalisation d'un patient d'Alzheimer avec NodeMCU/ESP8266 dont lequel : nous décrirons les parties matérielles et logicielles requises pour la conception finale de notre projet, nous expliquerons toutes les étapes pour le réaliser, et à la fin de ce chapitre, nous mentionnerons les résultats finals obtenus.

Nous finaliserons notre mémoire par une conclusion générale où nous résumerons le travail proposé suivi par quelques directions de recherche possibles visant des perspectives à être étudiées.

CHAPITRE

1

COMPRENDRE L'INTERNET DES OBJETS

1.1 Introduction

Le développement des objets connectés et communicants ne cesse de progresser et de plus en plus d'objets sont disponibles sur le marché. Cette évolution de l'Internet des Objets engendre davantage de champs à explorer par les sciences de l'information et de la communication. Ce chapitre présentera un bref aperçu de l'Internet des Objets où nous allons voir son histoire au fil du temps, son fonctionnement et les techniques de communication utilisées entre les objets connectés, son domaine d'application, les risques d'utilisation des objets connectés et les démarches à prendre pour les protéger, et à la fin nous parlerons de l'actualité et l'avenir de ces objets communicants.

1.2 Histoire de l'Internet des Objets au fil du temps

À travers l'infographie proposée par Dassault système, l'histoire des objets connectés remonte jusqu'aux années 1800, période de l'invention du premier appareil électronique de radio-communication qui est le télégraphe. En 1926, c'est la première fois où Nikola Tesla imagine un monde où les habitants seraient reliés par des installations de communication sans fil. À partir de 1989, Tim Berners-Lee pose les bases du World-Wide-Web, l'Internet universel que nous connaissons aujourd'hui. Les premiers objets connectés n'apparaissent que dans les années 1990. Il s'agit de quelque objet de notre quotidien comme par exemple le grille-pain, la machine à café, etc. sachant que les années 2000 verront les premières expérimentations d'appareils connectés à Internet.

En 2000, le fabricant coréen LG est le premier industriel à parler sérieusement d'un appareil électroménager relié à Internet, puis en 2003, Rafi Haladjian inventeur du premier opérateur Internet en France crée la lampe DAL. Une lampe d'ambiance équipée de 9 LEDs proposant différentes couleurs et commercialisée à 790 euros. Deux ans plus tard, l'entreprise du créateur lance le Nabaztag (voir la figure 1.1), un lapin connecté en Wi-Fi qui lit les mails à haute voix, émet des signaux visuels et diffuse de la musique [1].



FIGURE 1.1 – Nabaztag.

Après ça, le phénomène des IoT a pris de l'ampleur, avec la démocratisation des Smartphones et la sortie du premier iPhone par Apple, qui est illustré sur la figure 1.2.



FIGURE 1.2 – Le premier iPhone.

À la fin 2017, 8,4 milliards d'objets seront connectés, un chiffre en croissance de 31% par rapport à 2016 selon Gartner. Apparus avec les premiers smartphones, les objets connectés se sont progressivement démocratisés : il y aura ainsi en 2020 entre 50 et 80 milliards d'objets connectés en circulation dans le monde, générant une valeur ajoutée totale de 8900 milliards de dollars, soit plus de 10% du produit mondial brut [2].

1.3 Définition de l'Internet des Objets

L'Internet des Objets ou bien encore IoT, est un terme dont vous avez probablement dû entendre parler ces derniers mois. Mais savez-vous vraiment ce qu'il veut dire ? Imaginez un monde où tous les objets sont capables d'échanger des informations et de communiquer entre eux. Des objets capables aussi de communiquer et d'interagir avec leurs utilisateurs en utilisant l'Internet mais aussi d'autres réseaux de communication bien moins connus mais tous efficaces. C'est le monde de l'Internet des Objets [3].

1.4 Fonctionnement de l'Internet des Objets

Pour avoir un « Internet des Objets », nous avons besoin de plusieurs éléments : capteurs, dispositifs, connectivité, traitement des données et interface utilisateur. Les capteurs ou les dispositifs collectent des données de leur environnement. Ces données peuvent être soit envoyées au cloud par une variété de méthodes comprenant : cellulaire, satellite, Wi-Fi, Bluetooth, réseaux étendus de faible puissance (LPWAN), ou se connecter directement à Internet via Ethernet. Chaque option a des compromis entre la consommation d'énergie, la portée et la bande passante. Le choix de l'option de connectivité la plus appropriée revient à l'application IoT spécifique, mais tous accomplissent la même tâche : obtenir des données dans le nuage.

Une fois que les données arrivent dans le cloud, le logiciel effectue une sorte de traitement sur celui-ci. Cela pourrait être très simple, comme vérifier que la lecture de la température est dans une plage acceptable.

Ou cela peut aussi être très complexe, comme utiliser la vision par ordinateur sur vidéo pour identifier des objets (tels que des intrus dans votre maison). Mais que se passe lorsque la température est trop élevée ou s'il y a un intrus dans votre maison ? C'est là que l'utilisateur peut intervenir. Ensuite, l'information est rendue utile à l'utilisateur final d'une manière ou d'une autre. Cela peut être via une alerte à l'utilisateur (email, texte, notification). Par exemple, une alerte de texte lorsque la température est trop élevée dans l'entrepôt frigorifique de l'entreprise.

En outre, un utilisateur peut disposer d'une interface lui permettant de s'informer de manière proactive sur le système. Par exemple, un utilisateur peut vouloir vérifier les flux vidéo dans sa maison via une application de téléphone ou un navigateur web. Cependant, ce n'est pas toujours une rue à sens unique. Selon l'application IoT, l'utilisateur peut également effectuer une action et affecter le système. Par exemple, l'utilisateur peut ajuster à distance la température dans la chambre froide via une application sur son téléphone. Et certaines actions sont effectuées automatiquement. Plutôt que d'attendre que vous ajustiez la température, le système pourrait le faire automatiquement via des règles prédéfinies. Et plutôt que de vous appeler pour vous alerter d'un intrus, le système IoT pourrait également avertir automatiquement les autorités compétentes. La figure suivante présente un schéma applicatif de fonctionnement de l'IoT [4].

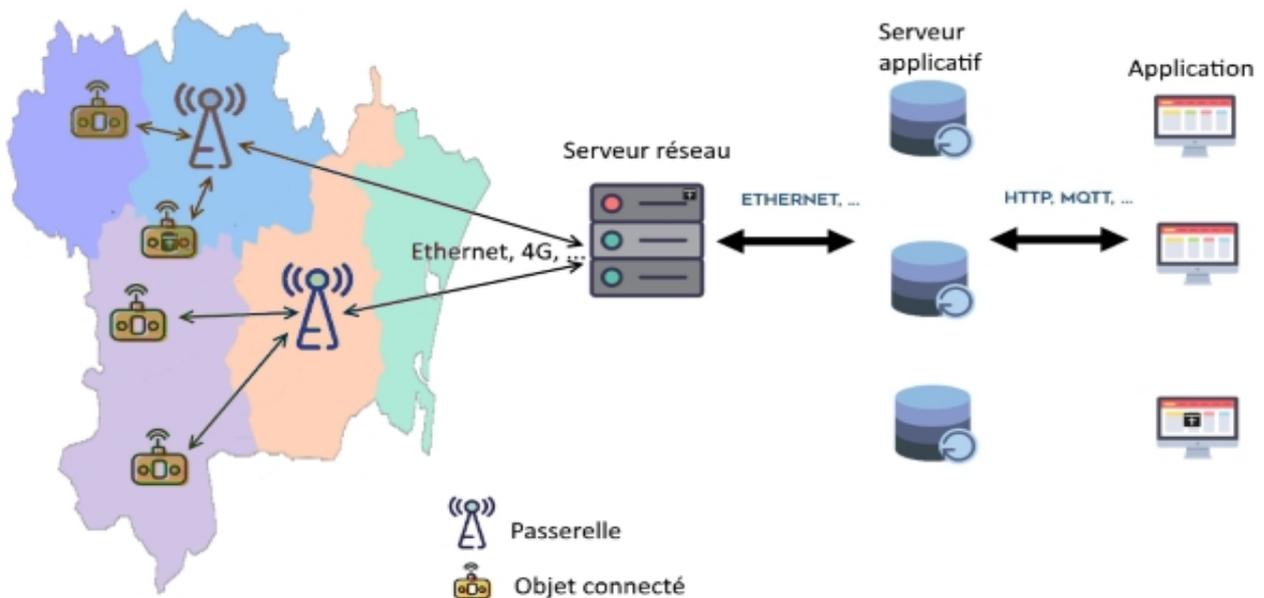


FIGURE 1.3 – Schéma explicatif de fonctionnement de l'IoT.

Il existe aussi plusieurs technologies de communication entre les objets connectés selon la portée telles que : les technologies de courte portée, les technologies de moyenne portée et les technologies de longue portée.

1.4.1 Les technologies de courte portée

1.4.1.1 Le protocole NFC

Les protocoles Near Field Communication sont fondés sur la technologie d'identification par radio fréquence RFID. Les objets équipés d'une puce électronique RFID possèdent une « étiquette » et sont automatiquement identifiés par radio fréquence lorsqu'ils se trouvent à proximité d'un équipement appelé interrogateur. Le protocole NFC est un standard de communication radiofréquence sans contact à très courte distance, de l'ordre de quelques centimètres, permettant une communication simple entre deux équipements électroniques. Il est par exemple utilisé dans de nombreuses entreprises pour les badges d'accès aux locaux, ou comme support d'un abonnement à un réseau de transport en commun. La figure 1.4 illustre l'utilisation d'un badge équipé d'une puce électronique RFID.



FIGURE 1.4 – Badge équipé d'une puce RFID.

1.4.1.2 Bluetooth

Inventé en 1994 par la société suédoise Ericsson, le protocole Bluetooth est un standard de transfert de données sans fil, il utilise une faible bande passante, ce qui ne lui permet de transférer que peu de données à de courtes distances, mais est également très peu énergivore. Inclus à l'immense majorité des téléphones mobiles, Bluetooth a pour fonction de réaliser une communication entre deux téléphones, ou entre un téléphone et un objet connecté de nature différente. Il possède désormais de nombreuses applications (voir la figure 1.5) : oreillette de discussion téléphonique sans fil, montre intelligente, moniteur de fréquence cardiaque, enceinte portative de diffusion de musique, station météo, thermostat, etc. Ce protocole est également utilisé sur des capteurs statiques appelés beamers pour mesurer des flux, par exemple des clients dans un magasin. L'objectif de Bluetooth est de permettre de transmettre des données ou de la voix entre des équipements possédant un circuit radio de faible coût, sur un rayon de l'ordre d'une dizaine de mètres à un peu moins d'une centaine de mètres et avec une faible consommation électrique.



FIGURE 1.5 – Applications Bluetooth.

1.4.1.3 Zigbee

Zigbee est un protocole de communication radio développé spécifiquement pour les applications de domotique d'une portée moyenne de 10 mètres. Il utilise une faible bande passante tout en étant idéal pour le transfert de données en faible volume, peu énergivore et conçu pour des échanges de données à bas débit. Le dispositif Zigbee convient aux appareils alimentés par une pile ou une batterie, et en particulier aux capteurs. Il est conçu pour fonctionner en réseau maillé : chaque nœud reçoit, envoie et relie des données. Il est par exemple, utilisé par certains détecteurs de fumée. La figure ci-dessous illustre les différentes applications Zigbee dans le domaine de domotique.



FIGURE 1.6 – Applications Zigbee.

1.4.2 Les technologies de moyenne portée

1.4.2.1 Z-Wave

Le Z-Wave est un protocole de communication sans fil principalement dédié à la domotique. Il permet de transmettre des données sur des distances allant de 30 mètres en intérieur à 100 mètres en plein air. Il fonctionne en réseau maillé, chaque appareil connecté pouvant relayer les informations émises par ses voisins, ce qui lui permet d'élargir sa portée. Le protocole Z-Wave a été développé pour des usages peu énergivores nécessitant un faible débit de données. Tout comme le protocole Zigbee, l'utilisation de Z-Wave ne nécessite que très peu de puissance et les appareils peuvent donc communiquer pendant plusieurs années avec une simple pile. La figure suivante montre quelques applications Z-Wave dans une maison intelligente.



FIGURE 1.7 – Maison intelligente avec la technologie Z-Wave.

1.4.2.2 Wi-Fi

Le Wi-Fi désigne un ensemble de protocoles de communications sans fil, permettant des connexions à haut débit sur des distances de 20 à 100 mètres. Il s'agit d'un réseau local sans fil très énergivore, qui ne convient que pour les appareils branchés sur secteur ou dont l'alimentation électrique peut être aisée et fréquente. Il permet de transférer rapidement beaucoup de données. Il existe différentes normes Wi-Fi correspondant à une portée et un débit variable. Cette technologie peut ouvrir les portes à un grand nombre d'applications pratiques. Elle peut être utilisée avec de l'IPv4, ou de l'IPv6, et permet le développement de nouveaux algorithmes distribués. Le tableau 1.1 décrit les différentes normes Wi-Fi et leurs caractéristiques.

802.11	Bande de fréquence	Débit théorique maximal	Portée	Congestion	Largeur canal
a	5 GHz	54 Mbps	35 m	Faible	20 MHz
b	2,4 GHz	11 Mbps	35 m	Elevée	20 MHz
g	2,4 GHz	54 Mbps	38 m	Elevée	20 MHz
n	2,4 GHz	De 72 à 450 Mbps	70 m	Elevée	20 MHz ou 40 MHz
ac	5 GHz	De 433 à 1300 Mbps	35 m	Faible	40 ou 80 MHz

TABLE 1.1 – Les normes Wi-Fi et leurs caractéristiques.

1.4.2.3 Bluetooth Low Energy

Aussi connue sous l'appellation Wibree, la technologie Bluetooth Low Energy est un protocole de réseau personnel sans fil à très basse consommation. Comme la technologie Bluetooth originale, le BLE ne permet de transférer qu'une quantité limitée de données à une distance moyenne de 60 mètres. La différence entre les dispositifs Bluetooth et BLE se situe au niveau de la consommation électrique nécessaire à la communication, qui est dix fois moindre pour BLE. La figure ci-dessous illustre les applications mobiles Bluetooth Low Energy.



FIGURE 1.8 – Applications mobiles BLE.

1.4.3 Les technologies de longue portée

1.4.3.1 Réseaux cellulaires mobiles

Fournis par les opérateurs de télécommunication, les réseaux cellulaires mobiles, basés sur la technologie GSM, permettent de transférer une quantité importante de données à une longue portée. Ils nécessitent l'installation d'une carte SIM dans l'appareil à connecter, afin d'identifier celui-ci sur le réseau de communication. Succédant aux premières générations des standards pour la téléphonie mobile, qui ont progressivement permis d'accroître le débit de communication, la quatrième génération (4G) permet une communication mobile à très haut débit. La figure ci-dessous décrit une application GSM qui permet de suivre une voiture à distance.



FIGURE 1.9 – Traceur GPS voiture.

1.4.3.2 Réseaux radio bas-débit

SIGFOX est un réseau de communication radio sans fil à bas débit et à basse fréquence, d'une portée moyenne de 10 kilomètres en milieu urbain et de 30 à 50 kilomètres en milieu rural. Il est également une technologie créée par l'entreprise du même nom. Ce réseau convient à des appareils à basse consommation, dotés ainsi d'une grande autonomie, qui transfèrent une faible quantité de données. L'architecture de réseau SIGFOX est décrite dans la figure suivante.

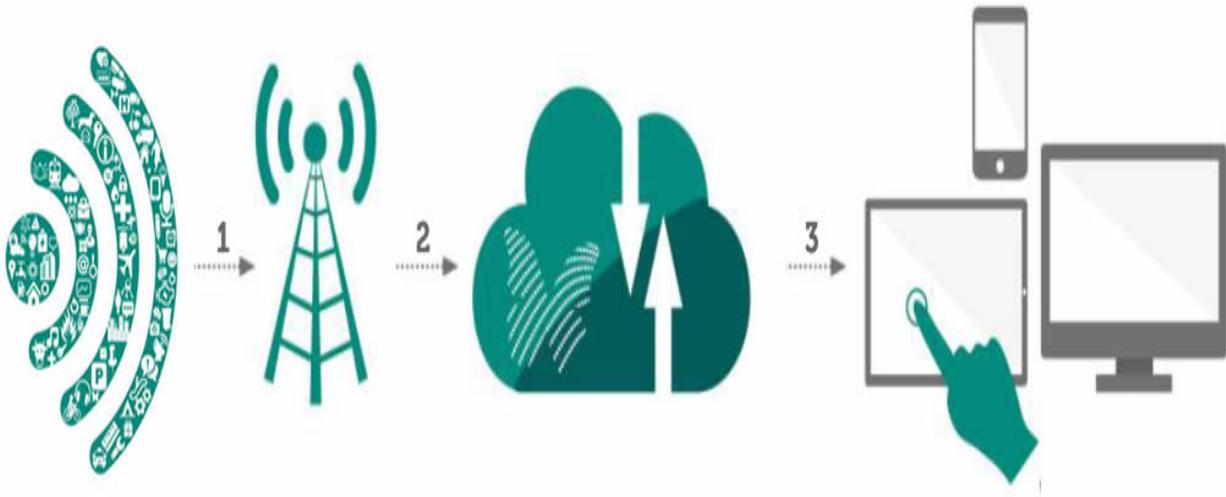


FIGURE 1.10 – Architecture d'un réseau SIGFOX.

LoRa est un protocole de communication radio à très basse consommation, qui permet de transmettre des données en petite quantité, à des distances de 2 à 5 kilomètres en ville et jusqu'à 45 kilomètres en milieu urbain. À l'instar de SIGFOX, il s'agit d'un dispositif qui convient particulièrement aux équipements peu énergivores n'émettant que périodiquement, notamment les capteurs. La figure 1.11 montre le réseau LoRaWAN.

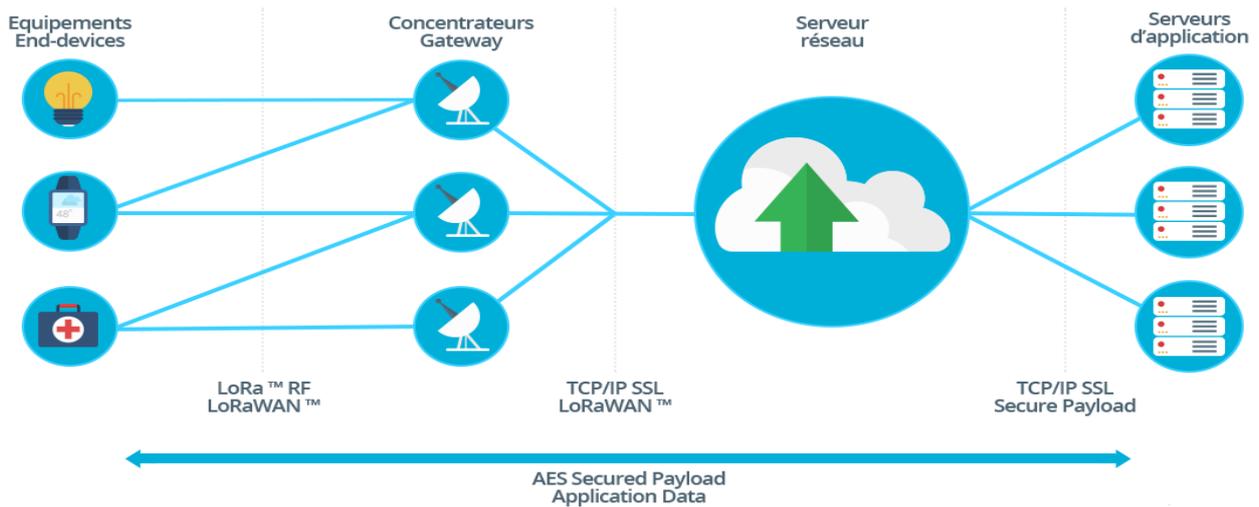


FIGURE 1.11 – Réseau LoRaWAN.

1.4.3.3 Réseaux propriétaires

Certains grands groupes industriels, dotés de moyens financiers conséquents, préfèrent installer leur propre réseau de communication. Le déploiement de ces réseaux dits privés ou propriétaires est particulièrement intéressants en cas de déploiement à très grande échelle d'appareils communicants. C'est ainsi que m2ocity, filiale de Veolia Eau et d'Orange, a choisi d'installer son propre réseau de communication pour connecter les compteurs d'eau intelligents et réaliser des opérations de télérelève, de même que Suez. Le système de comptage évolué à destination des clients résidentiels de gaz naturel de GRDF se fonde également sur un protocole radio à longue portée spécifique et propriétaire : une bande de fréquence radio réservée (169 MHz) est utilisée pour assurer la communication des données entre les compteurs et les concentrateurs de données, eux-mêmes chargés de transmettre au système d'information central les informations qu'ils ont collectées [5].

1.5 Pourquoi l'Internet des Objets ?

L'IoT offre aux organisations de nouveaux moyens innovants de gérer et de surveiller les opérations éloignées. Il permet d'avoir des yeux et des oreilles dans des endroits reculés, fournissant constamment des informations aux applications et aux magasins de données. Le faible coût de l'aspect "objet" rend possible l'observation et la gestion d'activités autrement hors de portée. Grâce à l'Internet des Objets, il est également possible de rassembler des informations sur des événements autrefois invisibles, comme établir un lien entre les schémas météorologiques et la production industrielle [6].

1.6 Domaines d'application de l'Internet des Objets

Le marché des objets connectés est promis à une forte croissance dans les années à venir. Tous les secteurs ne profiteront pas de cette manne, seuls certains comme les transports ou la santé devraient augmenter leur activité. Utilisés dans le cadre de tests ou sujets d'expérimentations commerciales, les objets connectés pourraient représenter une nouvelle manne pour les professionnels. Outre l'attrait que représente la vente de ces appareils, les effets induits pourraient générer plusieurs milliards pour certains secteurs [7].

1.6.1 La voiture connectée

Une voiture connectée est une voiture disposant d'un système de communication embarqué qui offre un accès à Internet. Cette connexion s'effectue via les réseaux de téléphonie mobile grâce à un équipement intégré au véhicule, ou en utilisant le smartphone du conducteur ou d'un passager. Très souvent, la voiture connectée est dotée d'un réseau local sans fil permettant de partager cet accès entre divers équipements à bord du véhicule. Elle peut également se connecter à l'infrastructure du réseau routier ou aux autres véhicules circulant à proximité.

Le marché des transports a déjà anticipé l'arrivée des objets connectés. Le secteur devrait ainsi profiter de retombées financières fortes du fait de l'utilisation de technologies relatives à l'Internet des Objets. Parmi les enjeux les plus fréquents que ce domaine fait naître, on retrouve la réduction des accidents et des embouteillages, le partage de voitures, le développement des offres de VTC et de taxis ou encore la gestion des flottes automobiles. La figure 1.12 montre des voitures connectées pour lutter contre les embouteillages en ville.



FIGURE 1.12 – Voitures connectées.

Selon le cabinet en stratégie AT Kearney, la technologie pourrait rapporter au secteur environ 245 milliards d'euros supplémentaires en Europe d'ici 2025. Pour parvenir à ces projections, le spécialiste se base sur une analyse du PIB généré par ces secteurs et par le volume d'affaires actuellement réalisé. Les spécialistes parient sur une réduction de l'usage de la voiture personnelle. Des services permettant le partage de véhicules (BlaBlaCar) ou l'utilisation de ressources communes (voitures électriques en libre-service) devraient particulièrement tirer leur épingle du jeu. Toutefois, le marché de l'automobile devra s'adapter à une diminution progressive du parc européen de l'ordre de 8% d'ici les dix prochaines années [8].

1.6.2 La santé connectée

Nombreux sont les objets connectés, et les objets personnels connectés dédiés à la santé ont pour rôle majeur de surveiller la santé, ainsi que les activités de son utilisateur, même à distance. Les dispositifs médicaux connectés par exemple ont pour objectif de surveiller les fonctions de base du corps : température, pouls, taux de respiration et pression artérielle. Les objets de bien-être sont des moyens et dispositifs qui ont été conçus pour optimiser la qualité de vie de son utilisateur. Bien entendu, les échanges d'informations se font via des applications téléchargeables sur les plateformes d'App Store, de Google Play ou de Windows Store. Afin de fournir des éléments de réponses pertinentes et fiables, les applications doivent obligatoirement être compatibles au système d'exploitation ainsi qu'à la version du système d'exploitation de votre équipement. La figure 1.13 illustre une application mobile et une montre connectée permettent de mesurer le taux de respiration et la pression artérielle dans le corps humain [9].



FIGURE 1.13 – Une montre connectée pour la santé.

1.6.3 La maison connectée

Economies d'énergie, alarmes anti-incendie connectées, automatisation des tâches ménagères et construction dites « intelligentes » pourraient représenter les prochaines innovations dans le domaine du logement. De nombreux groupes se sont déjà positionnés sur ce segment. Leur nom ne surprendra personne : Nest, Netatmo, Sonos, Technicolor, Samsung ou encore Apple figurent dans cette liste. Chacun tente d'apporter une pierre à l'édifice des objets connectés à domicile. Plusieurs segments porteurs ont ainsi été identifiés parmi lesquels on recense la sécurité, le divertissement, la connectivité, la domotique ou encore l'énergie. Ce dernier secteur pourrait d'ailleurs particulièrement se développer dans les prochains mois. La figure suivante montre une chambre intelligente équipée par des objets connectés [10].



FIGURE 1.14 – Chambre connectée.

1.6.4 Le commerce cherche à éviter le rupture de stock

Certes plus en retrait, le commerce devrait tout de même profiter de la vague IoT. Selon le cabinet en stratégie, les gains générés pourraient atteindre les 60 milliards d'euros en Europe, à l'horizon 2025. Parmi les applications déjà existantes, la réduction des vols, des ruptures de stock, l'automatisation du passage en caisse et la livraison à domicile. Sur ce dernier volet, des groupes tels qu'Amazon ont déjà fait de la rationalisation de leur distribution un véritable crédo. En limitant les étapes entre une commande et sa livraison au client, le service s'assure d'un acheminement rapide. Une prouesse rendue possible notamment grâce à l'apport de la robotique mais surtout de technologies relatives à l'Internet des Objets.

1.6.5 L'industrie se tourne vers l'usine intelligente

Secteur déjà hautement mécanisé, l'industrie pourrait encore rationaliser une partie de ses ressources. Les objets connectés commencent dès à présent à s'instiller dans les chaînes de production. L'objectif pour ce secteur est d'optimiser le transport logistique en particulier les flottes de camions, les conteneurs et autres wagons. Certains éditeurs tels que SAP et Cisco montrent d'ores et déjà comment certaines zones industrielles comme le port d'Hambourg ont pu être équipés en puces et autres objets connectés. L'idée est de mieux anticiper les flux de marchandises afin que l'acheminement soit plus aisé. La figure suivante illustre une usine intelligente où les employeurs sont que des robots [11].

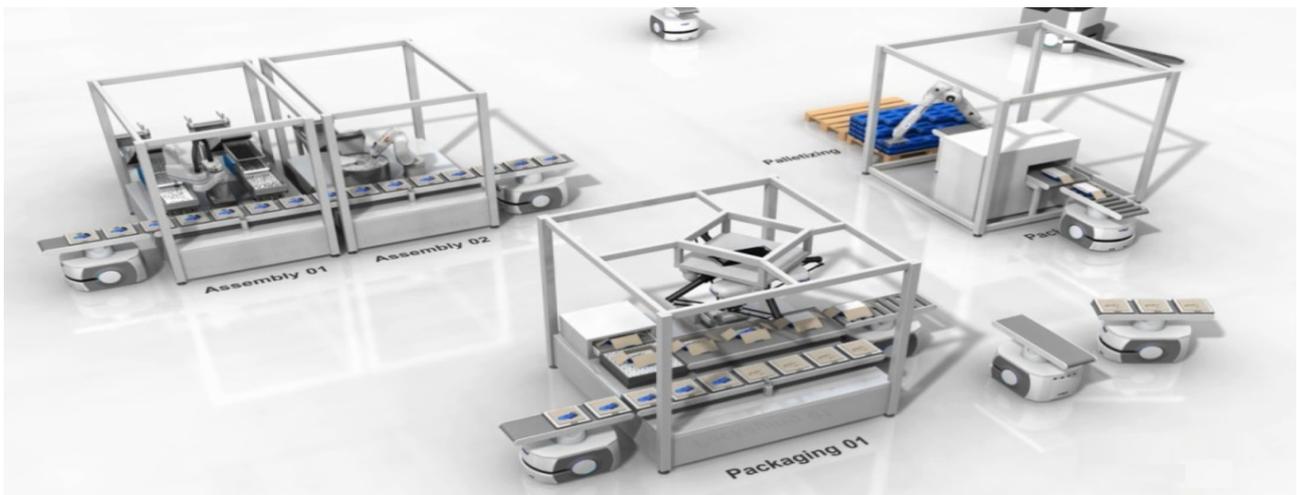


FIGURE 1.15 – Usine intelligente.

1.7 Objets connectés et l'Internet des Objets

L'IoT repose avant tout sur les objets connectés. Un objet est dit « connecté » lorsqu'il a une identité numérique et qu'il accède à Internet pour communiquer avec d'autres objets. Les objets connectés sont identifiés par une adresse IP ou une puce RFID.

Un objet connecté a la capacité de capter une donnée et de l'envoyer, via le réseau Internet ou d'autres technologies, pour que celle-ci soit analysée et visualisée sur des tableaux de bord dédiés. Les objets connectés interagissent avec leur environnement par le biais de capteurs, comme par exemple, la mesure de la température, la vitesse, l'humidité, la vibration, etc. Dans l'Internet des Objets, un objet peut aussi bien être un véhicule, une machine industrielle ou encore une place de parking. L'objet connecté repose sur trois choses essentielles :

- Sa capacité de capter une donnée par le biais de capteurs de tous types : vitesse, température, force, pression, énergie, localisation, puissance, volume, acoustique, distance, couple, débit, photométrie, fréquence, vibration, humidité, etc.
- Sa capacité de remonter une donnée afin de permettre la visualisation d'informations au travers de tableaux de bord dédiés.
- Sa capacité de s'interconnecter avec d'autres objets et interagir de façon plus ou moins poussée avec d'autres objets connectés ou non.

L'objet connecté a deux fonctions principales :

- La collecte d'informations d'une part provenant de son environnement.
- Le déclenchement d'une action d'autre part, en fonction des informations captées et transmises. Par exemple, déclencher l'arrosage d'une pelouse quand la température extérieure est élevée, ou encore déclencher une alarme en cas d'intrusion grâce à un capteur d'intrusion positionné sur une caméra connectée [12].

1.8 Réseaux et Internet des Objets

L'IoT se compose d'un ensemble hétérogène de réseaux qui permettent la communication de ces objets. Parmi les plus connus, les réseaux cellulaires des opérateurs télécoms qui permettent aux objets équipés d'une carte SIM M2M de remonter et envoyer les données. En pleine émergence, les réseaux LPWAN, avec notamment LoRa et SIGFOX, réseaux bas débit longue portée, ce sont des protocoles entièrement dédiés aux communications entre objets. Mais d'autres technologies sont aussi utilisées comme le Narrow Band ou le LTE-m [2].

1.9 L'Internet des Objets et les données

La petite pépite de l'Internet des Objets est la donnée, et surtout la capacité de capter une donnée brute (la température, vibration, humidité,etc.) pour la transformer en information intelligente et exploitable. Ces milliards d'objets connectés vont créer un volume exponentiel de données qu'il faudra stocker, analyser, sécuriser et restituer pour des usages divers. C'est donc un enjeu de taille [2].

1.10 L'importance des objets connectés dans la vie quotidienne

Jour après jour, les objets connectés se multiplient et commencent à envahir notre quotidien et grâce à eux la vie devienne plus facile. Les objets connectés sont partout et presque dans tous les domaines tels que : la santé, la technologie avancée, le sport et la domestique.

1.10.1 Domaine de santé

Dans le domaine de la santé, les objets connectés permettent de suivre la tension du patient, son rythme cardiaque, la qualité de sa respiration ou encore sa masse graisseuse. En effet, de nombreux objets connectés médicaux sont déjà lancés : Amulette le collier préventif, Colibère ou encore Tells pec, le scanner qui calcule le nombre de calories dans votre assiette ! La figure ci-dessous illustre un docteur qui examine une patiente à distance.



FIGURE 1.16 – Le monitoring santé à distance.

Alors, dans quelques années, pensez vous que cette révolution de l'Internet des Objets vous permettra de ne plus avoir besoin d'aller chez le médecin ? ou même à la pharmacie ?

1.10.2 Technologie avancée

Pour les passionnés de High-Tech, c'est un immense marché qui s'ouvre à eux ! De la montre connectée au téléviseur connecté en passant par les appareils photos, les montres, les drones, les lunettes (google glass). Ces objets feront partis de votre quotidien si ce n'est déjà le cas pour les plus fanatiques !

1.10.3 Domaine du sport

Pour les sportifs, de nombreux objets connectés comme des montres ou des bracelets connectés vous permettent pendant la journée de calculer le nombre de pas effectués, la distance parcourue, votre temps

d'activités, les calories brûlées mais aussi pendant la nuit en calculant vos heures de sommeil et la qualité de celui-ci. Ces bracelets et montres sont pour la plupart synchronisés avec votre smartphone, ordinateur ou tablette. Et si tout le monde avait un bracelet connecté, les gens seraient-ils en meilleurs santé ? Cela pourrait-il participer à l'amélioration de la qualité de vie, à guérir certaines maladies liées au manque d'activités ou encore prolonger notre espérance de vie. La figure suivante illustre une chaussette intelligente pour sport qui permet de mesurer la température, le rythme cardiaque, la qualité de respiration de la personne.



FIGURE 1.17 – Chaussette intelligente pour sport.

1.10.4 La domotique

Pour la maison, les objets connectés sont aussi une réelle révolution : ils permettent de la rendre connectée, d'où le nom très utilisé de "Smart Home". En effet, de nombreux dispositifs de sécurité avec des prix cassés apparaissent (détecteur de fumée, surveillance, serrure connectée) mais aussi dans le domaine de l'électroménager (réfrigérateur connecté, l'électroménager connecté). Mais ça ne s'arrête pas là, c'est aussi une révolution pour le design/ambiance de votre maison (lampe connectée, cadre lumineux) mais aussi pour vos plantes (plante connectée)!

Dans quelques années, aurons-nous toujours des clés ? Notre maison deviendra-t-elle autonome ? Plus de ménage, plus de problèmes de sécurité, plus de listes de courses, une économie d'énergie considérable que nous réserve encore comme surprise ce monde des objets connectés ? Nous vous tiendrons à l'affût des dernières nouveautés sur la maison connectée ! La figure 1.18 illustre une cuisine intelligente équipée par un matériel électroménager intelligent [13].



FIGURE 1.18 – Cuisine intelligente.

1.11 Enjeux et dérives de l'Internet des Objets

Avec toutes ces applications, le développement rapide de l'Internet des Objets grossit les enjeux que représentent l'analyse, le traitement et la corrélation des données récoltées par les différents types de capteurs contenus dans nos objets connectés. L'analyse de ces volumes de données gigantesques est bien l'un des enjeux mais il peut être remis en cause si la sécurité de ces données n'est pas assurée. Des cyberattaques ont mis en valeur la vulnérabilité des objets connectés qui sont parfois des portes d'entrée vers les systèmes d'information. A l'avenir, la sécurité des objets connectés doit donc être conçue et pensée dès le tout début du développement du produit et non à la dernière étape du lancement. La confidentialité des données est également une préoccupation majeure pour les consommateurs qui s'inquiètent des dérives que pourrait connaître l'emploi d'objets connectés, notamment dans le respect de la vie privée. Nous pouvons imaginer différents cas de figure dans lesquels des salariés seraient espionnés par leur employeur via des trackers d'activité, entre autres exemples.

Dans l'avenir, il est alors essentiel que chacun veille à ce que ce type de dérive ne puisse pas se produire et conserve son éthique intacte afin d'éviter d'entrer dans une société de surveillance. C'est pourquoi, comprendre l'Internet des Objets est essentiel aujourd'hui [14].

1.12 Risques d'utilisation des objets connectés

La dangerosité de l'utilisation des appareils connectés tient principalement dans la quantité et la variété des informations personnelles qu'ils permettent de recueillir, ainsi que la géolocalisation des personnes et des objets mêmes. En effet, l'ensemble des données qu'ils sont à même de fournir permet de connaître à peu près

tout de notre vie. Une grande majorité des consommateurs a une fâcheuse tendance à fermer les yeux sur ce fait. L'actualité est pourtant là pour nous rappeler que les évolutions technologiques ont toujours leur côté obscur.

Nous n'en sommes qu'au début, car rien n'arrêtera les fabricants. En Juin 2010, Martin Pollock, directeur du pôle Metering Services de Siemens, déclarait déjà : « Nous, Siemens, possédons la technologie pour enregistrer la consommation d'énergie d'une habitation chaque minute, seconde, microseconde, et ce plus ou moins directement. Nous pouvons ainsi en déduire combien de personnes sont dans la maison, s'ils sont en haut ou en bas, ce qu'ils font, et quand ils prennent une douche : des données personnelles disponibles en grandes quantités ». Un grand nombre d'entreprises en savent déjà beaucoup aujourd'hui sur nous et nos habitudes, grâce à nos moyens de paiement par exemple, mais surtout grâce à nos smartphones et nos modes de navigation sur Internet. Nous sommes loin d'imaginer les informations qui seront bientôt collectées. Ces objets sont pour les constructeurs l'opportunité d'en apprendre davantage sur leurs clients et la manière dont ils consomment.

Le pouvoir potentiel des objets dits « intelligents » sur notre vie quotidienne peut s'apparenter à une forme d'espionnage domestique. Si un tel appareil est connecté à Internet, il est possible de le trouver et de le surveiller grâce à des moteurs de recherche du type Shodan. Les détourner de leur fonction première, et donc les pirater, devient alors très simple. De plus, ils auront bientôt la faculté d'apprendre à se gérer de manière autonome, et en fonction de notre comportement, ils pourront alors développer des fonctionnalités différentes de celles initialement prévues. Cela donne à réfléchir. Imaginons ce que tout cela représente pour des cybercriminels, ou même des agences gouvernementales mal intentionnées. Avec un accès sans limites aux objets connectés, ils auraient la possibilité de contrôler la fermeture et l'ouverture de vos portes, la ventilation, le chauffage, la sécurité de votre domicile, et pourraient même vous surveiller directement en accédant à la webcam de votre téléviseur [15].

1.13 Sécurisation des objets connectés

On peut désormais retrouver les objets connectés dans tous les domaines : la domotique, le sport, le bien-être et la santé, les activités de loisirs. Parce qu'ils génèrent une grande quantité de données qui peuvent être stockées sur Internet, il est essentiel de bien les sécuriser. Les objets connectés semblent anodins et s'intègrent facilement dans la vie quotidienne, mais les données qu'ils traitent ne sont pas anodines. Il faut être vigilant sur la manière de partager et de donner des accès à ces données.

L'Internet des Objets va avoir un impact sur nos interactions avec le monde qui nous entoure. Des milliards d'objets communiquent entre eux : téléviseurs, réfrigérateurs et voitures aux compteurs intelligents, moniteurs de santé, etc. L'IoT promet un confort sans précédent. Cependant, pour que l'IoT puisse déployer tout son potentiel, il est essentiel de gagner et de conserver la confiance des consommateurs en matière de confidentialité et de sécurité. En effet, les transferts de données liés à l'IoT traceront le portrait de chacun d'entre nous. L'enjeu est de sécuriser ces informations.

De nombreux moyens sont à la disposition d'un hacker pour accéder aux fonctionnalités ou aux données d'un appareil connecté. Les trois principales cibles de « piratage » sont les suivantes : l'appareil, l'infrastructure cloud et le réseau.

Il existe trois piliers essentiels pour sécuriser un appareil IoT et garantir la sécurité des données stockées et des données mobiles. L'arsenal de Gemalto protège l'appareil, dès sa conception et sa fabrication, et tout au long de sa durée de vie, préservant ses données contre toute attaque malveillante.

1.13.1 Sécurisation de l'appareil

Les milliards d'appareils connectés vont augmenter l'utilisation des logiciels et des données dans les actifs des entreprises et les gadgets grand public. Cela offre de nouvelles vulnérabilités aux pirates malveillants. Les solutions logicielles embarquées de Gemalto pour l'électronique grand public et le M2M aident les OEM grand public, les OEM industriels et les opérateurs de réseaux mobiles à surmonter ces problèmes de sécurité, notamment les risques de vol de propriété intellectuelle dus à l'environnement non réglementé dans lequel ces appareils évoluent.

1.13.2 Sécurisation du cloud

Les menaces les plus pressantes proviennent de l'environnement d'entreprise ou du cloud auquel ces appareils sont connectés. Les solutions de Gemalto pour le chiffrement de données et la sécurité du cloud constituent un portefeuille complet à la disposition des prestataires de services cloud et des entreprises pour sécuriser leurs actifs. Notre solution d'attribution de licences et d'habilitation basée sur le cloud permet aux entreprises technologiques de déployer le plein potentiel de l'environnement cloud, sécurisant ainsi leur propriété intellectuelle.

1.13.3 Gestion du cycle de vie de la sécurité

Souvent ignorée, la gestion du cycle de vie de la sécurité des composants de sécurisation des appareils et du cloud constitue un élément clé d'une stratégie de sécurité numérique fiable et à long terme. La sécurité n'est pas une activité ponctuelle, mais un élément évolutif de l'écosystème de l'IoT. Ajout de nouveaux appareils, déclassement des appareils obsolètes, intégration des appareils à un nouvel écosystème cloud ou l'inverse, gestion des téléchargements de logiciels et micrologiciels sécurisés : l'ensemble de ces activités nécessitent une gestion complète des identités, des clés et des tokens.

Gemalto propose des solutions capables d'établir une infrastructure de gestion du cycle de vie de la sécurité, notamment la gestion de l'identité et des accès, la gestion du cryptage, la monétisation des logiciels et la gestion des éléments sécurisés et de la tokenisation. Les solutions de sécurité de Gemalto stimulent l'innovation afin que nous puissions tous profiter des avantages d'un monde entièrement connecté. La figure ci-dessous décrit la gestion du cycle de vie de la sécurité pour sécuriser les différents objets connectés qui nous entourent [16].



FIGURE 1.19 – Cycle de vie de la sécurité IoT.

1.14 Actualité et avenir des objets connectés

Selon le cabinet d'études américain Gartner, il y aura 8,4 milliards d'objets connectés à Internet à la fin de 2017, chiffre qui a augmenté de 31% en un ans. Ils seront 20,4 milliards en 2020 selon Gartner, soit 80 milliards cette année selon la firme française Idate. Dans ce contexte, on remarque que l'utilisation des objets connectés à augmenter chaque année, et ils ont inclus dans plusieurs domaines de tels que : la médecine, l'éducation, l'architecture et l'environnement.

1.14.1 Domaine médical

Le 21 novembre 2017, l'hôpital Avicenne de Bobigny (Seine-Saint-Denis) a réalisé la première intervention chirurgicale (la pose d'une prothèse d'épaule) avec les casques de réalité augmentée HoloLens de Microsoft. Les chirurgiens auront sous les yeux les nombreux écrans sur lesquels sont habituellement affichées radiographies, coupes de scanner et autres informations. Un procédé qui permet aussi de voir des détails invisibles à l'œil nu et d'éviter de sectionner, par exemple, un vaisseau important.

Déjà depuis 2013, le service de chirurgie hépato-bilio-pancréatique du CHU de Strasbourg utilise la technique de la réalité augmentée qui, via des logiciels informatiques de reconstruction en 3D, permet de superposer des images scanner ou IRM du patient à des vidéos chirurgicales réelles. Avec une plus grande précision du geste chirurgical et donc une réduction de l'erreur humaine. De même, à l'hôpital européen Georges-Pompidou de Paris pour lequel Thales a développé un système de réalité augmentée permettant aux chirurgiens orthopédiques de voir le squelette à travers la peau en temps réel. Désormais, l'œil n'est plus seul à guider la main. La figure 1.20 montre un chirurgien analyse son patient utilisant un casque de réalité.



FIGURE 1.20 – Chirurgien guidée par la réalité augmentée.

1.14.2 Domaine d'éducation

La réalité virtuelle et la réalité augmentée sont deux pistes d'avenir pour l'enseignement. La première a l'avantage d'être ludique et immersive. Les étudiants d'arts plastiques, d'architecture ou d'ingénierie peuvent ainsi visualiser leurs projets, tout comme les étudiants en histoire peuvent se plonger dans la mythologie Egyptienne ou les guerres napoléoniennes. Avantage également non négligeable, la réalité virtuelle fixe l'attention et évite les distractions. La figure ci-dessous montre qu'un enseignant utilise la réalité virtuelle pour expliquer la leçon à ses étudiants.



FIGURE 1.21 – L'enseignant en immersion avec l'élève.

La réalité augmentée apporte un complément à l'apprentissage et peut ainsi l'optimiser. En offrant des informations et des indications supplémentaires, elle guide l'élève ou l'étudiant dans ses gestes pour des formations manuelles ou techniques, par exemple, une manière de le rendre acteur de son expérience de l'apprentissage. Plus qu'une simple transmission digitale, l'enseignement «augmenté» est un complément à la relation professeur-étudiant.

1.14.3 Domaine d'architecture

Bien loin du crayon mécanique à la main, des plans et des tables à dessin, les dernières évolutions technologiques ont sensiblement modifié le travail de l'architecte. Les logiciels AutoCAD, SketchUp et autres BIM (Building Information Modeling : maquette numérique tridimensionnelle) permettent de préparer des plans et devis, des images 3D (voir la figure 1.22) et de rapides croquis afin de tester des idées en présence des clients. Entre autres innovations parties à l'assaut des cabinets d'architectes : l'application InViz de la société Miralupa, qui offre la possibilité de voir en 3D un plan en le balayant avec son smartphone. De nouveaux métiers devraient par ailleurs apparaître comme celui de designer d'habitats virtuels.

Avec le développement de la réalité virtuelle, la demande d'une expertise associant les capacités de narration d'un designer de jeux vidéo et la maîtrise de l'espace d'un architecte devrait croître ces prochaines années. Toutes ces technologies, pour la plupart d'entre elles déjà présentes dans le quotidien des architectes, offrent enfin un gain de temps précieux, notamment pour la réflexion et la créativité.



FIGURE 1.22 – Plan d'une maison en 3D.

1.14.4 Environnement

Cette année, la start-up parisienne Flow Labs planche depuis plus de deux ans sur un capteur personnel mobile sous le nom « capteur d'air Flow » qui permettra de mesurer le niveau de pollution où que l'on soit. Le Flow qui ne pèse que 180 grammes mesure toute une batterie de données : particules fines, dioxyde d'azote,

d'ozone, composés organiques volatils, niveau d'humidité, température, etc. Un affichage LED informe l'utilisateur du niveau de pollution ambiant. Flow Labs qui devrait lancer le produit dans les prochains mois espère construire une communauté pour une collecte de données collaboratives [17].

1.15 Conclusion

De nos jours, les technologies les plus couramment utilisées peuvent se connecter à Internet. Les actifs peuvent alors fournir des données toujours plus nombreuses et plus riches. Les informations collectées par ces compteurs, capteurs et autres dispositifs connectés peuvent guider en temps réel les processus décisionnels et permettre de créer des systèmes intelligents dans n'importe quel domaine.

Donc, nous avons vu au cours de ce chapitre qu'est-ce que l'Internet des Objets, leurs technologies, leurs domaines d'application et la sécurisation de l'Internet des Objets. Les points les plus importants ont été présentés, et on a terminé par évoquer l'actualité et l'avenir de l'Internet des Objets. Dans ce contexte, l'Internet des Objets représente l'évolution naturelle, et direction, de toutes les avancées technologiques de la dernière décennie, parmi lesquelles la géolocalisation. Les usages ne manquent pas. Autant d'applications qui améliorent à la fois, la sécurité des matériels et des personnes et l'efficacité opérationnelle. Et cela on le verra plus en détail dans le chapitre suivant.

CHAPITRE

2

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA
GÉOLOCALISATION

2.1 Introduction

La géolocalisation regroupe l'ensemble de techniques employées pour localiser sur un plan ou une carte, un objet ou un individu en fonction de ses coordonnées géographiques. Il existe de nombreuses techniques, parmi lesquelles celles par satellite, par Wi-Fi, par GSM, par adresse IP, etc. Elle est utilisée dans de nombreux secteurs d'activités, autant que dans le domaine de la vie privée.

Dans ce chapitre, nous verrons un bref aperçu de la géolocalisation, tels que les différents systèmes et technologies utilisés, leur signification, et leur importance dans la vie quotidienne et dans plusieurs domaines.

2.2 Historique

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les technologies de géolocalisation ne sont pas récentes. En effet, depuis la préhistoire, se situer dans l'espace et savoir prendre des points de repère pour trouver son chemin et le communiquer à d'autres fait partie de l'apprentissage de base de l'homme. Ce sont les vecteurs par lesquels la localisation s'effectue qui ont évolué au fil du temps en fonction des verrous technologiques qui ont progressivement été débloqués.

À la base, on trouve ce besoin humain de se situer dans l'espace et de communiquer sa position aux autres. Le premier verrou a donc été de trouver un même langage et un support pour exprimer le message. Ainsi, les hommes préhistoriques utilisèrent des traces sur le sol, puis progressivement des éléments naturels taillés pour indiquer leurs routes. L'humanité s'agrandissant, il fallut trouver un moyen de communiquer à grande échelle et de façon simple. Par exemple, les Égyptiens construisirent des obélisques pour former un système de signalisation permettant de guider les masses vers les lieux importants.

Ensuite, pour des besoins administratifs et politiques, il devint important de situer les principales villes et les caractéristiques géographiques d'une région de façon permanente sans avoir à se déplacer, afin de pouvoir gérer ses ressources et sa population. On commença alors à faire des relevés afin de produire des cartes plus ou moins précises. La première utilité des cartes était juridique : en Égypte, les cartes dessinées sur les papyrus servaient par exemple à reconstituer les limites des champs après la crue du Nil. Les Égyptiens furent également les précurseurs du « géomarketing » en calculant où il fallait implanter les silos à grain pour satisfaire le peuple et où devaient être construites les pyramides pour qu'elles puissent être visibles depuis un horizon lointain.

Une fois son environnement maîtrisé, l'homme voulut découvrir ce qui se cachait de par le monde. Il lui fallut donc trouver un moyen de se situer sans avoir forcément de points de repère (notamment en mer). Le second verrou technologique majeur fut donc de trouver un point de repère fixe n'importe où sur terre et comment exploiter ce point. Très tôt, la constatation du magnétisme terrestre permit l'invention de la boussole, qui couplée avec le loch en bateau, instrument de calcul de la vitesse en mer, entraîna l'émergence de la navigation à l'estime. Les Grecs choisirent d'utiliser les astres (soleil, étoiles, Lune) pour se repérer. En effet, ils avaient trouvé comment déterminer à l'avance le mouvement des astres. Ainsi, la disposition de ces derniers dans le ciel, leur donnait de bonnes indications sur la position de l'observateur. À ces fins, fut inventé l'astrolabe par Hipparque entre -190 et -120. Cet instrument, équipé de plateaux, servait initialement aux observations astrologiques et astronomiques, mais permettait également de se repérer en zone inconnue en regardant le ciel étoilé. Il fut très vite détrôné par l'octant et le sextant qui mesurent la hauteur d'un astre

au-dessus de l'horizon, servant ainsi à connaître sa latitude et donc sa position approximative sur la terre. Grâce à ces instruments, l'homme put explorer les mers et contrées lointaines et compléter ses cartes. Ce n'est que bien plus tard, avec l'invention du chronomètre en 1734 permettant de déterminer la longitude issue de la mesure du temps, qu'il posa un formalisme scientifique à la géolocalisation en s'accordant pour découper le monde en portions repérées par leurs latitudes et longitudes et en prenant comme origine le méridien de Greenwich encore utilisé aujourd'hui pour les fuseaux horaires. On savait maintenant comment se localiser précisément partout sur le globe.

Cependant, un nouveau challenge nous attendait un peu plus loin dans l'histoire. Avec l'avènement des guerres de plus en plus sophistiquées, il devient important à partir du 19e siècle de connaître la position d'objets mouvants, que ce soit des troupes, des équipements ou des personnes en particulier et ceci en temps réel. Or, jusqu'ici, on savait comment situer des points fixes et on pouvait envoyer des éclaireurs qui donneraient la position de ces objets sur la carte, mais on ne connaissait ni précisément, ni continûment l'emplacement d'un objet en mouvement.

Voici donc le point de départ de la réflexion qui allait donner naissance à la géolocalisation moderne. Il fallut attendre la première moitié du XXe siècle et le développement des ondes radio pour que les choses avancent. En effet, une nouvelle technologie, la radiogoniométrie, venait d'être découverte et permit de mesurer la direction d'arrivée d'une onde électromagnétique. Ainsi émergea la radionavigation qui en mesurant la direction d'arrivée de deux ondes produites par des radiophares (situés en des lieux connus) et par la technique de triangulation maîtrisée depuis 1533 (clairement énoncée dans un ouvrage de Gemma Frison), permit aux navigateurs de calculer une position probable de leur bateau.

À partir de la Seconde Guerre mondiale, de grands systèmes terrestres de radionavigation furent mis en place, comme le DECCA développé par les alliés pour permettre des débarquements précis, le LORAN ou encore l'Oméga, développé puis utilisé par les USA et six autres pays partenaires, qui furent le premier système de radionavigation aérienne et maritime véritablement universel.

Dans le même temps, la découverte des antennes à cadres directionnels et des ondes électromagnétiques entraîna la découverte des techniques de localisation par différence de temps observée (EOTD), aujourd'hui utilisée dans le cadre de la géolocalisation par GSM. Dans le même temps, la découverte des antennes à cadres directionnels et des ondes électromagnétiques entraîna la découverte des techniques de localisation par différence de temps observée (EOTD), aujourd'hui utilisée dans le cadre de la géolocalisation par GSM. C'est le vice-président de l'ingénierie et de la recherche de cette même entreprise, le docteur Ivan Getting qui proposa par la suite d'étudier l'usage de satellites comme base d'un système de navigation pour des véhicules se déplaçant rapidement dans les trois dimensions. Quand le docteur Getting quitta Raytheon en 1960, la technique qu'il avait proposée était parmi les formes les plus avancées au monde en terme de navigation. Cela posa les premières bases de la future création du Global Positioning System (GPS). On en arrive donc à la forme de géolocalisation la plus connue du grand public actuellement : le GPS avec le premier système de positionnement par satellites nommé TRANSIT. Développé en 1958 pour la marine des USA et utilisé pour la première fois en 1964, son utilisation devint civile en 1967. Depuis ce temps, la précision est passée de 1 km à seulement quelques centimètres actuellement grâce aux améliorations apportées aux instruments de mesure embarqués.

Dans les années 90, l'avènement des réseaux de téléphonie mobile permit de mettre au point un nouveau type de géolocalisation, dit par GSM. Une personne munie d'un téléphone portable allumé pouvait désormais

être située dans toutes les zones couvertes par le réseau.

Enfin, avec le boom de l'informatique des années 2000, il est devenu également possible de localiser une personne sur Internet grâce à son adresse IP. En effet, à partir du début des années 90, il était possible grâce à l'IANA de faire la correspondance entre une adresse IP et une zone géographique plus ou moins précise. Plus récente encore et découlant également de la technologie Internet, il est possible depuis 99 et la découverte de la technologie Wi-Fi de localiser une personne connectée à une borne grâce à son adresse [18].

2.3 Définition

La géolocalisation est une technologie qui permet de collecter des informations permettant de localiser un objet ou une personne sur une carte ou un plan, à l'aide de ses coordonnées géographiques (latitude et longitude). Le système repose sur un dispositif mobile qui doit accompagner l'utilisateur dans chacun de ses déplacements, et utilise un récepteur GPS qui permet à tout moment de connaître la position de l'utilisateur. Le dispositif envoie automatiquement la position et peut être interrogé à tout moment par un proche pour connaître la position exacte du détenteur. L'aidant peut également être alerté dès que l'utilisateur sort d'un périmètre de sécurité préalablement défini [19].

2.4 Fonctionnement de la géolocalisation

La géolocalisation permet de positionner un téléphone portable ou un ordinateur dans un lieu donné en identifiant précisément les coordonnées géographiques de ce dernier à l'aide des transmissions satellitaires, de l'adresse IP, du Wi-Fi et du réseau mobile. La communication entre le récepteur de l'appareil utilisé et le réseau satellite donne à tout moment sa position (longitude, latitude et altitude) avec une précision allant de 1 à 5 mètres. Si le GPS se connecte au réseau satellite pour les smartphones, tablettes ou ordinateur, la présence d'accès Wi-Fi correspondant à des points d'accès joue un rôle de relais. De grands groupes tels que Google, Skyhook Wireless, Microsoft et Apple ont constitué des bases de données cartographiques recensant ces points d'accès Wi-Fi pour alimenter leurs services de géolocalisation. Ils peuvent ainsi identifier la présence de tout appareil connecté à cette borne Wi-Fi pour répondre au besoin de leurs services, mais également recueillir des informations privées sur les utilisateurs connectés (déplacement, fréquence, etc.) [20].

2.5 Systèmes de géolocalisation

Les systèmes de géolocalisation sont nombreux, et sont utilisés dans plusieurs domaines, car la géolocalisation joue un rôle important dans notre vie. Ces systèmes sont les suivants [18] :

- Systèmes satellitaires : GPS, GLOSNASS, Galileo et Beidou.
- Systèmes d'augmentation satellitaire : EGNOS, WAAS, MTSAT, GAGAN, QZSS, etc.
- Systèmes réseaux mobiles : GSM, UMTS, etc.
- Systèmes réseaux locaux : Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee, etc.
- Réseaux de capteurs.
- Systèmes optiques : Laser, Lidar, Li-Fi, QR-Code.

2.6 Techniques de positionnement de géolocalisation

Parmi les technologies de géolocalisation, nous allons concentrer sur les celles capables d'être exploitées en mobilité, c'est-à-dire essentiellement avec les smartphones ou tout autre appareil mobile. Il y a deux types de techniques de positionnement : le positionnement outdoor et le positionnement indoor.

2.6.1 Techniques de positionnement outdoor

Les techniques de positionnement outdoor sont généralement des techniques utilisées pour les systèmes satellitaires. Ces techniques reposent sur un système de localisation de type GPS embarqué sur le mobile pour permettre de localiser sa position et de la transmettre selon un certain mode de communication.

2.6.1.1 Géolocalisation à l'aide du système GPS

Le GPS ou NAVSTAR comme il est officiellement appelé, était le premier système GNSS. Les satellites étaient d'abord lancés à la fin des années 1970 et au début des années 1980 pour le département américain de la défense. Depuis lors, plusieurs générations (appelées "Blocs") de GPS satellites ont été lancées. Initialement, le GPS était disponible uniquement pour un usage militaire, mais en 1983, une décision a été faite pour étendre le GPS à un usage civil. Le satellite GPS est représenté sur la figure suivante :

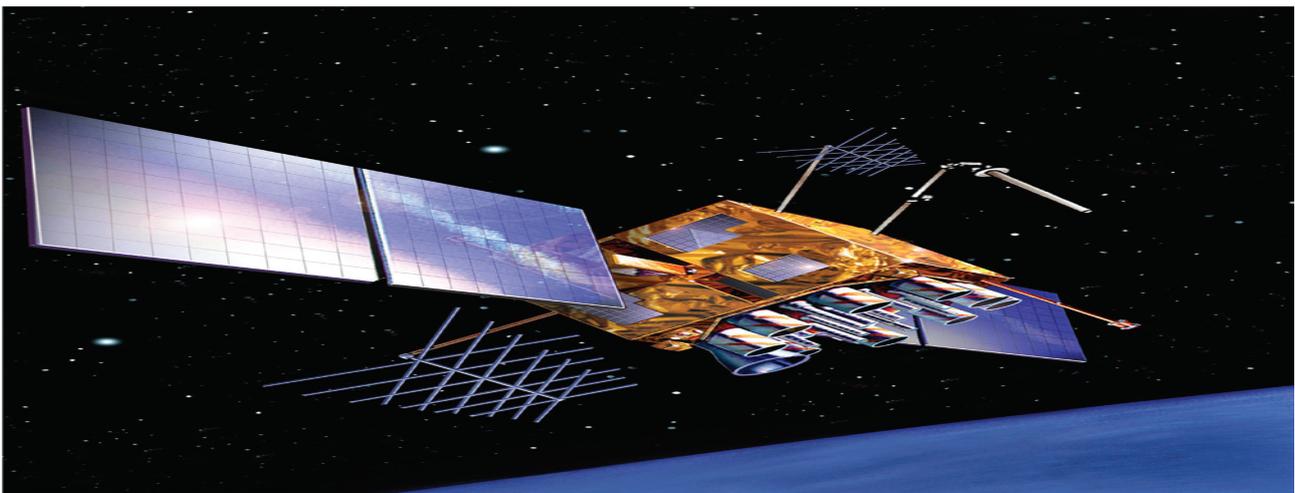


FIGURE 2.1 – Satellite GPS.

Le système satellitaire GPS est composé de trois segments : le segment spatial, le segment de contrôle ou segment terrestre et les signaux transmis entre eux.

- **Segment spatial**

Le segment spatial GPS est résumé dans le tableau 2.1. La période d'orbite de chaque satellite est d'environ de 12 heures, donc cela fournit un récepteur GPS avec au moins six satellites en vue de n'importe quel point sur terre dans des conditions de ciel ouvert.

Satellites	24
Orbites	6
Inclinaison d'orbite	55 degrés
Rayon d'orbite	20 200 km

TABLE 2.1 – Constellation de satellite GPS.

Les satellites GPS diffusent continuellement leurs identifications, signaux de télémétrie, état des satellites et éphémérides corrigées (paramètres orbitaux). Ils sont identifiés soit par leur espace numéro de véhicule (SVN) ou par leur pseudo-aléatoire bruit code (PRN). L'orbite satellitaire GPS est illustrée sur la figure ci-dessous.

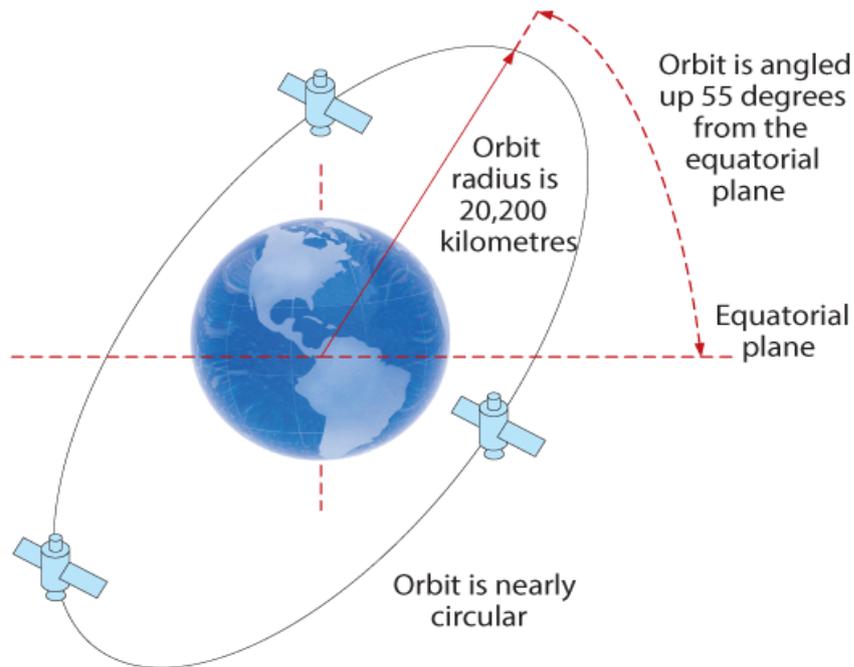


FIGURE 2.2 – Orbite GPS.

• **Signaux GPS**

Les signaux GPS sont basés sur la technologie CDMA. Ces signaux, bien qu'ils soient sur la même fréquence, sont modulés par une séquence numérique pseudo-aléatoire unique, ou code. Chaque satellite utilise un code pseudo-aléatoire différent (pseudo-aléatoire, signifie que le signal n'apparaît que de manière aléatoire). Les récepteurs connaissent le code pseudo-aléatoire de chaque satellite. Cela permet aux récepteurs

de se corréler avec le signal CDMA pour un satellite. Les signaux CDMA sont à un niveau très bas, mais grâce à cette corrélation de code, le récepteur est capable de récupérer les signaux et les informations qu'il contient. Les signaux du système GPS fonctionnent dans une bande de fréquence appelée bande L (L1, L2, L5), elle occupe une partie du spectre radioélectrique entre 1 et 2 GHz. Le tableau 2.2 décrit les caractéristiques de ces trois bandes.

Désignation	Fréquence	Description
L1	1575.42 MHz	L1 est modulée par le code C/A (Coarse / Acquisition) qui est disponible pour tous les utilisateurs et le code P (Précision) qui est crypté pour les militaires et autres utilisateurs autorisés.
L2	1227.60 MHz	L2 est modulée par le code P en commençant par les satellites Block IIR-M. Le code L2C (civil) a commencé à diffuser des messages de navigation civile (CNAV).
L5	1176.45 MHz	L5 disponible à partir des satellites Block IIF, a commencé à diffuser des messages CNAV.

TABLE 2.2 – Caractéristiques du signal GPS.

• Segment de contrôle

Le segment de contrôle GPS se compose d'une station de commande principale et d'une station de commande principale de secours, de stations de surveillance, d'antennes au sol et de commandes à distance, des stations de poursuite, comme il est illustré sur la figure 2.3.

Il y a 16 stations de surveillance situées dans le monde entier, six de l'US Air Force et dix de la NGA, également partie du département de la défense des États-Unis. Les stations de surveillance suivent les satellites via leurs signaux de diffusion, qui contiennent les données éphémérides satellites, les signaux de télémétrie, les données d'horloge et les données d'almanach. Ces signaux sont transmis à la station de contrôle principale où les éphémérides sont recalculées. Les éphémérides et les corrections de synchronisation qui en résultent sont retransmises aux satellites à travers le chargement des données stations.

Les antennes au sol sont géolocalisées avec les stations de surveillance et utilisées par la station de contrôle principale pour communiquer et contrôler les satellites GPS. Les stations de poursuite à distance du réseau de contrôle par satellite de l'Air Force (AFSCN) fournissent à la station de contrôle principale des informations satellites supplémentaires pour améliorer la télémétrie, le suivi et le contrôle.

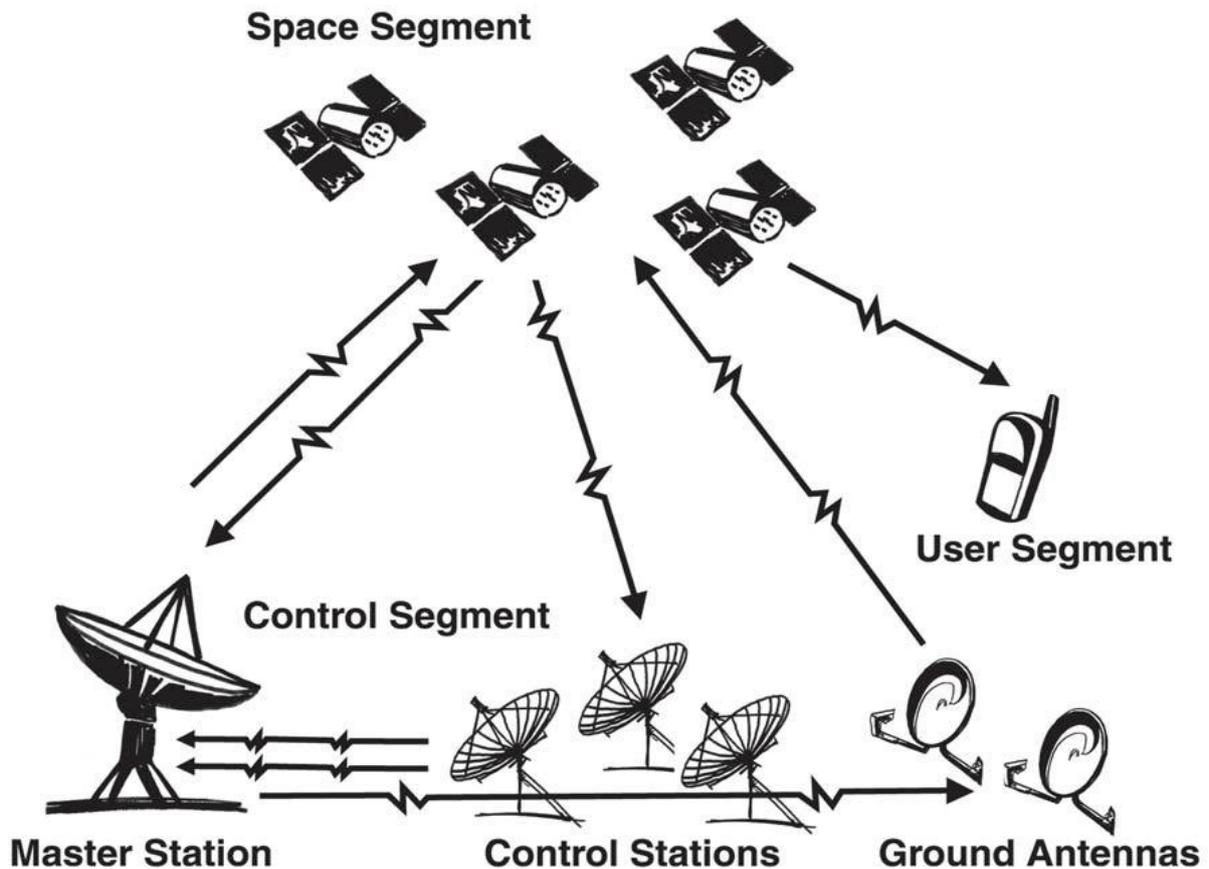


FIGURE 2.3 – Segment de contrôle GPS.

2.6.1.2 Géolocalisation à l'aide du système GLONASS

GLONASS a été développé par l'Union Soviétique en tant que système de communication militaire expérimental pendant les années 1970. Lorsque la guerre froide a pris fin, l'Union Soviétique a reconnu que GLONASS avait des applications commerciales, à travers le système de pouvoir transmettre des bulletins météorologiques, des communications, des données de navigation et de reconnaissance. Le premier satellite GLONASS a été lancé en 1982 et le système a été déclaré pleinement opérationnel en 1993. Après une période où les performances de GLONASS ont diminué, la Russie s'est engagée à ramener le système au minimum requis de 18 satellites.

Actuellement, GLONASS dispose d'un déploiement complet de 24 satellites dans la constellation. Les satellites GLONASS ont évolué depuis le lancement des premiers satellites. Les générations de GLONASS sont les suivantes : GLONASS-M, GLONASS-K (GLONASS-K1, GLONASS-K2, GLONASS-KM). La génération GLONASS-K1 est illustrée sur la figure 2.4.

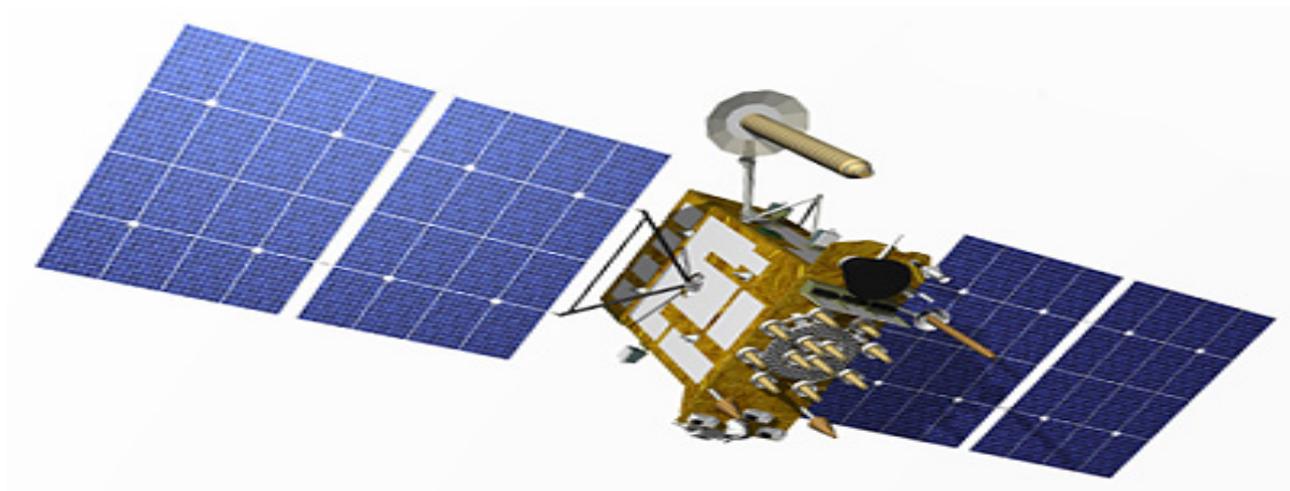


FIGURE 2.4 – Le satellite GLONASS-K1.

• **Segment spatial**

Le segment spatial GLONASS est résumé dans le tableau suivant :

Satellites	24
Orbites	3
Inclinaison d'orbite	64,8 degrés
Rayon d'orbite	19 140 Km

TABLE 2.3 – Constellation de satellite GLONASS.

Le segment spatial GLONASS comprend 24 satellites, dans trois plans orbitaux, avec huit satellites par plan. La géométrie de la constellation GLONASS se répète environ une fois tous les huit jours. La période d'orbite de chaque satellite est d'environ $8/17$ d'un jour sidéral de sorte que, après huit jours sidéraux, les satellites GLONASS ont accompli exactement 17 révolutions orbitales. Les satellites sont placés sur des orbites nominales circulaires avec des inclinaisons cibles de 64,8 degrés et un rayon orbital de 19 140 km, soit environ 1 060 km de moins que les satellites GPS.

• **Signaux GLONASS**

Le signal de satellite GLONASS identifie le satellite et comprend :

- Les informations sur l'état de satellite.
- Le décalage de l'heure GLONASS de l'UTC (SU).
- Almanach de tous les autres satellites GLONASS.
- Le positionnement, la vitesse et l'accélération pour calculer les emplacements de satellites.

Les signaux GLONASS sont basés sur la technique FDMA pour Frequency Division Multiple Access et chaque satellite GLONASS transmet sur deux fréquences L1 et L2 légèrement différentes. Le tableau 2.4 décrit ces deux bandes de fréquence.

Désignation	Fréquence	Description
L1	1598.0625 - 1609.3125 MHz	L1 est modulée par les signaux HP (Haute Précision) et SP (Précision Standard).
L2	1242.9375 - 1251.6875 MHz	L2 est modulée par les signaux HP et SP. Le code SP est identique à celui transmis sur L1.

TABLE 2.4 – Caractéristiques du signal GLONASS.

Les signaux GLONASS ont la même polarisation (orientation des ondes électromagnétiques) que les signaux GPS et ont une intensité de signal comparable.

• Segment de contrôle

Le segment de contrôle GLONASS comprend le centre de contrôle du système, et un réseau de stations de suivi des commandes à travers la Russie. Le segment de contrôle GLONASS est similaire à celui de GPS, il surveille l'état des satellites, détermine aussi les corrections éphémérides, et il règle même les décalages d'horloge des satellites GLONASS par rapport au temps UTC.

2.6.1.3 Géolocalisation à l'aide du système Galileo

Galileo, le système mondial de navigation par satellite prévu en Europe, fournira un service de positionnement global très précis et garanti sous contrôle civil. Les États-Unis et l'Union européenne coopèrent depuis 2004 pour faire en sorte que le GPS et Galileo soient compatibles et interopérables au niveau de l'utilisateur. En offrant la double fréquence en standard, Galileo offrira une précision de positionnement en temps réel jusqu'au mètre, ce qui n'était pas possible auparavant avec un système accessible au public.

Galileo garantira la disponibilité du service dans toutes les circonstances sauf les plus extrêmes et informera les utilisateurs, en quelques secondes, d'une défaillance d'un satellite. Cela le rend approprié pour des applications où la sécurité est cruciale, comme dans les transports aériens et terrestres. Le premier satellite expérimental Galileo, qui fait partie du banc d'essai du système Galileo (GSTB), a été lancé en décembre 2005. L'objectif de ce satellite expérimental était de caractériser les technologies critiques de Galileo, qui étaient déjà en cours de développement sous l'égide de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Quatre satellites opérationnels ont été lancés, deux en octobre 2011 et deux en octobre 2012, afin de valider le segment spatial et terrestre de base de Galileo. La figure 2.5 montre le satellite Galileo en orbite.

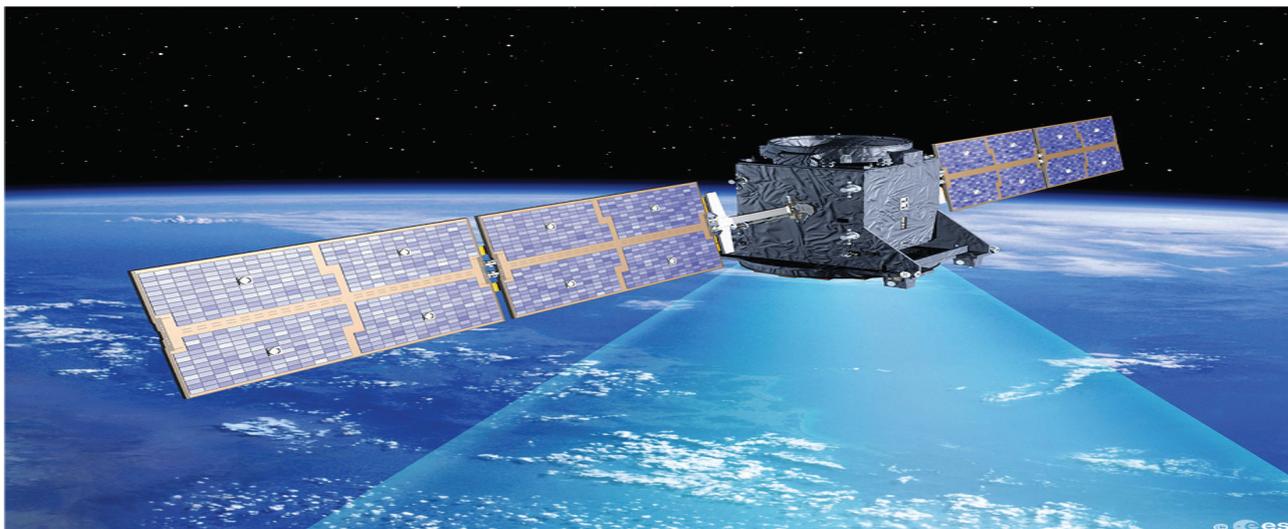


FIGURE 2.5 – Le satellite Galileo en orbite.

• **Conception du système**

Le segment spatial de Galileo est résumé dans le tableau 2.5. Une fois que la constellation est opérationnelle, les signaux de navigation Galileo assureront une couverture à toutes les latitudes. Le grand nombre de satellites, ainsi que l'optimisation de la constellation et la disponibilité des trois satellites de réserve actifs, feront en sorte que la perte d'un satellite n'aura pas d'effet perceptible sur le segment des utilisateurs.

Satellites	27
Orbites	3
Inclinaison d'orbite	56 degrés
Rayon d'orbite	23 222 km

TABLE 2.5 – Constellation de satellite Galileo.

Deux centres de contrôle Galileo (GCC) situés en Europe contrôlent les satellites Galileo. Les données récupérées par un réseau mondial de trente stations de capteurs Galileo seront envoyées au GCC par l'intermédiaire d'un réseau de communications redondant. Les GCC utiliseront les données des stations de capteurs pour calculer l'information sur l'intégrité et synchroniser l'heure des satellites avec les horloges des stations au sol. Les centres de contrôle communiqueront avec les satellites par l'intermédiaire de stations de liaison montante, qui seront installées dans le monde entier.

• **Services de Galileo**

Les services du satellite Galileo sont proposés dans le tableau suivant :

Service	Description
Service ouvert gratuit (OS)	Fournit un service de positionnement, de navigation et de chronométrage précis. Il sera mis à la disposition de toute personne disposant d'un récepteur Galileo. Aucune autorisation ne sera nécessaire pour accéder à ce service.
Service commercial très fiable (CS)	Les prestataires de services peuvent fournir des services à valeur ajoutée, pour lesquels ils peuvent facturer le client final. Le signal CS fournira un débit de données élevé et des données authentifiées précises relatives à ces services commerciaux supplémentaires.
Service de sécurité de la vie (SOL)	Améliore le service ouvert en fournissant des avertissements opportuns aux utilisateurs lorsqu'il n'atteint pas certaines marges d'exactitude. Une garantie de service sera fournie pour ce service.
Service public réglementé crypté du gouvernement (PRS)	Service à accès restreint hautement crypté offert aux organismes gouvernementaux qui ont besoin d'un signal de navigation à haute disponibilité.

TABLE 2.6 – Les services de satellite Galileo.

2.6.1.4 Géolocalisation à l'aide du système Beidou/Compass

La Chine a commencé la mise en œuvre d'un système GNSS connu sous le nom de Beidou Navigation Satellite System (BDS), qui est mis en œuvre en deux phases : la première phase assure une couverture régionale, tandis que la seconde phase assurera une couverture mondiale. La phase initiale du système Beidou est officiellement devenue opérationnelle en décembre 2012, assurant la couverture de la région Asie-Pacifique. Le segment spatial régional de Beidou comprend cinq satellites en orbite géostationnaire terrestre (GEO), cinq satellites en orbite géosynchrone inclinée (IGSO) et quatre satellites en orbite terrestre moyenne (MEO). Le tableau 2.7 présente les différents satellites de segment spatial Beidou et les caractéristiques de ses orbites.

Satellites	5 GEO	5 IGSO	4 MEO
Inclinaison d'orbite	55 degrés	55 degrés	55 degrés
Rayon d'orbite	35 787 Km	35 787 Km	21 528 Km

TABLE 2.7 – Constellation régionale du satellite Beidou.

• **Signaux de Beidou**

Le signal Beidou est basé sur la technologie CDMA, sa description est présentée dans le tableau suivant :

Désignation	Fréquence	Description
B1	1561.098 MHz	B1 fournit à la fois des signaux de service public et des signaux de service restreint.
B2	1207.140 MHz	B2 fournit à la fois des signaux de service public et des signaux de service restreint.
B3	1268.520 MHz	B3 ne fournit que des signaux de service restreint.

TABLE 2.8 – Caractéristiques du signal Beidou.

Trois niveaux de service seront fournis :

- Un service public à usage civil est gratuit pour les utilisateurs. Le service public fournit une précision de position de 10 mètres, une précision de vitesse de 0,2 mètre par seconde et une précision de chronométrage de 10 nanosecondes.
- Le service sous licence qui n'est disponible que pour les utilisateurs ayant obtenu un abonnement. Le service de précision améliore la précision de la position à 2 mètres. Ce service fournit également des messages courts bidirectionnels (120 caractères chinois) et fournit des informations sur l'état du système.
- Le service militaire restreint, plus précis que le service public, fournit également des informations sur l'état du système et une capacité de communication militaire.

2.6.1.5 Géolocalisation à l'aide du système IRNSS

Le système IRNSS comprendra sept satellites, dont trois en orbite géostationnaire et quatre en orbite géosynchrone incliné. Le système fournira une précision de position meilleure que 10 mètres dans toute l'Inde et meilleure que 20 mètres pour la zone entourant l'Inde sur 1500 km. L'IRNSS fournira deux services : un service de positionnement standard (SPS) disponible pour tous les utilisateurs et un service restreint (RS) disponible uniquement pour les utilisateurs autorisés. Le premier satellite IRNSS a été lancé en juillet 2013 et le deuxième a été lancé en avril 2014. Le tableau 2.9 décrit les caractéristiques du signal IRNSS.

Désignation	Fréquence	Description
L5	1176.45 MHz	L5 sera modulé avec les signaux SPS et RS.
S	2492.03 MHz	S sera modulé avec les signaux SPS et RS. Les signaux de navigation seront également transmis sur S.

TABLE 2.9 – Caractéristiques du signal IRNSS.

2.6.1.6 Géolocalisation avec le système QZSS

QZSS est un système à quatre satellites qui fournira des services de communication régionaux et des informations de positionnement pour l'environnement mobile. L'un des quatre satellites a été lancé en 2010. Ce système est axé sur la région du Japon, mais il fournira un service à la région Asie-Océanie. QZSS fournira une précision limitée en mode autonome, de sorte qu'il est considéré comme un service d'augmentation GPS. Les satellites QZSS utilisent les mêmes fréquences que le GPS et ont des horloges synchronisées avec l'heure GPS. Cela permet d'utiliser les satellites QZSS comme s'il s'agissait de satellites GPS supplémentaires. Les satellites QZSS diffusent également un signal compatible SBAS et un signal de haute précision à E6. Trois des satellites QZSS seront placés sur une orbite quasi-zénithal périodique (QSO). Ces orbites permettront aux satellites de "demeurer" au-dessus du Japon pendant plus de 12 heures par jour, à une altitude supérieure à 70, ce qui signifie qu'ils apparaissent presque la plupart du temps au-dessus de la tête. Dans l'avenir, le Japon a l'intention d'étendre le système QZSS à un système à sept satellites. [21].

2.6.2 Techniques de positionnement indoor

Les techniques de positionnement indoor sont aussi nombreuses, elles reposent sur d'autres principes de fonctionnement tels que :

2.6.2.1 Le système de positionnement Wi-Fi ou WPS

Ce système permet de détecter un réseau Wi-Fi à proximité et mesurer l'intensité du signal. L'appareil interroge ensuite une base de données mondiale pour combiner l'empreinte du signal à sa position. Les points forts de ce système sont :

- Base de données complète grâce à une participation mondiale.
- La plupart des lieux publics sont enregistrés et nous permettent d'être positionnés (aéroports, gares, université et hypermarchés par exemple).

Par ailleurs, les points faibles de ce système sont :

- Précision du signal.
- Activation du Wi-Fi obligatoire sur l'appareil mobile.
- Connexion Internet obligatoire pour interroger la base de données.

2.6.2.2 Beacons (Balises Bluetooth Low Energy)

Un beacon diffuse un signal Bluetooth Low Energy via une balise avec un identifiant unique permettant au smartphone de connaître sa position dans un contexte bien défini et en l'absence de connexion Internet. Seuls les identifiants des beacons enregistrés dans une application mobile pourront être traités. Les points forts de ce système sont :

- Faible utilisation de la batterie.
- Détection du signal jusqu'à 70m.
- Fonctionne en l'absence de connexion Internet.

Par contre, ce système possède aussi des points faibles qui sont :

- Précision du signal.
- Activation du Bluetooth obligatoire.
- Application mobile obligatoire pour identifier le signal du beacon.

2.6.2.3 Near Field Communication

Basé sur la technologie RFID, le NFC utilise les fréquences radio pour récupérer, envoyer ou échanger de l'information. La particularité de cette technologie est de fonctionner à une distance inférieure à 10 cm. Il existe trois modes de communication :

- **Emulation de carte** : Le terminal mobile fonctionne comme une carte sans contact de paiement ou de transport.
- **Peer-to-peer** : Deux terminaux échangent de l'information (échange de carte de visite ou ouverture des portes d'une voiture).
- **Lecteur** : L'appareil lit les informations présentes dans une étiquette NFC, appelée aussi tag NFC.

Ce système possède aussi des points forts qui sont :

- Très faible consommation de batterie.
- Réactivité immédiate.
- Sécurité grâce à la faible distance entre les deux appareils.
- Application mobile non-obligatoire.
- Connexion Internet facultative.

En outre, le point faible de ce système est la distance (10 cm au maximum).

2.6.2.4 Ultrason

L'ultrason a le même principe de fonctionnement que les beacons en utilisant le microphone de l'appareil mobile plutôt que le composant Bluetooth. Les points forts de ce système sont :

- Faible utilisation de la batterie.
- Fonctionne en l'absence de connexion Internet.

Les points faibles sont :

- Précision du signal.
- Distance de détection du signal.
- Application mobile doit être lancée.

2.6.2.5 Champ magnétique

Après avoir « cartographié » le champ magnétique d'un lieu via une simple application mobile, tous les usagers pourront se géolocaliser dans ce lieu en étant simplement à l'écoute de ce signal statique dont l'empreinte est unique selon notre position. Cette technologie offre une précision allant de 10 cm à 2 m, mais elle est très peu répandue. Les points forts de ce système sont [22] :

- Aucun composant à activer (comme pour le Bluetooth ou le Wi-Fi).
- Précision.

Ce système est comme les autres systèmes possède aussi des points faibles qui sont :

- Temps de préparation en raison du mapping obligatoire.
- Peu répandu.

Il existe aussi des techniques de positionnement qui fonctionnent soit à l'intérieur soit à l'extérieur, on peut les appeler « techniques de positionnement standards » qui sont des techniques de positionnement par téléphone portable.

2.6.3 Géolocalisation par téléphone portable

La géolocalisation par téléphone portable est une technique standard qui peut être une technique outdoor ou indoor, c'est pour ça elle est nécessaire dans le domaine de géolocalisation. La géolocalisation par téléphone portable possède aussi différentes méthodes de fonctionnement qui sont :

2.6.3.1 Le positionnement par GSM

La géolocalisation par GSM (téléphones mobiles de deuxième génération actuellement utilisés par la majorité des gens) est basée sur l'IMEI obtenu à partir de la carte SIM, qui est un code unique composé de 15 chiffres. Le numéro IMEI identifie l'appareil (le téléphone en lui-même), tandis que le numéro SIM identifie la carte SIM donc le numéro de téléphone demandé. Toutes les informations sont contenues dans la carte SIM. Lorsqu'un utilisateur s'identifie à un réseau mobile, son numéro IMEI est transmis au système de gestion de l'opérateur afin de pouvoir l'autoriser à utiliser les différentes options disponibles. Aujourd'hui, la seule méthode couramment utilisée est Cell-Id, bien qu'elle soit moins précise, elle ne demande aucune infrastructure supplémentaire à celle d'un réseau GSM classique. Il faut savoir qu'un réseau GSM est composé de plusieurs cellules et que chacune d'elle contient un BTS qui prend en charge les communications radio des téléphones mobiles. Chaque BTS est relié ensuite à un BSC qui pilote l'ensemble des BTS et gère le basculement d'un portable d'une cellule à une autre selon le principe de handover (choisir quelle est la cellule qui prendra en charge le mobile).

2.6.3.2 L'identification par cellules, Cell-ID

Cette méthode simple d'identification va s'effectuer à partir de l'adresse de la BTS à laquelle le mobile est connecté. La BTS repère le mobile pour pouvoir prendre la communication, il y a identification de la carte SIM avant de démarrer la communication. Chaque cellule BTS sait donc quels portables sont dans son champ de fonctionnement, ces données sont automatiquement transmises à la BSC puisque c'est le BSC qui

décide quelle BTS est affectée à chaque mobile. Ces données sont ensuite transmises à une base de données, qui sait donc quelles cartes SIM sont dans le champ de chaque cellule. Or, cette base de données sait aussi l'adresse exacte de chaque antenne. On peut donc connaître la localisation approximative d'une carte SIM. Cette localisation dépend donc fortement de la densité d'antennes. Si un récepteur est dans plusieurs champs différents, on commence à pouvoir le localiser de manière précise. En ville, on peut repérer un portable à 250 mètres près alors qu'en zone rurale, on peut arriver à une précision de seulement 10 km. La figure 2.6 décrit un exemple de concept cellulaire GSM qui joue un rôle très important pour la géolocalisation.

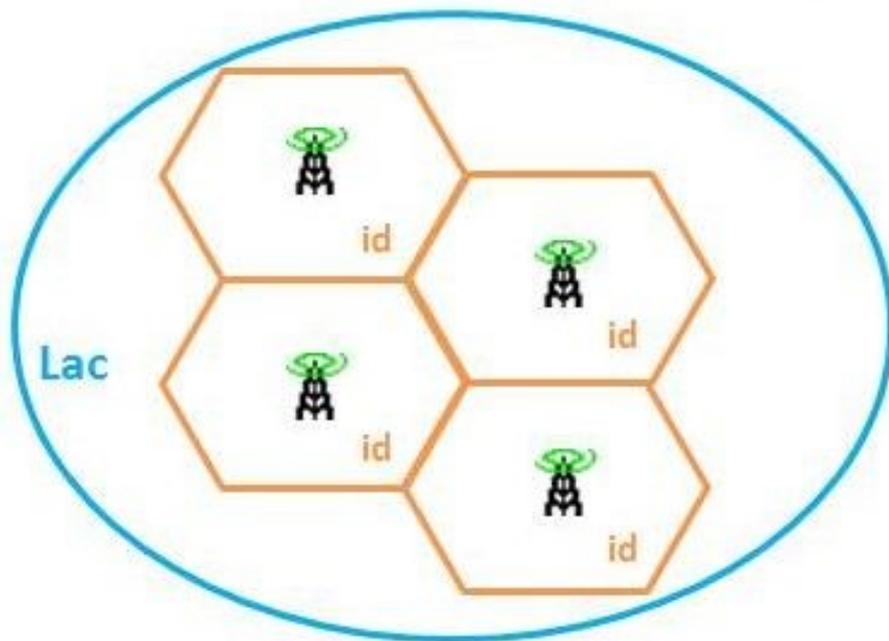


FIGURE 2.6 – Exemple du concept cellulaire.

2.6.3.3 L'identification par le temps (E-OTD)

La méthode E-OTD nécessite l'envoi d'un signal par le portable. Il faut donc que le mobile soit équipé pour pouvoir être localisé. La BTS envoie des signaux régulièrement, dès que le mobile reçoit un de ces signaux, il réémet. La BTS peut donc calculer la distance en mesurant le temps d'aller-retour. Pour avoir un temps plus précis, on utilise plusieurs cellules BTS pour repérer un mobile (même principe que le 4^e satellite pour le GPS). L'idéal serait d'avoir trois cellules dans la portée du mobile pour avoir une localisation optimale. Toutes ces différentes géolocalisations par GSM sont toutes fois moins précises que le GPS, surtout en campagne, elles dépendent essentiellement de la densité d'antennes autour du mobile.

2.6.3.4 L'identification par triangulation

Cette identification se base non plus sur les informations de BTS, mais de celles de la BSC. Il s'agit d'établir un rapport de distance d'un mobile entre trois stations BTS. On peut établir une comparaison de la

puissance du signal émis par chaque BTS, ce qui permet d'évaluer la distance qui le sépare des trois BTS. Cela permet de préciser la position par rapport à une simple Cell-Id. La figure 2.7 explique le principe de triangulation GSM [23].

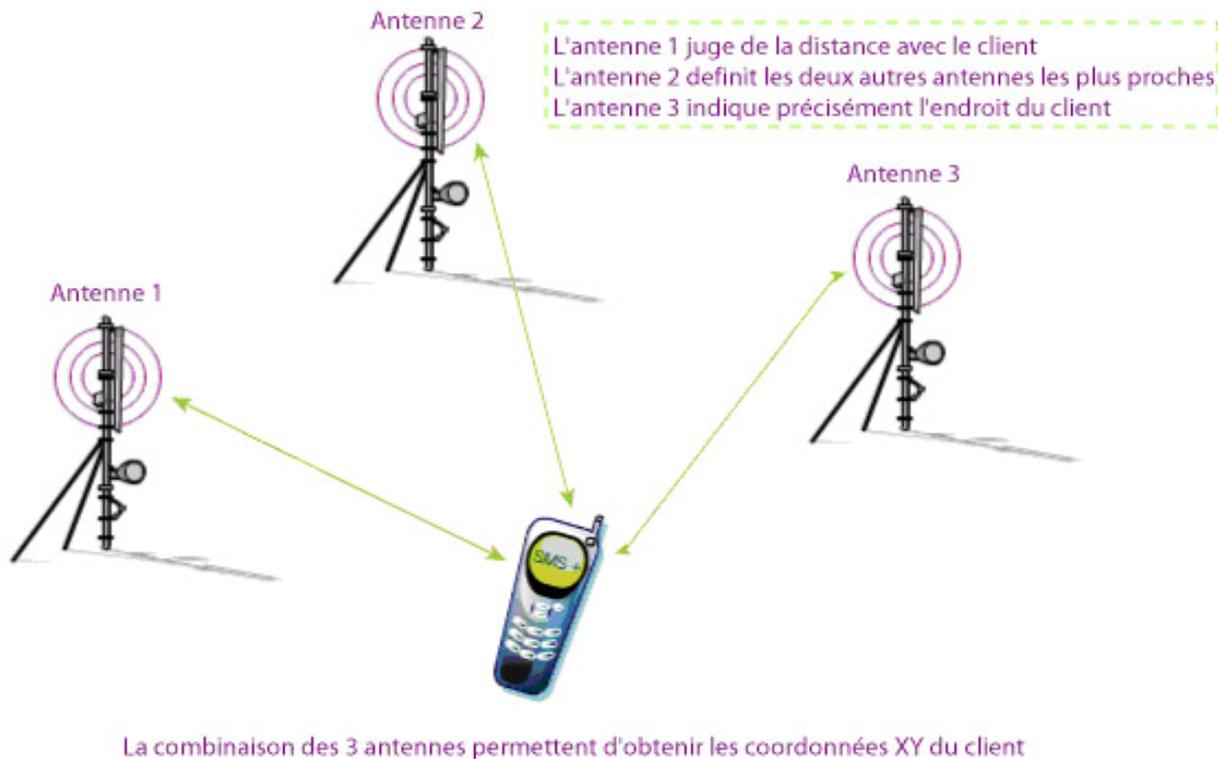


FIGURE 2.7 – Principe de triangulation GSM.

2.7 Services de la géolocalisation

Aujourd'hui, la géolocalisation devient un terme plus important dans plusieurs domaines, elle est utilisée pour des raisons de sécurité, de surveillance des enfants ou même des seniors, de traque des animaux, de l'exploitation des parcs, etc. De plus, elle est applicable dans plusieurs services de notre vie quotidienne.

2.7.1 Services et médias géolocalisés

Les médias et services géolocalisés désignent le procédé qui permet la diffusion ou la communication de contenus, de messages textuels ou multimédias en fonction de la position géographique de l'utilisateur. Il y a deux types de services :

2.7.1.1 Services mono-utilisateur

Les services mono-utilisateurs de la géolocalisation sont des services personnels privés pour une personne, par exemple chaque personne a un GPS propre pour sa voiture qui peut l'aider de trouver le chemin le plus court pour sa destination. Ces services sont utilisés pour des applications telles que :

- GPS pour voiture.
- GPS sur Smartphone.
- Montre GPS sur terrain de golf.

2.7.1.2 Services communautaires

Les services communautaires de la géolocalisation sont des services collectifs disponibles pour les personnes qui veulent utiliser les services de la géolocalisation n'importe où n'importe quand. Par exemple, Google Maps ou Google Earth vous permettent d'afficher et d'utiliser un large éventail de contenus, y compris des données cartographiques et de relief des images, des fiches d'établissement, des données de circulation, des avis et d'autres informations associées fournies par Google. Les services communautaires sont nombreux comme par exemple [24] :

- L'envoi de la situation géographique d'un utilisateur.
- La démonstration d'un parcours via smartphone en temps réel.
- La géolocalisation via son réseau social.

2.8 Avantages d'utilisation de la géolocalisation

Les appareils de géolocalisation peuvent être une solution pour retrouver votre proche égaré lors d'une sortie, en particulier s'il est sujet à la désorientation et à l'errance (malades d'Alzheimer notamment). Comme il a dit Emmanuel Hirsch, directeur de l'espace Éthique Ile-de-France dans l'interview du 24 mai 2017 pour 66 millions d'impatients « Nous sommes tous déjà géolocalisés, parfois à notre insu, via nos téléphones mobiles. La question n'est donc pas de savoir si les dispositifs de géolocalisation sont éthiques ou non en tant que tels, mais bien de réfléchir à l'usage que l'on en fait ». Les avantages de la géolocalisation sont nombreux puisqu'elle est incluse actuellement dans plusieurs domaines.

2.8.1 Domaine de l'écologie

Aujourd'hui, l'écologie est de plus en plus présente. En ville, elle lutte entre autres contre la pollution des voitures qui rejettent du CO₂. Mais que vient faire la géolocalisation dans tout ça ? Lorsqu'une personne possède un GPS, il lui indique le trajet le plus court (voir la figure 2.8), lorsqu'il est en ville, il peut également rechercher l'hôtel, le restaurant, ou le magasin le plus proche de lui. Cela contribue donc à la protection de la couche d'ozone en limitant les rejets de gaz nocifs. Encore mieux, il est prévu que les places de parking soient numérisées pour permettre au conducteur depuis son téléphone portable de trouver rapidement un emplacement de stationnement. Cela évite alors de tourner en rond pendant des heures en fait donc diminuer les émissions de CO₂. Ce dispositif a été soumis par l'entreprise Lyberta, mais au regret de certain, elle est en train de se développer seulement à Toulouse. Cependant, l'idée intéresse aussi les grandes villes telles que Paris, Nice ou encore Los Angeles.



FIGURE 2.8 – GPS voiture pour choisir le trajet le plus court.

Il a été mesuré que l'utilisation de la géolocalisation entraînait une baisse moyenne de la consommation de carburant de 12% sur 100 km, et évitait l'émission de 25 grammes de CO₂ par kilomètre et par voiture. En Allemagne, l'étude a également permis de montrer que la diminution du kilométrage annuel moyen (environ 2500 km/an) permettrait l'économie de 1,19 millions de pneus par an. Il est intéressant de noter que la réduction des temps de trajet et des distances parcourues s'amplifie dans la durée : elles sont alors plus significatives. La géolocalisation n'a donc pas qu'un effet éphémère, il s'agit d'un facteur de diminution de la pollution sur le long terme.

2.8.2 Utilité

Au quotidien, la géolocalisation est utile pour connaître un itinéraire, un téléphone ou indiquer à ses amis où l'on trouve. De nombreux sites de réseaux sociaux se sont lancés dans la géolocalisation. Facebook, Four square ou Google utilisent ainsi ce petit procédé pour permettre à leurs utilisateurs d'indiquer leur position, et voir immédiatement si d'autres amis sont dans le coin. Aujourd'hui, un simple clic, et l'application de notre téléphone se charge de donner notre emplacement, et ce de manière très précise. La géolocalisation permet de partager instantanément et d'échanger avec des personnes qui seraient au même endroit que vous. D'autres applications encore proposent de faire des rencontres via la géolocalisation, en indiquant sur une carte qui est autour de vous : restaurant, pause-café, cinéma, hôtels. Autres avantages, recevoir des offres spécifiques de commerçants ou restaurants en fonction de là où vous vous trouvez. La figure ci-dessous montre l'application Skyscanner qui permet de trouver un hôtel autour de nous.

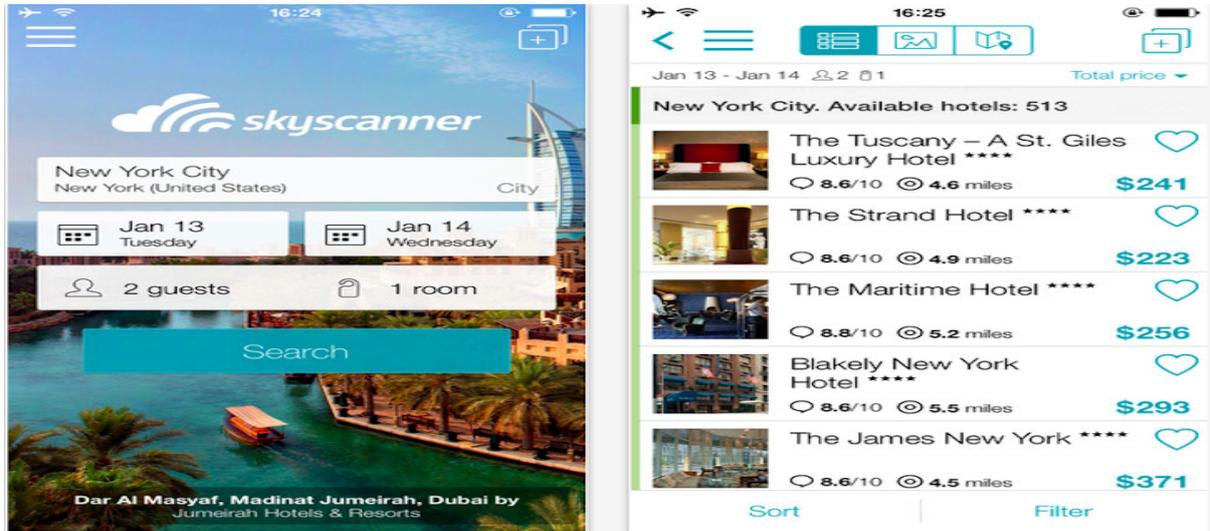


FIGURE 2.9 – Application Skyscanner pour trouver un hôtel.

2.8.3 Domaine de protection

La géolocalisation des enfants est nécessaire pour savoir en permanence où sont ces derniers. Certains parents rêvent de les surveiller à distance. Certains fabricants de matériel électronique ont décidé de permettre à ces parents inquiets de réaliser leurs attentes. Ces programmes peuvent être installés sur l'ordinateur permettant de surveiller ce que les enfants font sur Internet. D'autres peuvent être installés sur les téléphones mobiles. Le système Map mobile permet de situer sur un plan l'endroit où se trouve le propriétaire du téléphone. Il suffit d'aller sur Internet pour voir apparaître à l'écran ce plan et situer son enfant. La figure suivante illustre une application mobile qui permet de surveiller les enfants à distance [25].

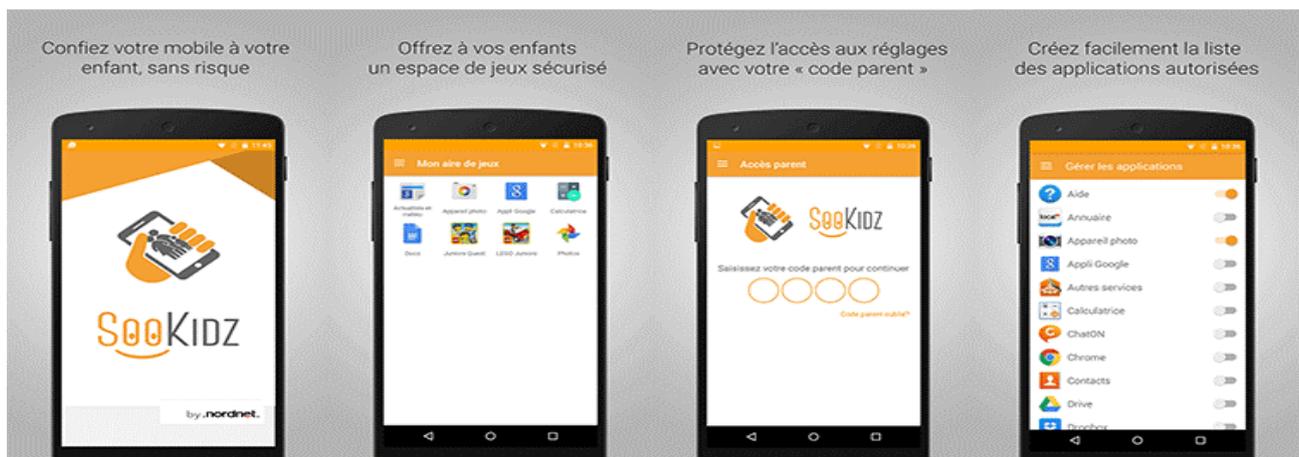


FIGURE 2.10 – Application mobile SookIDZ.

2.9 Géolocalisation et vie privée

Le succès phénoménal rencontré par le site de service public Géoportail démontre un engouement certain pour la géolocalisation. La multiplication de ces services et leur développement technologique est néanmoins facteur de risque juridiques nouveaux, au regard du droit de la vie privée. Le risque des sites de cartographie comme Géoportail ou Google Earth, semble encore limité dans la mesure où il ne concerne que quelques personnalités ne tolérant pas que soient divulguées la position de leur résidence, ou des autorités militaires qui tiennent à masquer les vues de certains sites sensibles. Dans ces cas précis, les réponses juridiques classiques, telles que le droit à la vie privée ou la protection du secret-défense, trouvent à s'appliquer. Il en serait certainement de même pour d'éventuelles atteintes que ces clichés causeraient à des biens, protégés par le droit de propriété. La question devient plus délicate en ce qui concerne les outils de géolocalisation active qui amènent à suivre en temps réel l'activité des personnes équipées. Il s'agit des systèmes recourant au GPS ou au GSM, qui permettent entre autres, la localisation de téléphones mobiles, d'automobiles ou de bracelets électroniques. Les principales finalités de ces systèmes étant la surveillance de personnes, dont il s'agit d'enfants mineurs, de salariés ou de condamnés en réinsertion [26].

2.10 Conclusion

Aujourd'hui, la géolocalisation est devenue un outil majeur de communication personnelle et professionnelle. Ceci est une évidence lorsque l'on sait que le taux d'équipement en Smartphone ne cesse de croître et cela se voit également à travers la multiplication des applications web et mobiles disponibles actuellement. Elle est en pleine croissance à cause d'applications intégrées dans des terminaux comme se propose Google Maps, ou des applications Android ainsi que d'autres usages comme la publicité géolocalisée, les réseaux sociaux ou la géolocalisation des objets à distance en utilisant le Big Data qui est un concept permettant de stocker un nombre indicible d'informations sur une base numérique, sous forme d'un circuit intégré qui rassemble les principaux composants d'un ordinateur sur une seule puce électronique, System on a Chip (SoC) comme le NodeMCU/ESP8266 que nous allons voir dans le chapitre suivant.

CHAPITRE

3

CONCEPTION ET RÉALISATION DU
SYSTÈME IOT

3.1 Introduction

Jour après jour, la géolocalisation des objets joue un rôle très important dans plusieurs domaines, tels que le domaine militaire, le domaine civil, la vie quotidienne, etc.

Dans ce chapitre, nous allons construire un système de suivi d'un patient qui souffre de la maladie d'Alzheimer, à partir d'un récepteur GPS et une carte NodeMCU/ESP8266 qui capture les coordonnées actuelles et les envoie vers un serveur à l'aide d'une requête HTTP, puis de serveur vers une application mobile/web. L'application mobile/web réside également sur le serveur, et l'échange de données se fera par un protocole de communication sans fil Wi-Fi. La figure ci-dessous présente le diagramme de haut niveau du projet à réaliser.

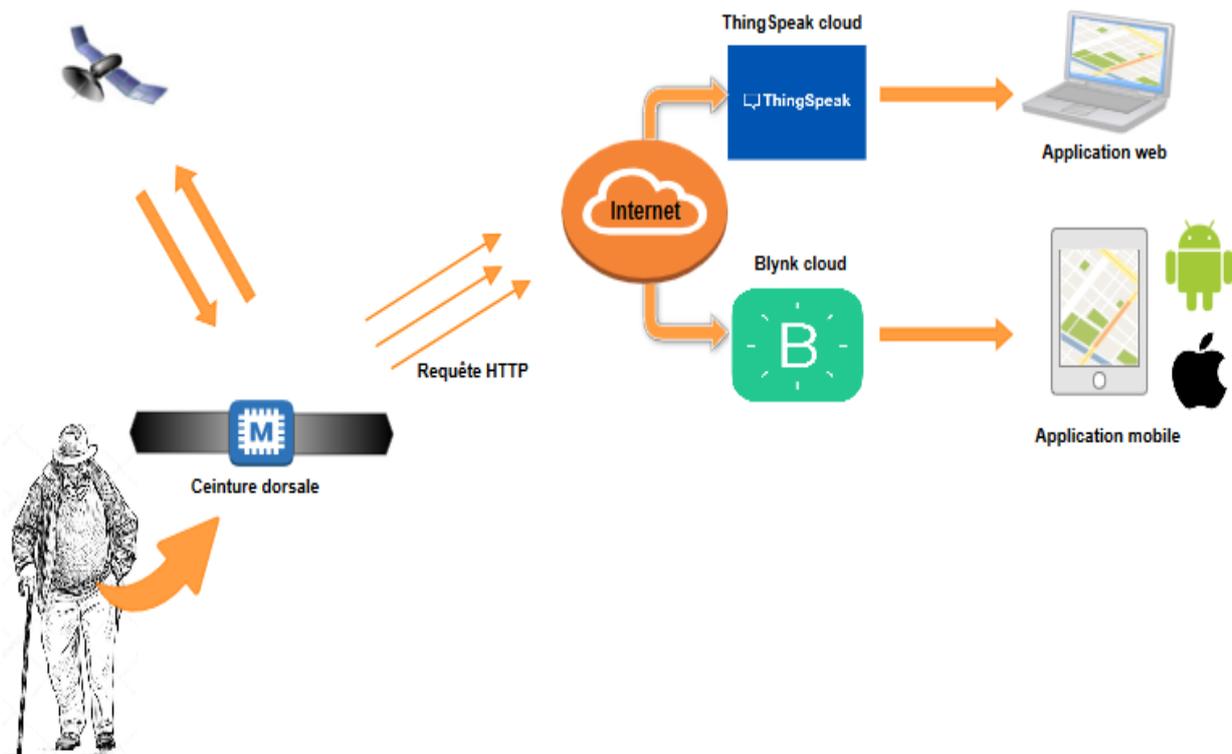


FIGURE 3.1 – Architecture de l'application.

Pour accomplir ce projet, ce chapitre a été organisé selon plusieurs aspects. Tout d'abord, nous allons décrire tous les détails concernant la partie matérielle qui a été utilisée dans le présent projet. Après cela, nous présenterons les différentes plateformes de développements et logiciels utilisés. En outre, nous allons expliquer en détails la conception de notre projet qui est basé sur la localisation d'un patient d'Alzheimer, et nous montrerons les résultats obtenus à la fin du chapitre. Enfin, le projet concret a été achevé par une conclusion.

3.2 Matériel requis

La partie matérielle représente tout ce qui est des dispositifs, objets, composants nécessaires utilisés pour réaliser notre travail. Dans cette section, nous allons décrire chaque composant individuellement et expliquer leur rôle pour la constitution de ce projet. Sachant, que nous allons utiliser quatre dispositifs : carte NodeMCU/ESP8266, un module GPS, un modem Wi-Fi portatif, et une petite batterie pour les alimenter.

3.2.1 La carte NodeMCU/ESP8266 LoLin V3

La carte de développement LoLin V3 NodeMCU/ESP8266 Lua Wi-Fi est une puce hautement intégrée conçue pour les besoins d'un nouveau monde connecté (voir la figure 3.2). Elle offre une solution de réseau Wi-Fi complète et autonome, ce qui lui permet d'héberger l'application ou de décharger toutes les fonctions réseau Wi-Fi d'un autre processeur d'application.

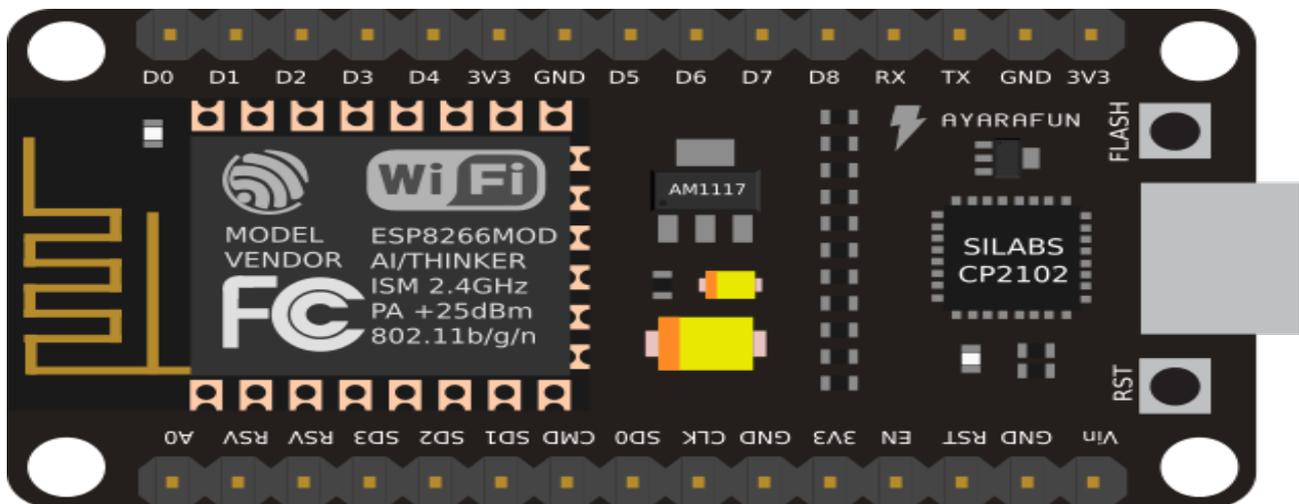


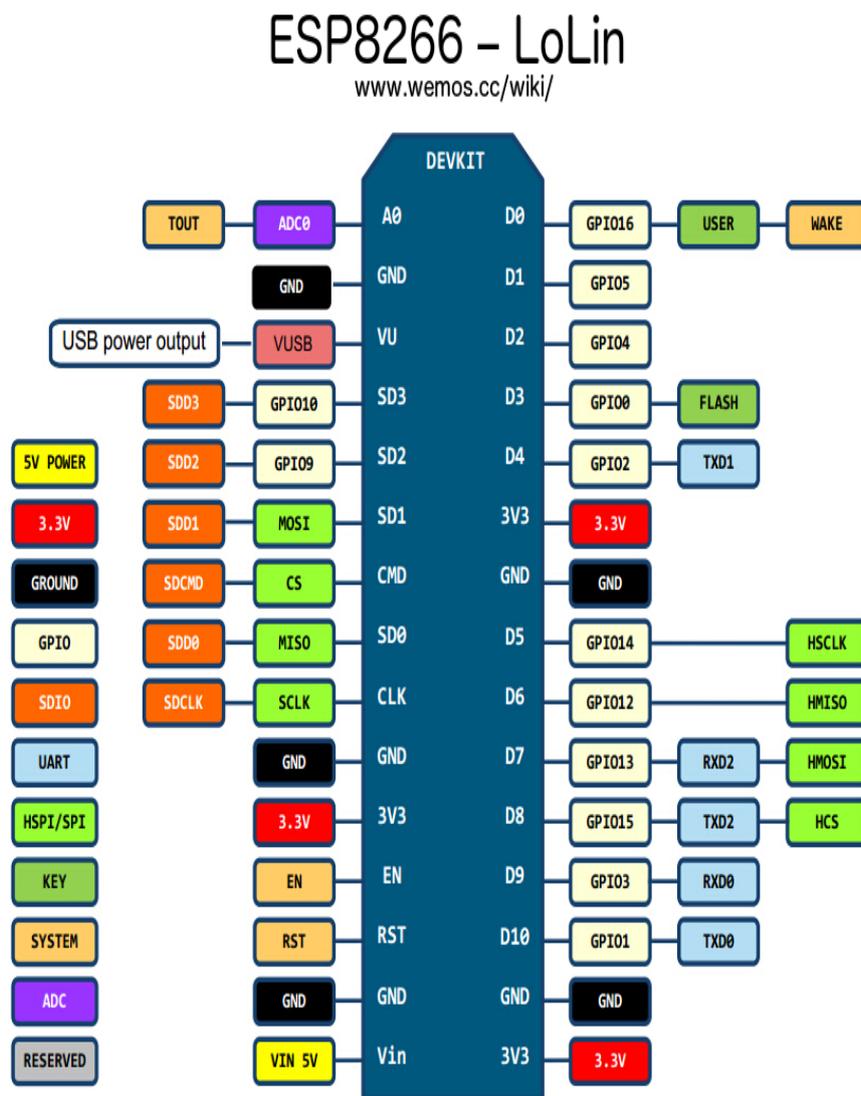
FIGURE 3.2 – La carte LoLin NodeMCU/ESP8266 V3.

Elle dispose de puissantes capacités de traitement et de stockage embarqué qui lui permettent d'être intégré aux capteurs, et autres périphériques spécifiques à l'application via ses GPIO avec un minimum de développement initial et un chargement minimal pendant l'exécution. Son haut degré d'intégration sur la puce permet un circuit externe minimal, et la solution complète y compris le module frontal est conçue pour occuper une surface PCB minimale.

La carte de développement LoLin V3 NodeMCU/ESP8266 Lua Wi-Fi, combine un processeur de 80 MHz, 32 bits avec la prise en charge 802.11 a, b, g et n en mode station et routeur à un prix fantastique, permettant un Internet des Objets omniprésent et peu coûteux. Nous avons décidé de choisir la dernière version du NodeMCU/ESP8266, le V3. Nous pensons également qu'elle est opportune d'offrir ce module, car l'IDE Arduino prend désormais en charge l'ESP8266. C'est beaucoup plus facile à utiliser que la programmation avec d'autres IDE, mais si vous le souhaitez, vous pouvez utiliser le langage de script Lua. Presque toutes les fonctions de base Arduino sont complètement utilisables y compris, Wi-Fi, serveur Web, les broches GPIO, interruptions,

EEPROM, bibliothèque de fils (I2C), minuteurs, capteurs de température DS1820, DHT11 capteurs, MQTT, horloges en temps réel et autres.

Les modules ESP8266 peuvent être difficiles à flasher, mais c'est un processus assez homogène utilisant l'IDE Arduino, car, la plupart du temps, les cartes ne nécessitent aucune intervention pour télécharger votre sketch. De temps en temps, vous devez appuyer sur flash/reset pour télécharger. Pour plus de détails, la figure 3.3 montre toutes les broches de notre carte NodeMCU pour l'utiliser facilement.



D0(GPIO16) can only be used as gpio read/write, no interrupt supported, no pwm/i2c/ow supported.

FIGURE 3.3 – Broches de la carte LoLin NodeMCU V3.

Les caractéristiques de cette carte sont les suivantes [27] :

- Open-source, interactif, programmable, faible coût, simple, intelligent, Wi-Fi activé.
- Cette carte est pré-flashée avec NodeMCU.
- Cette carte de développement LoLin V3 Lua Wi-Fi, contient un module Wi-Fi ESP8266 complet avec tous les GPIO cassés, une interface série USB complète et une alimentation électrique sur un seul package. Le NodeMCU/ESP8266 est un projet open-source et vous pouvez trouver tous les fichiers de conception et ainsi de suite depuis leur page GitHub.

Le module Wi-Fi ESP8266-12E est un SoC autonome avec une pile de protocoles TCP/IP intégrée qui permet à n'importe quel microcontrôleur d'accéder à votre réseau Wi-Fi (voir la figure 3.4). L'ESP8266-12E est capable d'héberger une application ou de décharger toutes les fonctions réseau Wi-Fi d'un autre processeur d'application. Ce module est livré avec le firmware des commandes AT qui vous permet d'obtenir des fonctionnalités comme le bouclier Wi-Fi Arduino, mais vous pouvez charger différents firmwares pour faire votre propre application sur la mémoire et le processeur des modules.

C'est un module très économique et bénéficie d'un soutien communautaire énorme et croissant. Ce module dispose d'un processeur 32 bits de faible puissance de 80 MHz qui peut être utilisé pour les firmwares personnalisés. Il transforme le monde avec son faible coût et ses fonctionnalités élevées, ce qui en fait un module idéal pour Internet des Objets. Il peut être utilisé dans n'importe quelle application où vous devez connecter un périphérique à votre réseau local ou à l'Internet.

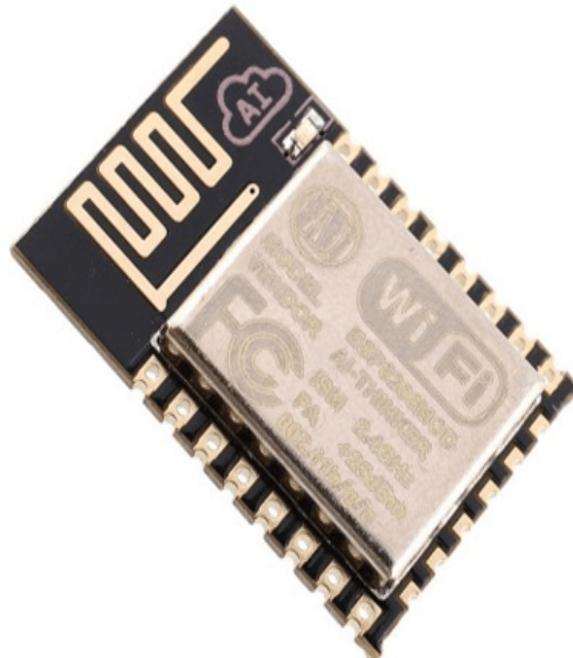


FIGURE 3.4 – ESP8266-12E.

Les caractéristiques de ce module sont les suivantes [28] :

- 802.11 b / g / n.
- Wi-Fi Direct (P2P).
- Pile de protocole TCP/IP intégrée.
- Puissance de sortie de 19.5 dBm en mode 802.11b.
- Couper le courant de fuite de $\leq 10\mu\text{A}$
- Réveillez-vous et transmettez les paquets en $\leq 2\text{ms}$.
- Consommation en veille de $\leq 1.0\text{mW}$.
- Modes point d'accès et station.
- Un processeur 32 bits intégré de faible puissance pourrait être utilisé comme processeur d'application.

3.2.2 Le module GPS GY-NEO6MV2

Ce récepteur GPS puissant et peu coûteux est basé sur le célèbre et haut module GPS u-Blox NEO6M. Il est livré avec une petite batterie pour le démarrage à chaud, et il y a également une mémoire EEPROM intégrée. Pour offrir une meilleure réception du signal, il y a une antenne externe en céramique qui se connecte à la carte via un connecteur U.FL. La figure 3.5 présente ce module.



FIGURE 3.5 – Module GPS GY-NEO6MV2.

Le récepteur GPS peut fonctionner de 3.3V à 5V, ainsi toutes ces cartes de 5V Arduino (CT-UNO, Maker-UNO, Arduino-UNO, Méga, Leonardo et beaucoup plus) et le contrôleur 3.3V qui incluent Arduino et Raspberry Pi, fonctionnent parfaitement avec ce module GPS. Bien qu'il soit compatible à 5V, vous aurez besoin

d'un shifter de niveau approprié pour l'interface avec la ligne série (UART), veuillez utiliser un levier de niveau approprié pour le faire. Et prenez note, ce n'est pas le blindage Arduino ou le facteur de forme Raspberry Pi HAT, vous devrez faire un peu de câblage manuel pour l'interfacer avec la carte contrôleur. Les caractéristiques de ce module sont les suivantes [29] :

- Basé sur le module GPS u-Blox NEO6M avec une batterie de sauvegarde intégrée et EEPROM intégrée.
- Livré avec une antenne céramique U.FL externe pour une meilleure réception.
- Il est compatible avec diverses cartes de contrôleur de vol conçues pour fonctionner avec un module GPS, APM2.0 et APM2.5, pour n'en nommer que quelques-unes.
- Ce module a un régulateur de tension intégré et il est parfois appelé GY-GPS6MV2.
- Tension de fonctionnement : 3.3V à 5V DC.
- Interface de communication : UART TTL, 9600 bps.
- Indicateur de signal LED.
- VCC : Alimentation du module GPS.
- RX : Données reçues dans (entrée dans le module GPS).
- TX : transmission de données (sortie du module GPS).
- GND : Terre (Logique et mise à la terre).
- Dimension : 36 x 26 mm.
- Poids : 22g.

3.2.3 Le modem/routeur portatif D-Link DWR-710

Le DWR-710 combine un modem 3G et un routeur Wi-Fi dans un adaptateur USB (voir la figure 3.6). La taille et un connecteur USB mince offrent la commodité portable où que vous soyez. Le DWR-710 vous permet de profiter de la 3G à tout moment et n'importe où, jusqu'à 21 Mbps lors de la connexion via HSPA+.

3.2.3.1 Connectivité mobile fiable

Le petit routeur DWR-710 offre une connectivité haut débit fiable pour les utilisateurs d'ordinateurs portables à la maison, au bureau, ou même voyager à l'étranger. Un routeur mince portable avec des vitesses fulgurantes rapides, le DWR-710 vous permet de faire plus avec votre connexion mobile 3G que jamais. Il suffit de le brancher et profiter d'un accès immédiat à l'Internet à tout moment et n'importe où.

3.2.3.2 Partager votre accès Internet

Le DWR-710 fonctionne également comme un routeur Wi-Fi, ce qui vous permet de le connecter à un réseau sans fil 3G et de partager votre connexion Internet mobile avec n'importe quel PC ou autre dispositif Wi-Fi. Lorsque vous activez le mode de partage Wi-Fi, jusqu'à six appareils tels que les téléphones intelligents, consoles de jeux portables, ordinateurs portables, appareils photo numériques auront accès rapide à votre connexion Internet 3G. Lorsque le mode de partage Wi-Fi est désactivé, vous pouvez garder votre PC connecté au réseau 3G tout en fermant sa radio Wi-Fi pour économiser la batterie.



FIGURE 3.6 – Modem/routeur DWR-710.

3.2.3.3 Des performances optimales avec la technologie HSPA+

Le petit routeur prend en charge le High Speed Uplink Evolved Packet Access (HSPA+) de la technologie, ce qui accroît le téléchargement maximal des vitesses allant jusqu'à 21 Mbps et des vitesses de téléchargement jusqu'à 5,76 Mbps qui contribuent à réduire la latence. HSPA+ est également compatible avec HSDPA, UMTS, EDGE, GPRS et technologies afin que vous puissiez rester connecté où que vous soyez.

3.2.3.4 Portabilité

Le dispositif est assez petit pour tenir dans votre poche, pas de piles, câbles ou matériel supplémentaire nécessaire. Le DWR-710 est facile à transporter et sa conception intuitive garantit la commodité portable.

3.2.3.5 Caractéristiques techniques

Toutes les caractéristiques techniques de ce dispositif sont décrites dans le tableau suivant [30] :

INSTALLATION	Installation automatique du logiciel / pilote
TEMPÉRATURES DE FONCTIONNEMENT	-10 à 55 °C
INDICATEURS	Signal LED (Couleurs variées), Wi-Fi
CERTIFICATIONS	CE, FCC, Wi-Fi
DIMENSIONS	95 x 30 x 11 mm
ANTENNES	Antenne principale 3G interne, antenne de diversité 3G interne, antenne Wi-Fi interne
INTERFACE	USB 2.0
TAUX DE DONNÉES	DL : jusqu'à 21 Mbps, UL : jusqu'à 5,76 Mbps
CONFIGURATION MINIMALE REQUISE	Windows XP / Vista / 7, Mac OS X 10.4 ou supérieur, 128 Mo de RAM ou plus, 50 Mo d'espace disque disponible
BANDES GSM (GSM/GPRS/EDGE)	Quadri-bande 850/900/1800/1900 MHz Classe de puissance 4 (850/900 MHz) Classe de puissance 1 (1800/1900 MHz)
NORMES	802.11g/b/n
UMTS/HSDPA/HSUPA/HSPA+	850/1900/2100 MHz ou 900/2100 MHz
SECURITY	WEP/WPA/WPA2
USB	USB 2.0
SMS	Circuit-commuté (GSM), sécurité, pare-feu intégré, WEP / WPA / WPA2
PUISSANCE DE SORTIE	6 dBm à 15 dBm
INDICATEURS LED (LED SIGNAL)	Violet : connexion HSPA+ Blue : connexion WCDMA/HSDPA/HSUPA Vert : connexion GSM/GPRS Rouge : SIM erreur / Pas de service Ambre : opérateur d'itinérance inutilisé trouvé
INDICATEURS LED (LED WI-FI)	Vert : Wi-Fi actif

TABLE 3.1 – Caractéristiques techniques de modem DWR-710.

3.2.4 La batterie Power Bank X-Star A88 type-c

La batterie Power Bank X-Star A88 type-c offre une solution élégante et innovante en piles rechargeables. Il faut savoir quand il est le temps de recharger avec l'affichage numérique pratique, qui affiche numériquement l'état du niveau de la batterie. Le profil compact, l'extérieur brillant et le design intuitif se combinent pour une utilisation confortable dans la paume de la main, la parenté pour indiquer les niveaux de charge, entrer en mode d'économie d'énergie après 1 minute. La conception spéciale permet de charger l'appareil tout en étant chargé, de charger deux smartphones ou un iPad à pleine vitesse (USB Output I : 5V - 2.1A et USB Output II : 5V - 1.5A), il vous fait gagner du temps et restez connecté en déplacement. La figure 3.7 présente cette batterie.



FIGURE 3.7 – Le Power Bank X-Star A88 Type-c.

Les caractéristiques de cette batterie sont résumées dans le tableau suivant [31] :

Capacité	12000 mAh
Support Type-c	Entrée et sortie
Entrée Micro-USB	DC 5V - 2,4 Ampères
Sorties USB	DC 5V - 2,4 Ampères
Sortie Type-c	DC 5V - 3 Ampères
Indicateur de niveau de batterie	Affichage numérique
Câbles inclus	Câble Micro-USB
Nombre de charges	2
Marche avec	Android, Apple, BlackBerry, smartphones et tablettes Windows
Couleur	Noir et blanc

TABLE 3.2 – Caractéristiques de la batterie Power Bank X-Star A88 type-c.

En outre, pour raccorder ces dispositifs, nous avons besoin de câbles tels que : des jumpers Arduino qui sont utilisés pour établir la connexion entre la carte NodeMCU et le module GPS, en plus de deux câbles USB pour relier le modem et le couple NodeMCU/GPS avec la batterie. Le circuit final est illustré à la fin de ce chapitre.

3.3 Logiciels et plateformes requis

L'objectif de cette section est de monter et d'expliquer les plateformes et logiciels utilisés pour réaliser notre projet. Elle se divise en deux parties : la partie web et la partie mobile.

3.3.1 Partie web

Pour cette partie, nous allons utiliser ThingSpeak qui est une API et une application open source pour « l'Internet des Objets », permettant de stocker et de collecter les données des objets connectés en passant par le protocole HTTP via Internet ou un réseau local. Avec ThingSpeak, l'utilisateur peut créer des applications d'enregistrement de données capteurs, des applications de suivi d'emplacements et un réseau social pour objets connectés, avec mises à jour de l'état. ThingSpeak peut être intégré aux plates-formes Arduino, Raspberry Pi, aux applications mobiles/web, aux réseaux sociaux et aux analyses de données avec MATLAB. La figure 3.8 décrit le principe de fonctionnement de ThingSpeak.

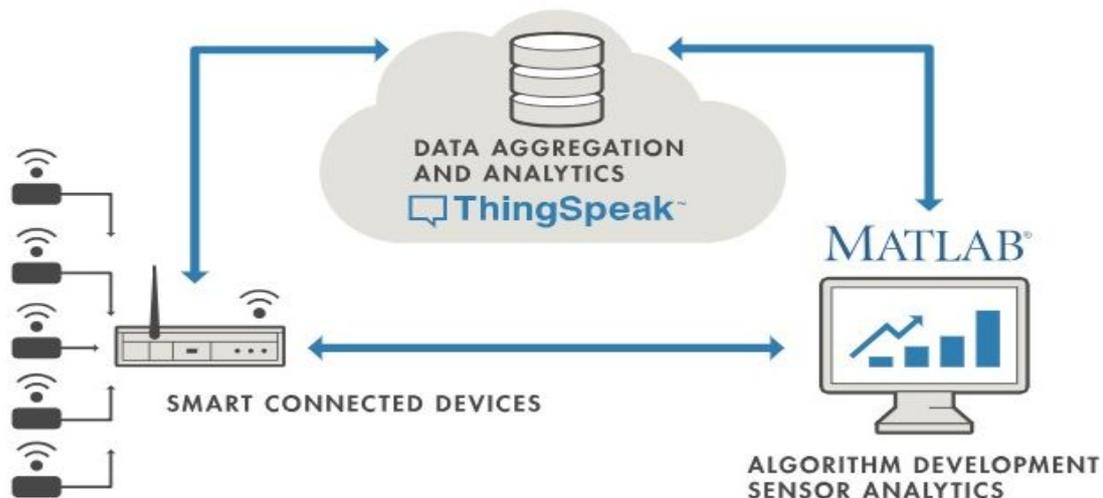


FIGURE 3.8 – Principe de fonctionnement de ThingSpeak.

ThingSpeak possède différentes fonctions qui sont :

- API ouverte : connectez des appareils et des applications via Internet pour envoyer et recevoir des données.
- Collecte de données en temps réel.
- Données de géolocalisation.
- Traitement des données.
- Visualisations de données.
- Messages d'état des circuits.

Pour pouvoir utiliser ThingSpeak, il faut d'abord créer un compte gratuitement dont les étapes sont indiquées et bien expliquées dans la partie suivante (la partie conception et réalisation du projet) [32].

3.3.2 Partie mobile

Pour la partie mobile, nous allons travailler sur une autre plateforme appelée Blynk. Blynk est une plateforme avec des applications iOS et Android pour contrôler Arduino, Raspberry Pi et les goûts sur Internet. C'est un tableau de bord numérique (voir la figure 3.9) dans lequel vous pouvez créer une interface graphique pour votre projet en faisant simplement glisser et déposer des widgets.



FIGURE 3.9 – Tableau de bord Blynk.

Blynk n'est pas lié à un tableau ou un bouclier spécifique. C'est le matériel de support de votre choix. Que votre Arduino ou Raspberry Pi soit relié à l'Internet via Wi-Fi, Ethernet ou cette nouvelle puce ESP8266. Blynk vous mettra en ligne et sera prêt pour Internet des Objets. Chaque projet réalisé avec Blynk peut être marqué et publié sur App Store et Google Play avec votre icône et le nom de votre application. Pour plus de détails, voir le site : <https://www.blynk.cc/> [33].

Après, nous allons besoin de l'installation d'un logiciel qu'il s'appelle Arduino IDE sur le PC. Il existe plusieurs versions de ce logiciel et pour notre projet, nous avons utilisé la dernière version 1.8.5. Le logiciel Arduino IDE open source facilite l'écriture de code et le téléversement sur la carte. Il fonctionne sous Windows, Mac OSX et Linux, l'environnement est écrit en Java et basé sur Processing et d'autres logiciels open-source. Ce logiciel peut être utilisé avec n'importe quelle carte Arduino. Pour le télécharger, vous devez consulter le site : <https://www.arduino.cc>.

3.4 Mise en œuvre du projet

Dans cette section, nous verrons l'étape finale pour construire notre projet. Pour cela, il suffit de suivre les étapes suivantes :

3.4.1 Etape 1 : Création d'un compte ThingSpeak

La première chose à faire est de consulter le site suivant : <https://thingspeak.com>. Vous obtiendrez la fenêtre suivante :



FIGURE 3.10 – Page d'accueil du site ThingSpeak.

Maintenant, cliquez sur « **Get Started For Free** » et remplir les champs suivants :

The image shows the 'Create MathWorks Account' form on the ThingSpeak website. At the top, there is a blue header with the ThingSpeak logo and navigation links for 'Channels' and 'Apps'. Below the header, the title 'Create MathWorks Account' is displayed. The form consists of several input fields: 'Email Address', 'User ID' (with a help icon), 'Password' (with a visibility icon), a dropdown menu for 'Algeria', 'First Name', and 'Last Name'. Below these fields, there is a checkbox labeled 'I accept the Online Services Agreement' and a link to 'See our privacy policy for details.'.

FIGURE 3.11 – Formulaire pour créer un compte MathWorks.

Comme vous voyez, pour créer un compte ThingSpeak, il faut d’abord créer un compte MathWorks qui a une relation étroite avec ThingSpeak. Toute la documentation de ThingSpeak est incorporée dans le site de documentation MATLAB de MathWorks et permet même d’activer les comptes utilisateurs MathWorks enregistrés comme identifiants de connexion valides sur le site web de ThingSpeak.

3.4.2 Etape 2 : Création d’un nouveau canal ThingSpeak

Après la création d’un compte MathWorks, il suffit de créer un canal qui permet d’obtenir les données envoyées par le GPS. Pour cela, vous devez cliquer sur « **Channels** » et remplir les champs représentés sur la figure 3.12 :

The image shows the 'New Channel' form on the ThingSpeak website. At the top is a blue navigation bar with the ThingSpeak logo and links for Channels, Apps, Community, and Support. Below the navigation bar is the title 'New Channel'. The form consists of several input fields: 'Name' with the value 'TsGps', 'Description' with the text 'Le premier canal pour mon application GPS.', 'Field 1' with the value 'Longitude', and 'Field 2' with the value 'Latitude'. Each field has a corresponding checked checkbox. At the bottom of the form is a green button labeled 'Save Channel'.

FIGURE 3.12 – Formulaire pour créer un canal ThingSpeak.

- Le champ « **Name** » contient le nom du canal, il est unique.
- Le champ « **Description** » contient un commentaire ou une description pour notre canal.
- Les champs « **Field 1** » et « **Field 2** » spécifient longitude et latitude de notre patient.

3.4.3 Etape 3 : Recherche de la clé API correspondant au canal ThingSpeak

Les clés API sont générées automatiquement lorsque vous créez un nouveau canal ThingSpeak. Elles vous permettent d'écrire des données sur un canal ou de lire des données à partir d'un canal privé. La figure 3.13 décrit la clé API pour envoyer les données au canal.

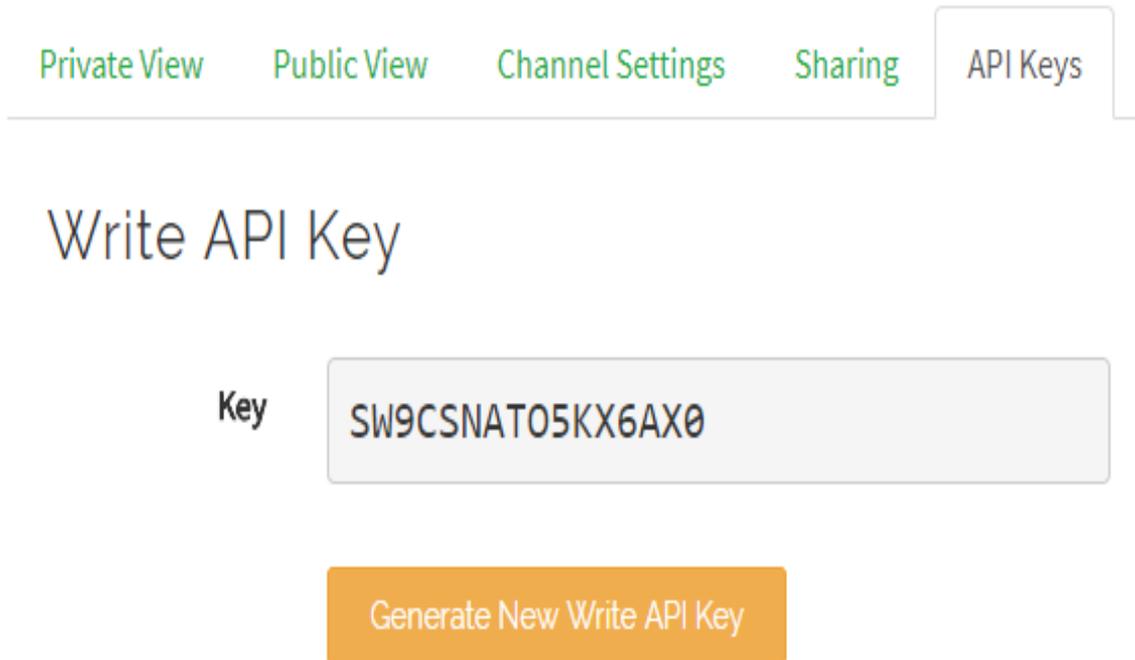


FIGURE 3.13 – La clé API pour envoyer les données au canal ThingSpeak.

La clé API pour lire les données à partir du canal est illustrée sur la figure ci-dessous :

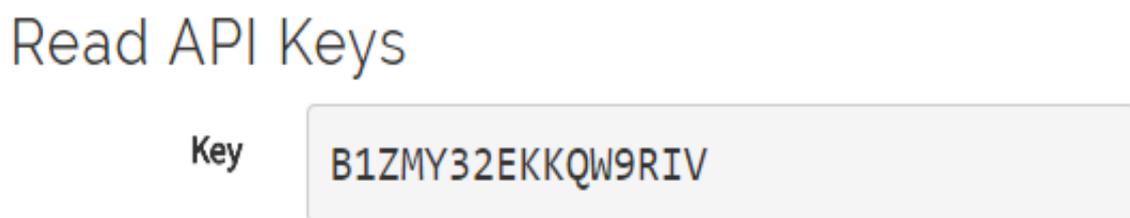


FIGURE 3.14 – La clé API pour lire les données à partir du canal ThingSpeak.

A ce moment là, le compte ThingSpeak a été créé. La figure 3.15 illustre l'état final du canal ThingSpeak.

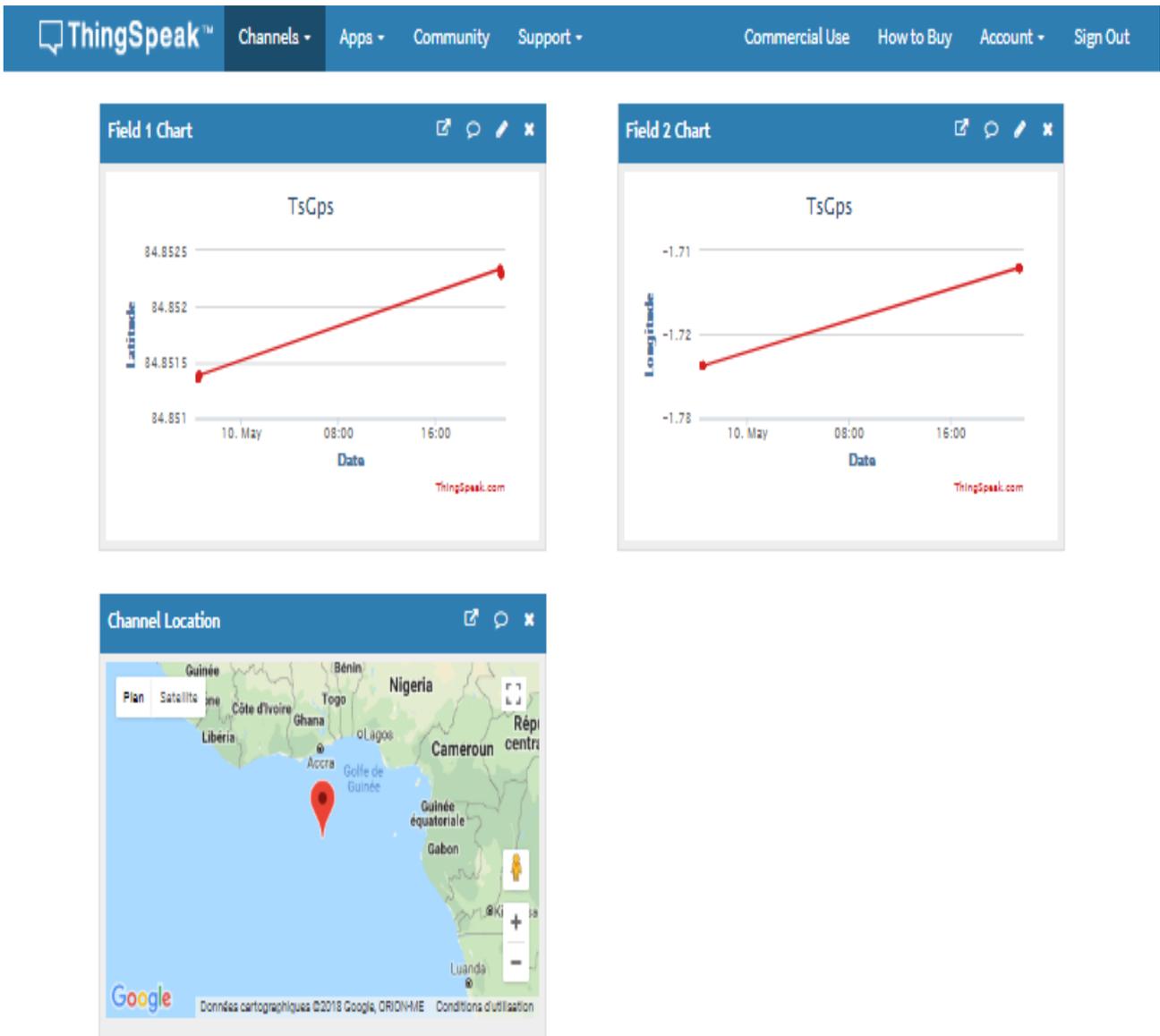


FIGURE 3.15 – Canal ThingSpeak.

3.4.4 Etape 4 : Création de l'application web

Après la création d'un compte et d'un canal ThingSpeak, vous devez développer une application web qui permet d'afficher la position exacte et en temps réel sur la carte. Notre application web est basée sur l'HTML5/CSS3 et de JavaScript. La figure 3.16 illustre l'état final de cette application.



FIGURE 3.16 – L'interface de l'application web du projet.

Comme vous voyez, il y a deux boutons : « **Get coordonates** » et « **Show Map** ». La première permet d'afficher les coordonnées actuelles de patients à suivre, et la deuxième permet d'afficher ces coordonnées directement sur la carte.

3.4.5 Etape 5 : Téléchargement de l'application Blynk

Pour commencer à utiliser la plateforme Blynk, vous devez aller sur App Store ou Google Play et télécharger l'application Blynk sur votre smartphone. La figure 3.17 montre l'application Blynk sur App Store.

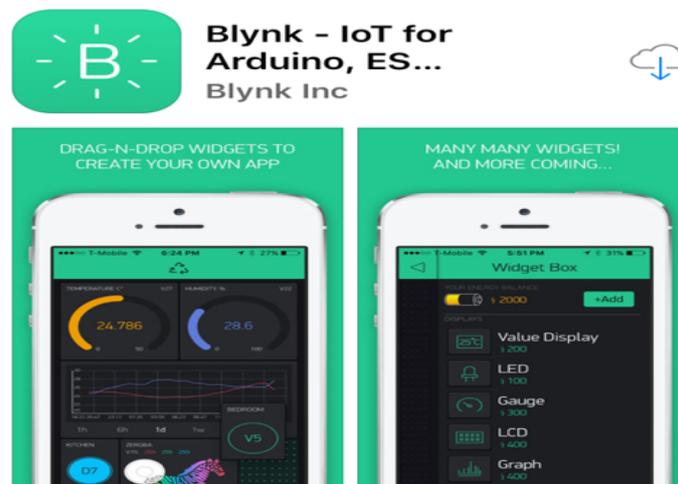


FIGURE 3.17 – L'application Blynk sur App Store.

3.4.6 Etape 6 : Création d'un compte Blynk

Cette étape consiste à créer un compte Blynk qui va vous permettre de commencer à utiliser votre application (voir la figure 3.18). Pour cela, vous devez cliquer sur « **Create New Account** » ou « **Log In With Facebook** », puis entrez un e-mail valide et choisissez un mot passe.

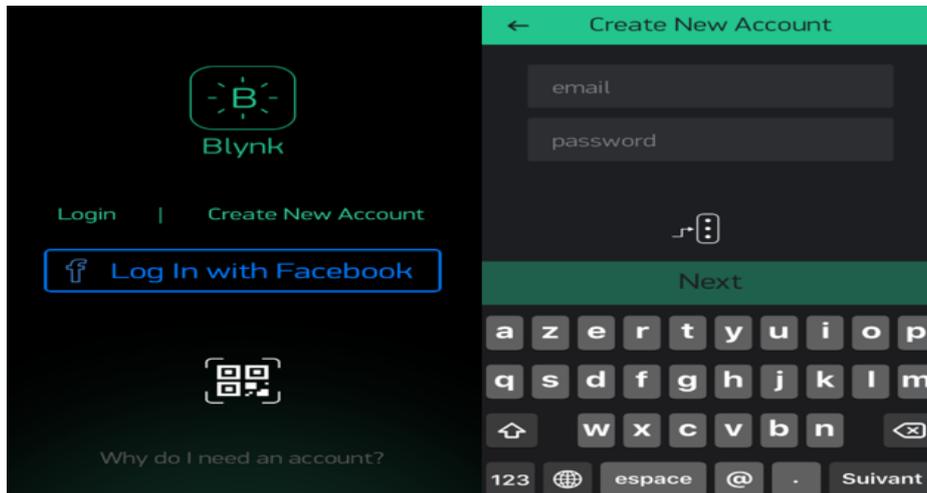


FIGURE 3.18 – Création d'un compte Blynk.

3.4.7 Etape 7 : Création d'un projet Blynk

Après la création d'un compte Blynk, vous pouvez créer votre projet. Pour cela, vous devez cliquer sur « **New Project** » et remplissez les champs suivants :

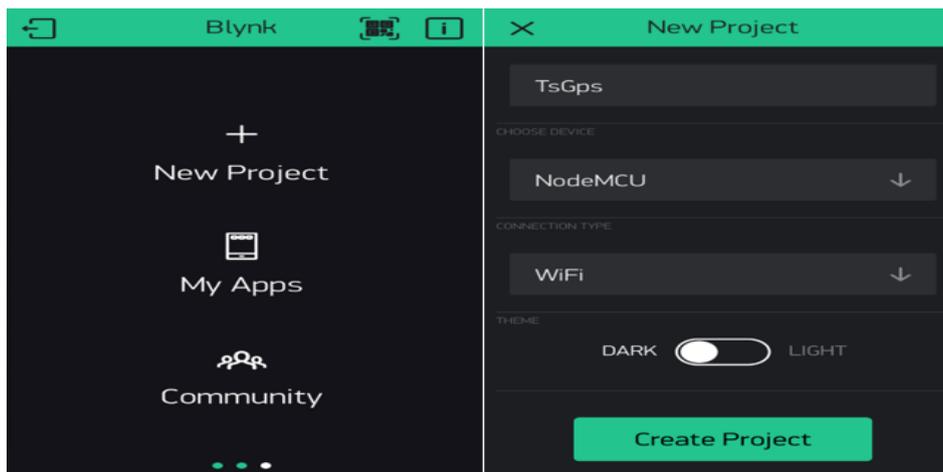


FIGURE 3.19 – Création d'un projet Blynk.

- Dans le premier champ, vous devez mentionner le nom du projet. Pour notre cas, le nom du projet est « **TsGps** ».
- Dans le deuxième champ, vous devez choisir l'appareil avec lequel vous réalisez votre projet. Pour notre cas, c'est la carte NodeMCU.
- Dans le troisième champ, vous devez choisir le type de connexion entre l'appareil choisi et cette application. Pour notre projet, l'échange de données se fait par Wi-Fi.
- Vous pouvez même changer le thème de l'application en blanc.

Après avoir rempli tous les champs, cliquez sur « **Create Project** » pour commencer de le réaliser. La figure 3.20 ci-dessous illustre le projet Blynk après la réalisation.

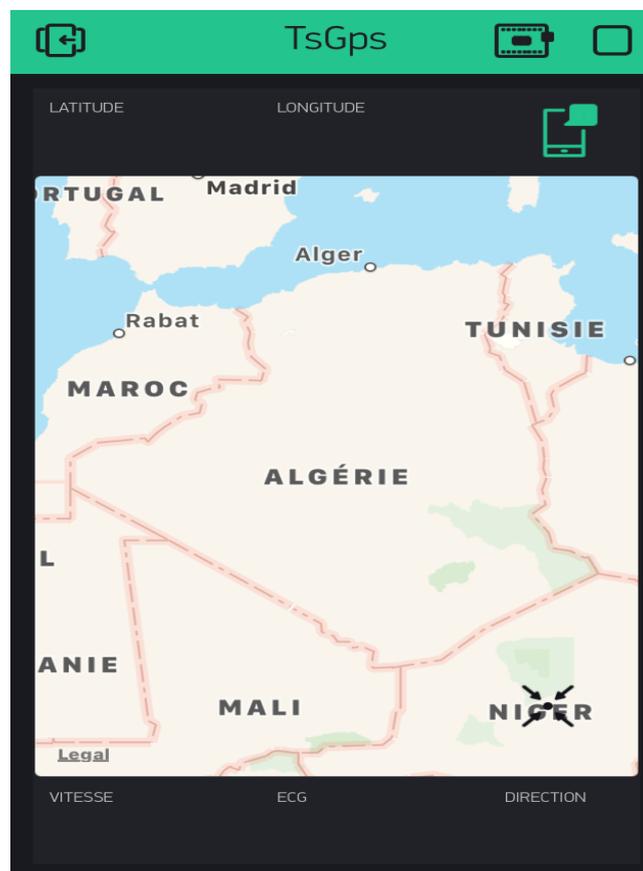


FIGURE 3.20 – Etat final du Projet Blynk.

3.4.8 Etape 8 : Connexion de la carte NodeMCU/ESP8266 au PC

Cette étape consiste à relier la carte NodeMCU/ESP8266 au PC via un câble USB pour la programmer (voir la figure 3.21). Le programme téléversé dans cette carte permet d'envoyer les coordonnées captées par le récepteur GPS au serveur via Internet puis vers notre application mobile/web.

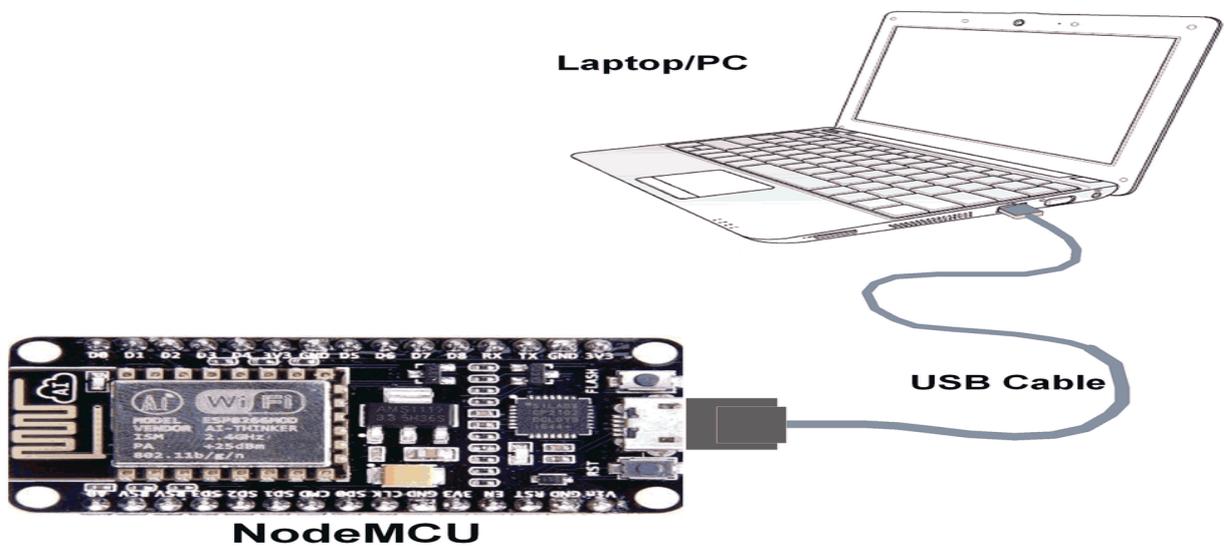


FIGURE 3.21 – Raccordement de la carte NodeMCU/ESP8266 au PC.

Premièrement, il suffit d’ouvrir l’Arduino IDE et commencer à programmer. Le programme est expliqué et détaillé dans les lignes suivantes. Lorsque vous ouvrez l’Arduino IDE vous obtiendrez la fenêtre suivante.



FIGURE 3.22 – Fenêtre d’accueil du logiciel Arduino IDE.

Deuxièmement, pour sélectionner la carte « NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) », il suffit de cliquer sur « Outils » puis sur « Type de carte ». La figure 3.23 illustre que la carte est bien sélectionnée.

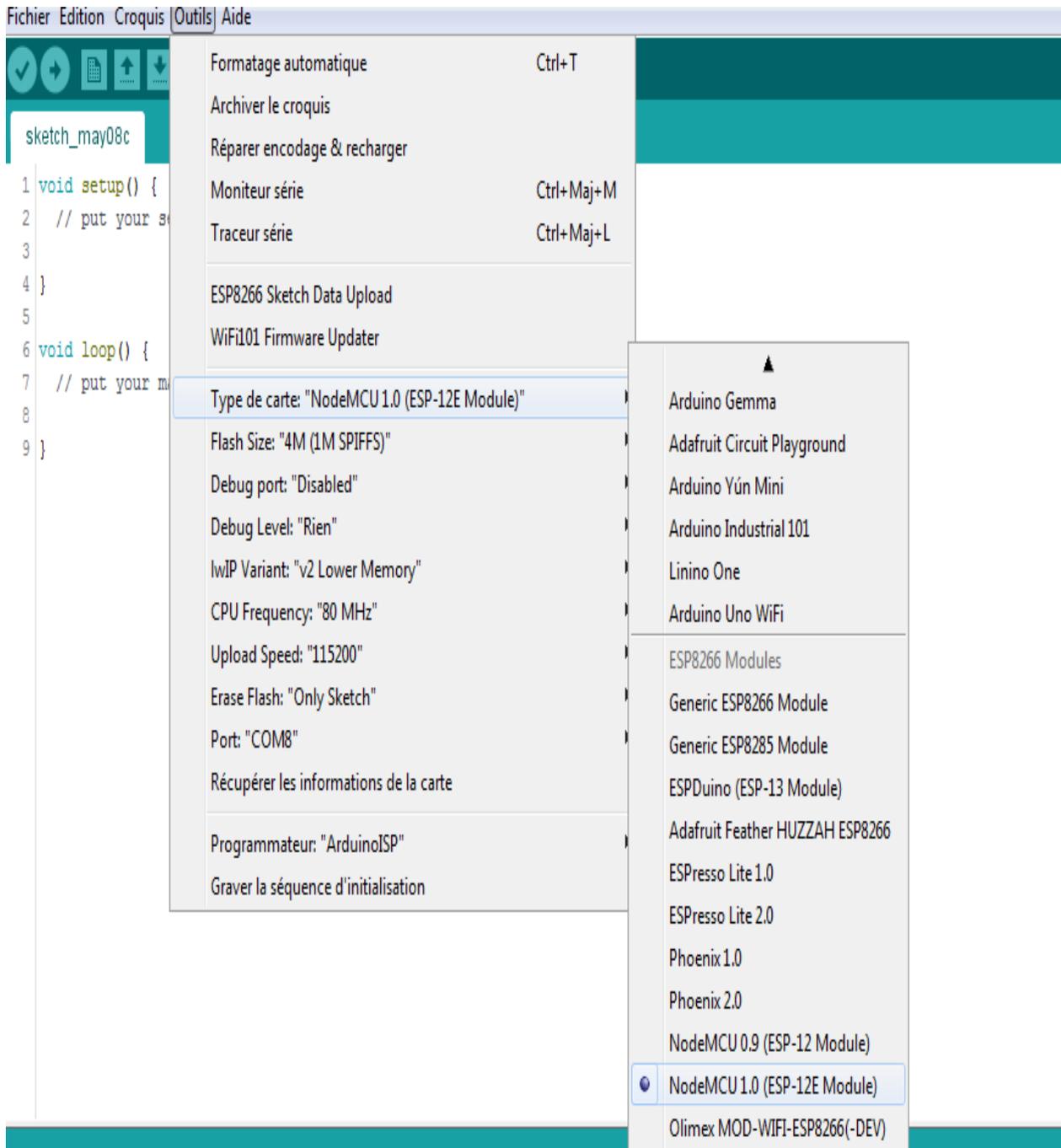


FIGURE 3.23 – Sélection de la carte NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module).

Troisièmement, vérifiez que le port série est bien sélectionné pour qu'on puisse téléverser le programme à la carte. Pour cela, il faut cliquer sur « **Port** » et vérifie qu'il est actif. La figure 3.24 montre que le port COM est bien choisi.

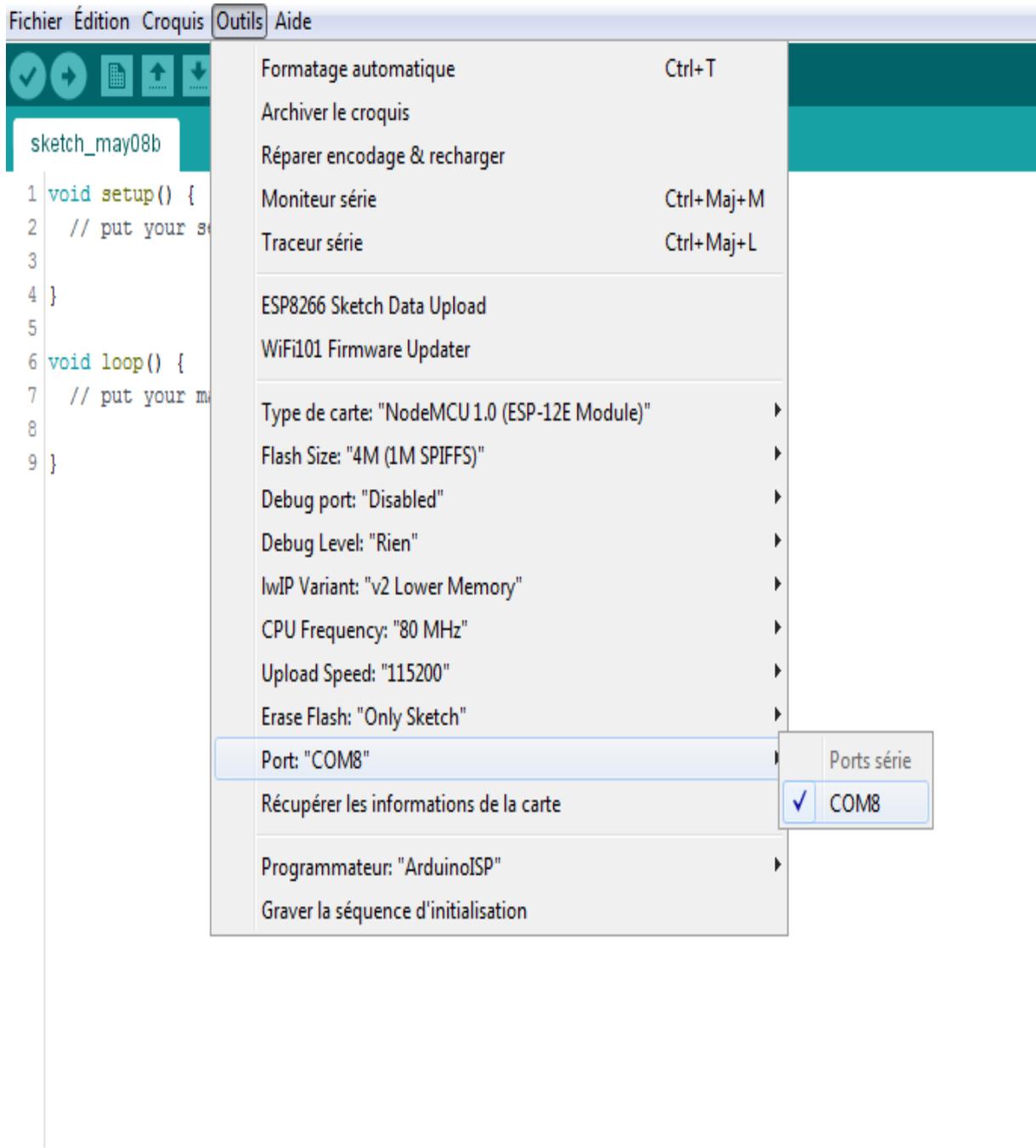
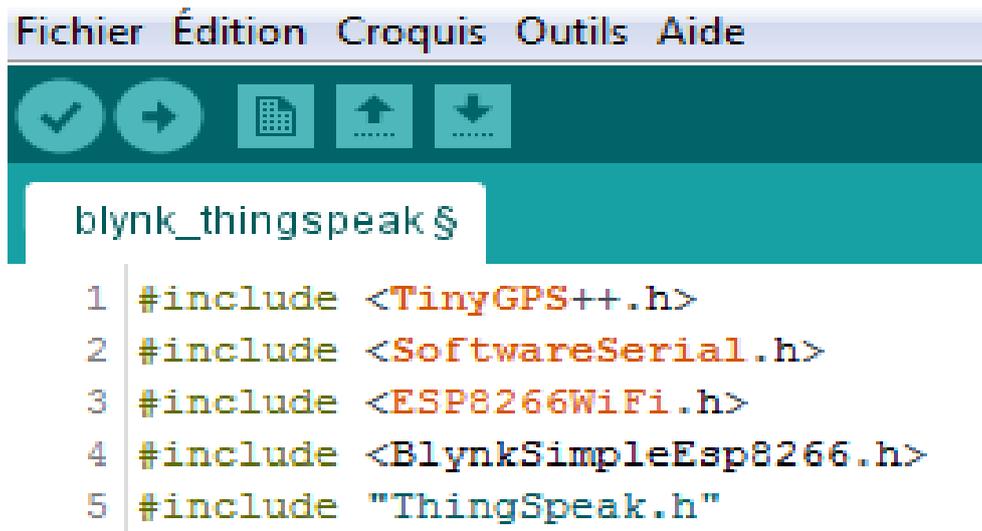


FIGURE 3.24 – Sélection du port série COM8.

Après avoir connecté la carte NodeMCU/ESP8266, vous pouvez commencer la programmation. Lorsque vous terminez, compilez le programme pour vérifier qu'il n'y a pas des erreurs, et après, vous pouvez le téléverser.

3.4.9 Etape 9 : Programmation de la carte NodeMCU/ESP8266

Pour que le programme s'exécute sans erreurs, vous devez tout d'abord télécharger des bibliothèques. Il existe cinq bibliothèques (voir la figure 3.25), et chacune a sa propre fonctionnalité pour réaliser ce programme. Ces bibliothèques sont les suivantes :



```

Fichier Édition Croquis Outils Aide
[Icons: Checkmark, Arrow, Document, Upload, Download]
blynk_thingspeak $
1 #include <TinyGPS++.h>
2 #include <SoftwareSerial.h>
3 #include <ESP8266WiFi.h>
4 #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
5 #include "ThingSpeak.h"
    
```

FIGURE 3.25 – Bibliothèques Arduino IDE nécessaires pour ce projet.

1. La bibliothèque « TinyGPS++.h » est une petite bibliothèque GPS pour Arduino fournissant une analyse NMEA universelle, qui va vous permettre d'utiliser le récepteur GPS GY-NEO6MV2. Pour la télécharger, vous devez consulter ce site :

<http://arduiniana.org/libraries/tinygpsplus/>.

2. La bibliothèque « SoftwareSerial.h » a été développée pour permettre la communication série sur les broches numériques de la carte NodeMCU/ESP8266. Vous pouvez la télécharger depuis le lien suivant : <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>.

3. La bibliothèque « ESP8266WiFi.h » permet de connecter le module ESP8266-12E au réseau Wi-Fi pour commencer à envoyer et recevoir les données. Cette bibliothèque est disponible sur le site : <https://github.com/ekstrand/ESP8266wifi>.

4. La bibliothèque « BlynkSimpleEsp8266.h » permet de relier le module ESP8266-12E à l'application mobile Blynk via une connexion Wi-Fi. Vous pouvez la télécharger depuis le site : <https://github.com/blynkkk/blynk-library>.

5. La bibliothèque « ThingSpeak.h » offre la connexion Internet à l'application web. Pour la télécharger vous devez consulter ce site : <https://www.arduinolibraries.info/libraries/thing-speak>.

Cependant, le programme commence par la déclaration de Pins Tx et Rx (Tx= D6, Rx= D5) de la carte NodeMCU/ESP8266, puis la définition de débit GPS en 9600 Baud. La figure 3.26 décrit tout ça.

```
8 | static const int RXPin = D5, TXPin = D6;  
9 | static const uint32_t GPSBaud = 9600;
```

FIGURE 3.26 – Pins et débit choisis.

De plus, pour envoyer les données GPS à l'application Blynk, la clé d'authentification doit être déclarée comme ci-dessous :

```
15 | char auth[] = "20a8f5587dd34c10ae8eee628c12cb12";
```

FIGURE 3.27 – Clé d'authentification Blynk.

Pour que le module ESP8266-12E puisse connecter au modem DWR-710, il suffit de saisir le nom et le mot de passe du réseau, comme il est indiqué sur la figure suivante :

```
16 | char ssid[] = "IHM";  
17 | char pass[] = "*****";
```

FIGURE 3.28 – Nom et mot de passe du réseau utilisé.

La consultation du canal ThingSpeak se fait par la déclaration de leurs ID et clé API, comme il est décrit ci-dessous :

```
12 | const char * myWriteAPIKey = "SW9CSNAT05KX6AX0";  
13 | unsigned long myChannelNumber =489418;
```

FIGURE 3.29 – Clé API et l'ID du canal ThingSpeak.

En outre, pour afficher les coordonnées actuelles de notre patient sur l'application web, il suffit d'écrire le code qui est décrit dans la figure 3.30.



```

35
36
37 void displayInfoThingspeak()
38 {
39   if (gps.location.isValid())
40   {
41     double latitude = (gps.location.lat());
42     double longitude = (gps.location.lng());
43
44     String latbuf; // Latitude.
45     latbuf += (String(latitude, 6));
46     Serial.println(latbuf);
47
48     String lonbuf; // Longitude.
49     lonbuf += (String(longitude, 6));
50     Serial.println(lonbuf);
51
52     ThingSpeak.setField(1, latbuf); // Envoyer latitude vers le champ 1 du canal ThingSpeak.
53     ThingSpeak.setField(2, lonbuf); // Envoyer Longitiude vers le champ 2 du canal ThingSpeak.
54     ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey); // ID et la clé API du canal ThingSpeak.
55
56     delay(20000); // Délai d'envoi de coordonnées.
57   }
58
59   else
60   {
61     Serial.print(F("INVALID"));
62   }
63 }

```

FIGURE 3.30 – Code d’affichage les coordonnées actuelles sur ThingSpeak.

Enfin, il faut écrire le code ci-dessous pour afficher les coordonnées actuelles, la direction, et la vitesse du patient sur notre application mobile Blynk.



```
102
103 void displayInfoBlynk()
104 {
105   if (gps.location.isValid() )
106   {
107
108     float latitude = (gps.location.lat());
109     float longitude = (gps.location.lng());
110
111     Serial.print("LAT: ");
112     Serial.println(latitude,6);
113     Serial.print("LONG: ");
114     Serial.println(longitude, 6);
115     Blynk.virtualWrite(V1, String(latitude, 6)); // Envoyer latitude dans le champ virtuel 1 de l'application Blynk.
116     Blynk.virtualWrite(V2, String(longitude, 6)); // Envoyer longitude dans le champ virtuel 2 de l'application Blynk.
117     myMap.location(move_index,String(latitude, 6) ,String(longitude, 6) ,"Ma position"); // Affichage la position du patient sur une carte.
118
119     spd = gps.speed.kmph(); // Obtenir la vitesse de notre patient.
120     Blynk.virtualWrite(V3, spd);
121
122     sats = gps.satellites.value(); // Obtenir le nombre de satellites qui ont en connexion avec le recepteu GPS.
123     Blynk.virtualWrite(V4, sats);
124
125     bearing = TinyGPSPlus::cardinal(gps.course.value()); // Obtenir la direction.
126     Blynk.virtualWrite(V5, bearing);
127
128   }
129   Serial.println();
130 }
```

FIGURE 3.31 – Code d’affichage les coordonnées sur Blynk.

3.4.10 Etape 10 : Raccordement de dispositifs

Premièrement, on va commencer tout d'abord par le rattachement de la carte NodeMCU/ESP8266 avec le module GPS. Pour cela, il suffit de lire le tableau suivant pour réaliser le branchement.

Module GPS GY-NEO6MV2	NodeMCU/ESP8266
GND	GND
Vcc	3.3V
Tx	D5
Rx	D6

TABLE 3.3 – Pin/out du module GPS et la carte NodeMCU/ESP8266.

Après le rattachement du couple précédent, vous obtiendrez le schéma suivant :

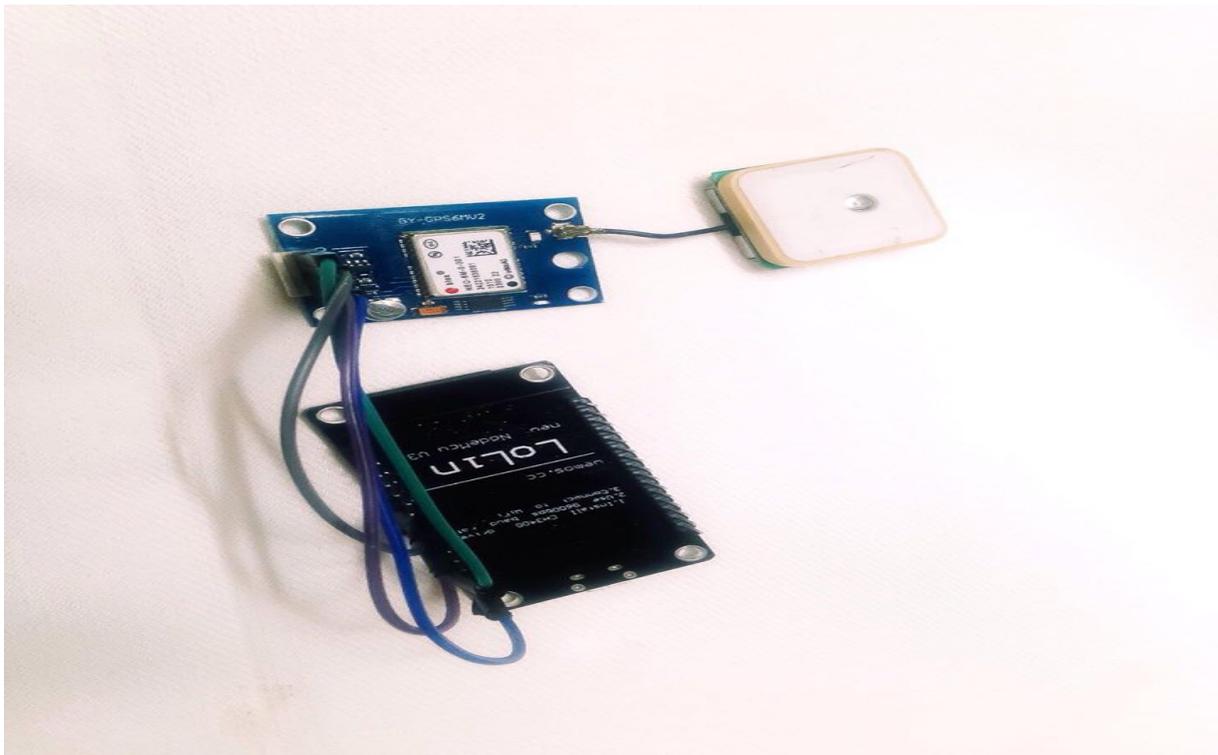


FIGURE 3.32 – Rattachement de NodeMCU/ESP8266 avec le module GPS GY-NEO6MV2.

Deuxièmement, on doit ajouter le routeur portatif Wi-Fi DWR-710 au couple précédent (NodeMCU/Module GPS) qui offre la connexion sans fil au module ESP8266-12E pour qu'elle puisse envoyer les coordonnées GPS au serveur puis vers l'application mobile/web. En outre, il faut insérer la carte SIM au modem puis alimenter le circuit à l'aide de la batterie. La figure 3.33 illustre le circuit final de tous dispositifs.

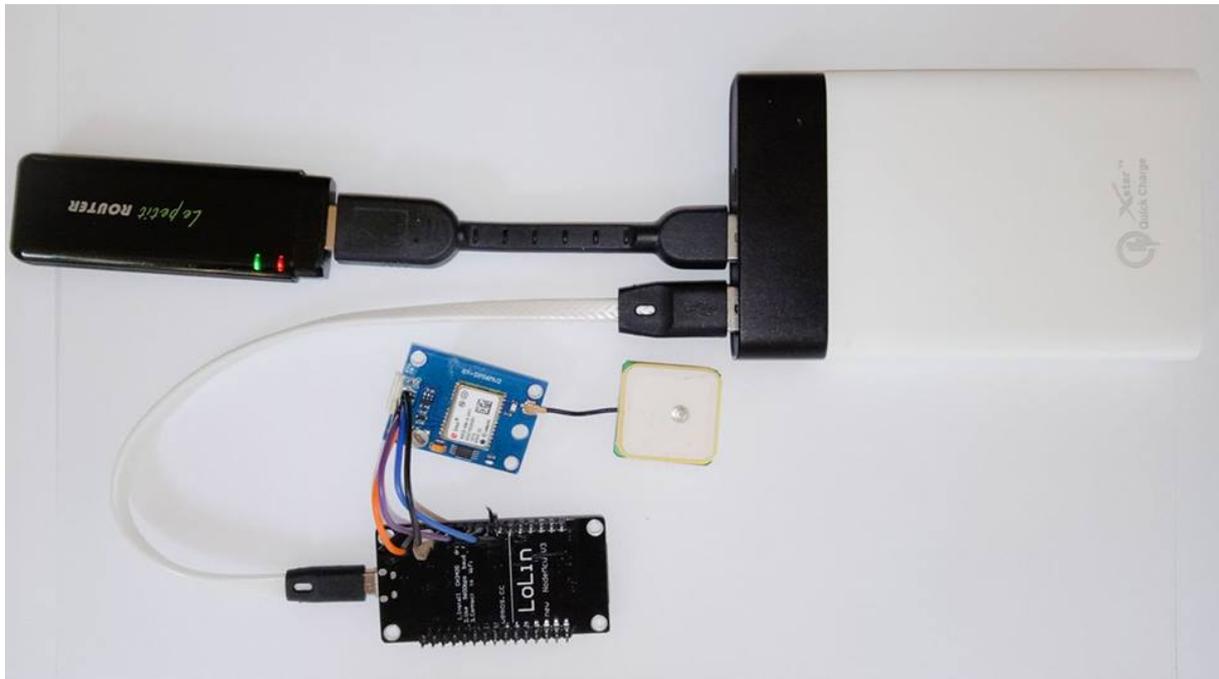


FIGURE 3.33 – Le circuit final du projet

Finalement, on doit cacher le circuit illustré sur la figure précédente dans la ceinture dorsale (voir la figure 3.34), ce que le patient doit porter pour pouvoir le suivre partout où il se trouve.



FIGURE 3.34 – Le circuit final caché dans la ceinture dorsale.

3.4.11 Etape 11 : Résultats obtenus

À ce stade, nous présenterons les résultats obtenus après l'achèvement de notre projet. La figure suivante montre les résultats obtenus sur l'application mobile.

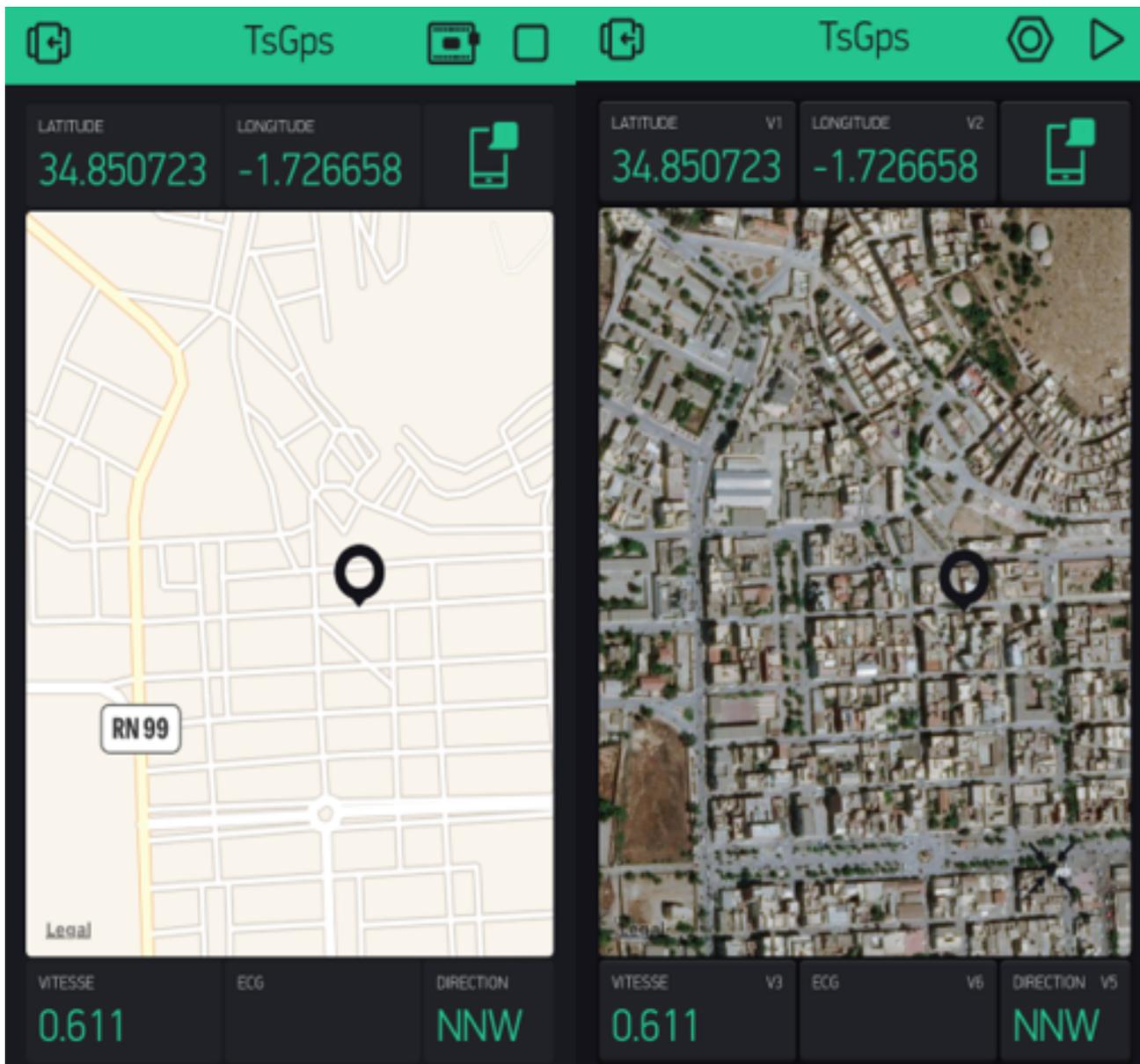


FIGURE 3.35 – Localisation du patient via l'application mobile.

En outre, les résultats obtenus pour l'application web sont illustrés sur la figure ci-dessous.

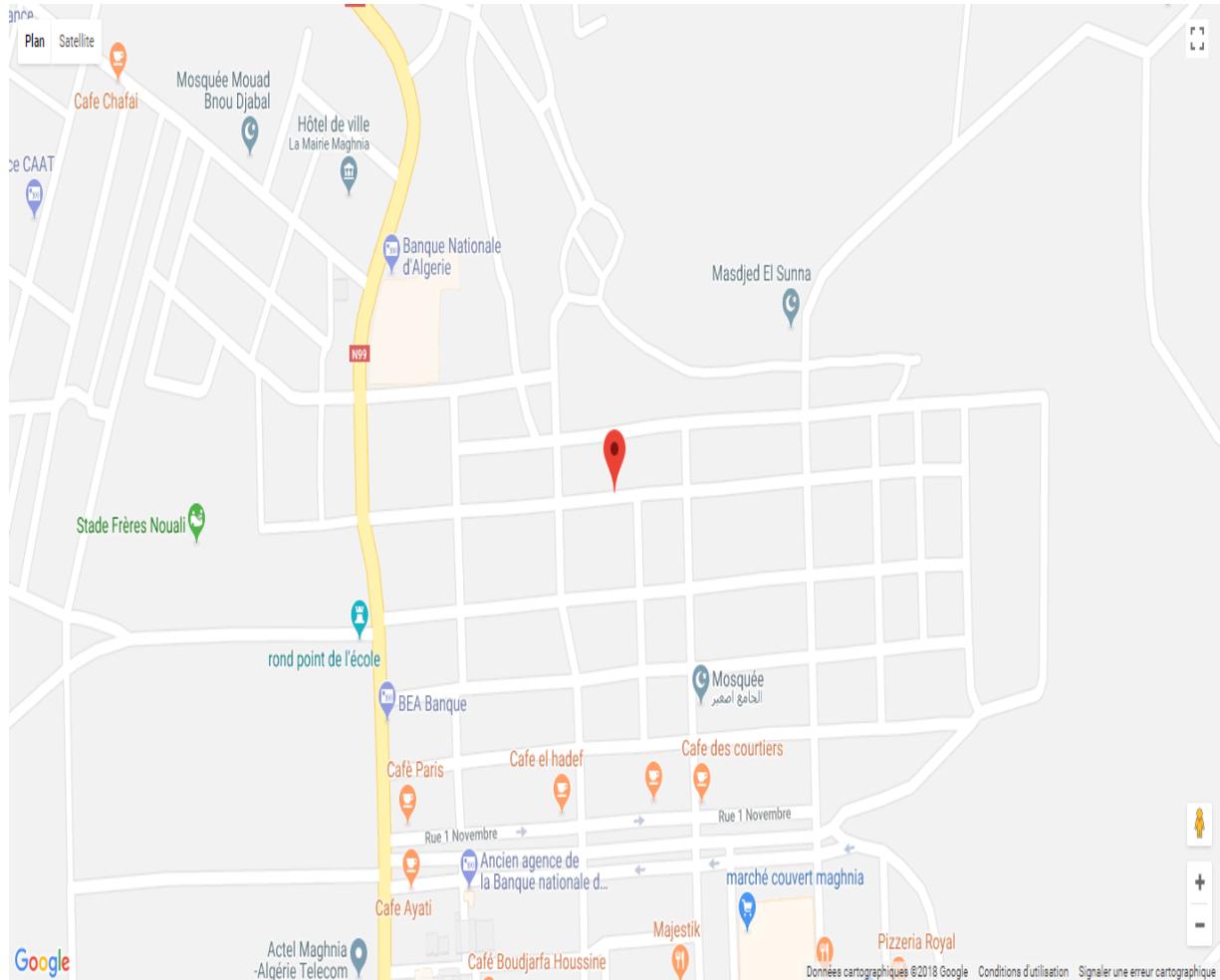


FIGURE 3.36 – Localisation du patient via l'application web.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appris comment construire un système de localisation à distance avec un récepteur GPS et une carte NodeMCU/ESP8266, pour suivre un patient qui souffre de la maladie d'Alzheimer, par le biais d'une application web et une application mobile Android/iOS. Ce chapitre est composé de plusieurs étapes, et chaque étape a son importance pour la conception de notre projet. Pour l'étape finale, nous avons vu les résultats obtenus en montrant l'emplacement de la personne sur la carte à partir d'un PC ou d'un smartphone de système iOS ou Android.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Notre projet de fin d'études sert à réaliser un système IoT pour localiser des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer lorsqu'ils sortent en dehors de leurs domiciles. Ce système permet à ces personnes de déplacer d'une façon naturelle, sans craindre qu'ils puissent se perdre, car vous savez exactement où ils se trouvent à tout moment.

Le patient peut être localisé et suivi par le biais de n'importe quel ordinateur ou un téléphone intelligent Android/iOS en toute liberté avec des outils faciles et simples à exploiter. On peut également connaître sa direction, sa vitesse, et même sa position exacte sur la carte. Le projet était vraiment intéressant mais assez difficile à faire puisque nous commençons à partir de zéro. Notre connaissance de la programmation et de l'électronique n'était pas encore suffisante au début du projet, et nous avons dû faire beaucoup de recherches avant de pouvoir faire notre travail. Ceci nous a pris beaucoup de temps et un effort personnel assez considérable pour bien comprendre comment ce projet a fonctionné, mais c'était une excellente mise en pratique des connaissances acquises tout au long de cette durée.

Le travail réalisé peut être amélioré, et comme perspectives, nous devons ajouter d'autres fonctionnalités capables de faciliter de plus en plus le travail, à titre d'exemple : identifier une certaine zone autour de la maison, si le patient passera cette zone, une alerte téléphonique se cloche pour vous informer, que le patient est en dehors de la zone spécifiée. De plus, on peut ajouter des capteurs permettant de mesurer le rythme cardiaque du patient, sa température, et même détecter sa chute.

Enfin, ce projet a été l'occasion pour nous de présenter le domaine embarqué qui est devenu aujourd'hui un domaine de recherche majeur.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GEOFFRAY Sylvain. "*HISTOIRE DE L'INTERNET DES OBJETS AU FIL DU TEMPS*". ARUCO. [en ligne] (publie le 11 Août 2014). Disponible sur le site : <https://aruco.com/2014/08/infographie-Internet-objets/> [page consultée le 11 Février 2018].
- [2] SYNOX Inside. "*4 CHOSES À SAVOIR SUR L'INTERNET DES OBJETS : L'Internet des Objets, un marché en plein essor qui sera multiplié par 6 en 2020*". SYNOX. [en ligne] (publie le 03 Juillet 2017). Disponible sur le site : <https://www.synox.io/4-choses-a-savoir-sur-linternet-des-objets/> [page consultée le 13 Février 2018].
- [3] AUTHIER Jean-Yves. "*LES OBJETS CONNECTÉS : Histoire et définition de cette révolution technologique*". ESG. [en ligne] (publie le 25 Novembre 2016). Disponible sur le site : <http://www.letendanceur.bzh/les-objets-connectes-histoire-et-definitions-de-cette-revolution-technologique/> [page consultée le 15 Février 2018].
- [4] NICOLAS Babin. "*Qu'est-ce que l'Internet des objets (IoT) et comment ça marche?*". GLADIATEUR. [en ligne] (publie en 2016). Disponible sur le site : <https://gladiateur.com/objets-connectes-iot/> [page consultée le 23 Février 2018].
- [5] B.K. Tripathy et J.Anuradha. "*INTERNET OF THINGS : Technologies, Applications, Challenges and Solutions*". CRC PRESS, le 5 October 2017, 334 Pages. e-ISBN : 9781138035003.
- [6] JACOB Morgan. "*A SIMPLE EXPLANATION OF INTERNET OF THINGS*". FORBES. [en ligne] (publie le 13 Mai 2014). Disponible sur le site : <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#7d89168b1d09> [page consultée le 3 Mars 2018].
- [7] BENIAMINO Di Martino et al. "*INTERNET OF EVERYTHING : Algorithms, Methodologies, Technologies and Perspectives*". SPRINGER, 2018, 231 pages. ISBN 978-9811058608.
- [8] SUPREETH S et al. "*INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM FOR SMART CITIES*". IJEECS. vol. 6, Issue 3. (publie en Mars 2017). pp. 147-151.
- [9] YANG Po et al. "*INTERNET OF THINGS FOR PERSONALISED HEALTHCARE SYSTEM : Pervasive and Mobile Computing*". SCIENCEDIRECTE. vol. 41. (publie le 22 Juin 2017). pp. 132-149.
- [10] K. Vinay Sagar et S. Kusuma. "*Home HOME AUTOMATION USING INTERNET OF THINGS automation*". IRJET. vol. 2. Issue 3. (publie le 3 Juin 2015). pp. 1965-1970.
- [11] SAROGINI GRACE Pease et al. "*FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS : An intelligent real-time cyber-physical toolset for energy and process prediction and optimisation in the future industrial Internet of Things*". SCIENCEDIRECTE. vol. 79. Part 3.(publie en Février 2018). pp. 815-829.

BIBLIOGRAPHIE

- [12] ERIC Barquissau et al. "*OBJETS CONNECETS : "La nouvelle révolution numérique"*". Paris, Par les créateurs du sites Objetconnecte.com, Février 2016, 190 pages. ISBN 978-2-7460-0999-6.
- [13] PHILIPPE Gautier et LAURENT Gonzalez. "*L'INTERNET DES OBJETS : Internet, mais en mieux*". France, AFNOR, le 25 Août 2011, 137 pages. ISBN 978-2-12 465316-4.
- [14] SEBASTIEN Jouve. "*COMPRENDRE L'INTERNET DES OBJETS*". NETASSISTANT. [en ligne]. (publie le 1 Septembre 2015). Disponible sur le site : <http://www.netassistant.fr/2015/09/comprendre-internet-des-objets/> [page consultée le 10 Avril 2018].
- [15] JEAN-FRANÇOIS Beuze. "*LES OBJETS CONNECTÉS : Attention danger!*". ECONIMIEMATIN. [en ligne]. (publie le 4 Juillet 2014). Disponible sur le site : <http://www.economiematin.fr/news-les-objets-connectes-risques-omnipresence-danger> [page consultée le 21 Mars 2018].
- [16] DIDIER Sérodon. "*INTERNET OF TRUST : Security and privacy in the connected world*". Bruxelles, EUROSMART, Novembre 2016, 20 pages.
- [17] ENTREPRISE Orange. "*CINQ METIERS AUGMENTES PAR L'INNOVATION : L'innovation technologique ouvre des opportunités en termes d'emplois où la créativité et l'intervention humaine restent déterminantes*". ORANGE. [en ligne]. (publie le 28 Décembre 2017). Disponible sur le site : <https://hellofuture.orange.com/fr/cinq-metiers-augmentes-par-linnovation/> [page consultée le 13 Mars 2018].
- [18] CLAUDE Guedat et OLIVIER Brette. "*SYSTEMES DE GEOLOCALISATION*". Lyon, INSA, Janvier 2010, 34 pages.
- [19] PRESTALIA S. "*GEOLOCALISATION : Définition, utilités et limites*". FIZEO. (publie en 2016), pp. 3-4.
- [20] S. Sylvieredoc. "*QU'EST-CE QUE LA GEOLOCALISATION?*". EDUSCOL. [en ligne]. (publie le 17 Mai 2017). Disponible sur le site : <https://primabord.eduscol.education.fr/qu-est-ce-que-la-geolocalisation> [page consultée le 2 Avril 2018].
- [21] NEL Samama. "*LOCALISATION INDOOR ET OUTDOOR*". HAL. (publie le 7 Février 2017), pp. 5-12.
- [22] ABDULRAHMAN Alarifi et al. "*ULTRAS WIDEBAND INDOOR POSITIONNING TECHNOLOGIES : Analysis and Recent Advances*". SENSORS. (publie le 4 Mai 2016), pp. 2-5.
- [23] SIMONE Frattasi et FRANCESCANTONIO Della Rosa. "*MOBILE POSITIONNING AND TRACKING : From Conventional to Cooperative Techniques*". India, IEEE PRESS WILEY, 2017, 231 pages. e-ISBN 9781119068815.
- [24] <https://fr.slideshare.net/crossmedias/la-golocalisation>.

BIBLIOGRAPHIE

- [25] PHILIPPE Saint-Martin. " *APPLICATIONS DE LA GEOLOCALISATION : La technologie qui change le monde*". Paris, TI, juillet 2017, 24 pages.
- [26] N. Tine. "GEOLOCALISATION ET VIE PRIVEE : où en est-on ?". WOLTERS KLUWER. [en ligne]. (publie le 28 Août 2015). Disponible sur le site : <https://legalworld.wolterskluwer.be/fr/nouvelles/domaine/droit-social-et-rh/geolocalisation-et-vie-privee-ou-en-est-on/> [page consultée le 24 Avril 2018].
- [27] <http://nodemcu.com/index-cn.html> [Consulté le 24 Mars 2018].
- [28] <http://www.ifuturetech.org/product/esp8266-12e/> [Consulté le 24 Mars 2018].
- [29] <https://www.cytron.io/p-gps-neo6mv2> [Consulté le 25 Mars 2018].
- [30] <https://www.eshop.dz/reseau/218-d-link-modem-routeur-wi-fi-dsl-2750.html> [Consulté le 25 Mars 2018].
- [31] <https://www.daraz.pk/silicon-x-star-type-c-12000mah-power-bank-7937386.html> [Consulté le 25 Mars 2018].
- [32] <https://thingspeak.com> [Consulté le 26 Mars 2018].
- [33] <https://www.blynk.cc/> [Consulté le 26 Mars 2018].

Résumé

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurologique dégénérative qui progresse lentement et graduellement. Actuellement inguérissable, et les personnes qui en souffrent se privent, par rapport aux gens ordinaires, de la liberté de se déplacer en dehors de leurs domiciles. Dans ce contexte, ce projet de fin d'études a pour objectif de construire un système IoT permettant de localiser un patient d'Alzheimer en temps réel. Le système est une ceinture dorsale portée par le patient et dotée d'une carte NodeMCU/ESP8266, un module GPS GY-NEO6MV2, et un petit modem/routeur Wi-Fi portable. La localisation du patient se fait depuis une application mobile Android/iOS, et aussi depuis une application web.

Mots clés : Maladie d'Alzheimer, IoT, NodeMCU/ESP8266, GPS GY-NEO6MV2, Wi-Fi, Android/iOS, Application web.

Abstract

Alzheimer's disease is a degenerative neurological disease that progresses slowly and gradually. Currently incurable, and people suffering from it deprive themselves, compared to ordinary people, of the freedom to move outside their homes. In this context, this end-of-studies project aims to build an IoT system to locate an Alzheimer patient in real time. The system is a patient worn back strap with a NodeMCU/ESP8266 card, a GY-NEO6MV2 GPS module, and a small portable Wi-Fi modem/router. Patient localization is done from an Android/iOS mobile application, and also from a web application.

Keywords : Alzheimer's disease, IoT, NodeMCU/ESP8266, GPS GY-NEO6MV2, Wi-Fi, Android/iOS, web Application.