

# UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA-

Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

Département Electronique et Communication



## Mémoire de Master Académique

Domaine : Science et Technologie

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Système

Présenté par :

*Mr. ABDELADIM Othmane*

*Mr. GACHOUCHE Abderrahmane*

## Thème :

Surveillance à Distance des Etres Humains et  
d'Objets via des Satellites

Soutenu publiquement le : 22/06/2023.

Devant le jury :

Nom et prénom	Grade :	Fonction :	Université :
<i>Mr. CHAA Mourad</i>	MCA	Président	UKM OUARGLA
<i>Mr. RACHEDI Mohamed Yacine</i>	MCB	Encadrant	UKM OUARGLA
<i>Mr. Nemi Okba</i>	MCA	Examineur	UKM OUARGLA

Année Universitaire : 2022/2023

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

یَرْفَعُ اللّٰهُ الَّذِیْنَ اٰمَنُوْا مِنْكُمْ  
وَالَّذِیْنَ اٰتَوْا الْعِلْمَ دَرَجٰتٍ

سورة المجادلة آية ١١

# *Dédicace*

# A

*À l'âme pure de mon père*

*À ma mère mes frères et sœurs*

*Mes très proches amis*

*Toute ma famille...*

***OTHMANE***

# *Dédicace*

# A

*À l'âme pure de mon père*

*À ma mère mes frères et sœurs*

*Mes très proches amis*

*Toute ma famille...*

***ABDERRHMANE***

# ***Remerciement***

*Avant tous, nous remercions ALLAH, pour nous avoir données Le pouvoir pour réaliser ce travail.*

*Un grand merci à notre encadrant **Dr. RACHEDI Mohamed Yacine** qui a fourni des efforts énormes par ses conseils, ses orientations et ses informations. Nous tenons à remercier les membres du jury et tous les enseignants du département d'**Electronique et Télécommunications**.*

*Enfin, nos plus chaleureux remerciements pour toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## Table Des Matières

<b>Table Des Matières</b> .....	<b>I</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>III</b>
<b>Table des tableaux</b> .....	<b>IV</b>
<b>Nomenclatures</b> .....	<b>V</b>
<b>Introduction Générale</b> .....	<b>VI</b>
Contexte et Problématique.....	1
Objective.....	2
Organisation du mémoire .....	2
<b>Chapitre I Importance et motivation du projet / un voir sur les satellites artificiels</b>	
I.1. Introduction .....	6
I.2. Les motivations du choix du sujet.....	6
I.3. Importance du sujet .....	7
I.4.Objectifs du sujet.....	8
I.5. Historique .....	8
I.6. Définition de satellites.....	9
I.7. Domaines de développement de la recherche spatiale .....	9
I.8. Différents types de satellites artificiels .....	9
I.9. Vie d'un satellite .....	10
I.10. Architecture d'un satellite .....	10
I.11. Ceinture de radiation de Van Allen.....	12
I.12. Différentes vitesses de satellisation.....	12
I.13. Orbites .....	13
I.13.1. Les orbites circulaires ou quasi-circulaires .....	13
I.13.2. Les orbites elliptiques.....	14
I.13.3. Autres dénominations :.....	14
I.14. Conclusion.....	15
<b>Chapitre II : Système de Positionnement-Localisation</b>	
II.1. Introduction.....	11
II.2.1. Les Satellites de télédétection .....	11
II.2.1.1 Principe de télédétection .....	11
II.2.1.2. Le rayonnement électromagnétique (REM).....	12
II.2.1.3. Interaction avec l'atmosphère .....	13
II.2.1.4. Interaction rayonnement-cible .....	13
II.2.1.5. Les capteurs (radiomètres).....	13
II.2.1.6. Détection passive et active .....	14
II.2.1.7. Quelques détecteurs .....	14
II.2.1.8. Les satellites Landsat et Spot .....	15
II.2.2. Positionnement-localisation .....	15
II.2.2.1. Méthodes de positionnement par satellites .....	15
II.2.2.2. Galileo (système européen de navigation par satellite) .....	15
II.2.2.3. Les services de Galileo .....	16
II.3. Conclusion .....	17

### **Chapitre III : Satellites de recherche et de sauvetage**

III.1. Introduction .....	23
III.2. Présentation du système Cospas-Sarsat .....	23
III.2.1. Comment fonctionne .....	23
III.2.2. Balises de détresse de détresse 406 MHz : .....	24
III.3. Le segment spatial : .....	25
III.3.1. LEOSAR et GEOSAR Satellites .....	26
III.3.2. MEOSAR Satellites .....	27
III.4. Le segment sol .....	28
III.5. Conclusion .....	29

### **Chapitre IV : Modélisation et simulation du projet**

IV.1. Introduction .....	30
IV.2. Partie électronique .....	30
IV.2.1. MLX90614 .....	30
IV.2.2. Capteur de fréquence cardiaque d'impulsion .....	31
IV.2.3. NEO-6M GPS Module GPS .....	31
IV.2.4. ESP8266 NodeMCU .....	32
IV.2.5. Pourquoi ESP8266 NodeMCU .....	32
IV.2.6. Brochage ESP8266 NodeMCU .....	33
IV.2.7. Les broches d'alimentation .....	34
IV.2.8. Comment programmer l'ESP8266 ? .....	34
IV.2.9. Schéma de circuit électronique .....	34
IV.3. Partie logicielle .....	34
IV.3.1. Page de garde .....	35
IV.3.2. Pages d'informations .....	35
IV. 3.3. Lien entre l'application et le bracelet .....	37
IV.4. Conclusion .....	37
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>37</b>

## Table des figures

Figure I.1. Le satellite [23] .....	7
Figure I.2. Appareils portables [2] .....	7
Figure I.3. Spoutnik 1, le premier satellite artificiel, a été lancé dans l'espace. (Image from NASA) .....	8
Figure I.4. Vie d'un satellite [14] .....	10
Figure I.5. Structure d'un satellite [14] .....	11
Figure I.6. Les zones des protons [14].....	12
Figure I.7. Différentes vitesses de satellisation [14] .....	13
Figure I.8. Orbite circulaire basse LEO [14] .....	13
Figure I.9. Orbite géostationnaire GTO [14] .....	14
Figure I.10. Orbite héliosynchrone [14] .....	15
Figure I.11. L'orbite molniya [14].....	15
Figure II.12. Les étapes de télédétection [6] .....	11
Figure II.13. Graphique de signatures spectrales de l'eau et la végétation [6].....	13
Figure II.14. Détection passive et active [6] .....	14
Figure III.15. Balise 406 activée [16] .....	24
Figure III.16. Les trois types balises de détresse 406 [16].....	25
Figure III.17. La distance entre des satellites (Cospas-Sarsat) et la Terre [16].....	26
Figure III.18. LEOSAR et GEOSAR Satellites [18].....	27
Figure III.19. Différence entre LEOSAR/ GEOSAR(L/G) et MEOSAR(M) [18].....	28
Figure IV.20. Thermomètre a capteur infrarouge [20].....	30
Figure IV.21. Capteur de fréquence cardiaque [21] .....	31
Figure IV.22. NEO-6M [21] .....	31
Figure IV.23. Différence entre ESP8266 NodeMCU et certaines cartes électroniques [25] .....	33
Figure IV.24. Brochage du kit ESP-12E NodeMCU [21].....	33
Figure IV.25. Circuit électrique du projet .....	34
Figure IV.26. Page d'accueil .....	35
Figure IV.27. Comptes utilisateurs .....	36
Figure IV.28. a) Informations biologiques, b) Situation géographique.....	36
Figure IV.29. Transfère des informations du bracelet vers l'application .....	37

## Table des tableaux

<b>Table II.1. Classification des satellites selon leur masse.</b> .....	11
--	----

## Nomenclatures

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b>Cospas-Sarsat</b>	Système de recherche spatiale pour les navires d'urgence
<b>CS</b>	Commercial Services
<b>DOD</b>	Department of Defense
<b>ELT</b>	Émetteur de localisation d'urgence
<b>EPIRB</b>	Radiobalise de localisation des sinistres
<b>ESA</b>	European Space Agency
<b>EUMETSAT</b>	Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques
<b>ex-URSS</b>	l'Union des Républiques socialistes soviétiques
<b>GEO</b>	Geostationary Earth Orbit
<b>GEOLUT</b>	Géolocalisation Low-cost User Terminal
<b>GLONASS</b>	Global Navigation Satellite System
<b>GOE</b>	orbite géostationnaire
<b>GOESAR</b>	Recherche et sauvetage en orbite géostationnaire
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GTO</b>	Orbite de transfert géostationnaire
<b>HEO</b>	Highly Excentric Orbit
<b>LEO</b>	orbite terrestre basse
<b>LEOLUT</b>	Terminal utilisateur en orbite terrestre basse
<b>LEOSAR</b>	Recherche et sauvetage en orbite terrestre basse
<b>LUT</b>	Local User Terminals
<b>MCC</b>	centres de contrôle de mission)
<b>MEO</b>	Medium Earth Orbit
<b>MEO</b>	orbite terrestre moyenne
<b>MEOSAR</b>	Recherche et sauvetage en orbite terrestre moyenne
<b>OS</b>	Open Service
<b>PLB</b>	Balise de localisation personnelle
<b>PRS</b>	Public Regulated Service
<b>RCC</b>	Centres de coordination de sauvetage
<b>REM</b>	Le rayonnement électromagnétique
<b>RLS</b>	Balise de localisation radio
<b>SAR</b>	la recherche et au sauvetage
<b>SAR</b>	Les radars à synthèse d'ouverture
<b>SAR</b>	Search and Rescue
<b>SOL</b>	Safe of life

# Introduction Générale

### Contexte et Problématique

En raison de l'énorme développement de la technologie dans le domaine de la recherche et du sauvetage, ainsi que de la sécurité et de la protection des êtres humains et des objets, les satellites ont formé une révolution scientifique avancée qui a affecté la vie de l'organisme, le rapprochant du lointain, et la vaste terre est devenue un petit village, ce qui se passe dans sa périphérie est vu par l'humanité en quelques secondes grâce aux technologies satellitaires. Et il a arpenté la surface de la terre, et sa topographie a été dessinée avec précision pour l'être humain, donc cela a facilité la tâche pour lui de découvrir ses inconnues et de voir des zones qu'il n'avait jamais pensé atteindre.

C'est donc devenu la fabrication d'appareils technologiques de pointe qui fonctionnent à distance automatiquement grâce à des satellites avancés en suivant et en surveillant les organismes vivants partout dans le monde, depuis la conquête de l'espace et de la technologie, et c'est devenu une ère de spécialisation automatique, lieu de développement de ces dispositifs spéciaux pour connaître les détails temporels et spatiaux des objets avec des satellites thermiques qui détectent la température des objets (satellites de télédétection, GPS et satellites de communication ...).

Rechercher un avion qui s'est écrasé dans un vaste pays et exposer ses passagers à un danger, comme la Russie, les États-Unis, la Chine, le Canada ou d'autres, ou rechercher un navire coulé dans l'océan Pacifique est une perte de temps et d'argent. Découvrir son emplacement est également important pour l'équipe de recherche et de sauvetage.

Des études ont montré que ceux qu'ils restent en vie immédiatement après la catastrophe, ils ont une chance de survie de pas plus de 10% si l'équipe de sauvetage ne les atteint qu'après deux jours, tandis que ce pourcentage atteint environ 50% si l'équipe de secours peut les atteindre dans les huit heures, car l'identification rapide conduit à la localisation de l'avion ou du navire accidenté réduit le temps et le coût requis pour l'opération de recherche et de sauvetage, et réduit également l'exposition de l'équipe de sauvetage à des situations difficiles qui se sont souvent produites au cours de l'opération de sauvetage. [1]

Dans ce cadre, les données sur les satellites et leur efficacité, ainsi que sur les équipements de recherche et de sauvetage, comme une supposée, peuvent développer d'autres dispositifs efficaces capables de suivre et de surveiller des objets à distance (dispositifs intelligents) via des satellites. Comment ces dispositifs peuvent-ils être développés à l'avenir dans le processus de sauvegarde et de protection des organismes en cas et après l'apparition d'une catastrophe ?

Etant donné que nous avons déposé un dossier de brevet pour notre projet au niveau de l'incubateur de l'université de Ouargla, pour cela nous allons préserver certaines informations, en particulier dans la partie pratique, afin de protéger la propriété intellectuelle du prototype.

### **Objective**

Le but d'étude de ce sujet est de trouver des solutions qui permettent de sauvegarder et de protéger les objets (suivi et surveillance) via des satellites, grâce à des appareils fabriqués avec la technologie la plus récente et avancée qui fonctionne pour déterminer l'emplacement de l'objet, dans des zones éloignées où il n'y a pas de réseaux de communication et en dehors des ondes radio, et cela grâce aux données envoyées par l'appareil utilisé aux satellites.

### **Organisation du mémoire**

Le sujet est structuré en une introduction générale, une partie théorique et une partie pratique.

- Le premier chapitre comprend la présentation des raisons, objectifs et importance du sujet.
- Les chapitres deux, trois et quatre portent sur les satellites artificiels en général, les satellites de télédétection et de positionnement-localisation, ainsi que les satellites de recherche et de sauvetage, respectivement.
- Le dernier chapitre consiste en une simulation réalisée à l'aide d'un programme spécial et un processus expérimental, suivie d'une conclusion générale et perspectives future.

# Chapitre I

## Importance et motivation du projet / un voir sur les satellites artificiels

## **I.1. Introduction**

Nous assistons à une formidable évolution dans le monde de la technologie, des communications, de l'information et des satellites, qui a transformé ces moyens en une grande puissance dépassant la puissance de l'économie, de la politique et de la pensée. Nous vivons aujourd'hui à l'ère d'internet, de l'information et de la télévision numérique.

Les satellites sont des objets fabriqués par l'homme en orbite autour de la Terre ou d'autres corps célestes, et ils servent à diverses fins telles que les communications, la navigation, la recherche scientifique, la télédétection, la recherche et le sauvetage et l'observation de la Terre.

Conçue pour fonctionner dans l'espace pendant de longues périodes, la technologie sous-jacente a considérablement progressé depuis le lancement du premier satellite en 1957.

## **I.2. Les motivations du choix du sujet**

L'une des principales raisons du choix du sujet :

### **Motifs objectifs :**

Soulignant l'importance de la technologie de pointe dans la recherche et le sauvetage. Les satellites et leurs applications dans le domaine de la surveillance et du suivi d'objets et de choses.

Considérant le sujet important dans le projet de développement d'appareils intelligents connectés aux satellites, dont le but est la protection et la sécurité des objets en suivant l'emplacement de l'objet ou de la chose.

Dans ce sujet, nous apprenons la possibilité de satellites de télédétection dans le domaine de la détection d'objets dans des zones reculées (dépourvues de population) dans lesquelles il n'y a pas de réseaux de communication au moyen d'appareils intelligents avancés qui fonctionnent pour localiser des emplacements dans les endroits les plus sombres difficiles conditions.

L'importance de la technologie satellitaire (le monde extérieur) dans le traitement de l'énorme quantité de données qui lui sont envoyées et son rôle dans le domaine des satellites.

### **Motivation :**

- Admiration extrême pour les avantages de la technologie satellitaire.
- Les satellites de recherche et de sauvetage permettent aux services d'urgence.

- Désir de développer des dispositifs technologiques de surveillance et de suivi d'objets et d'objets.
- La spécialisation de l'automatique est un véritable champ d'exploration et de développement de dispositifs techniques fonctionnant en automatique, c'est-à-dire à distance.

### **I.3. Importance du sujet**

- En savoir plus sur le rôle des satellites (**Figure. I.1**) et leurs applications.



**Figure I.1. Le satellite [23]**

- Mettre en évidence le développement du domaine technologique en termes de fabrication de dispositifs portables dans le domaine de la protection et de la sécurité (**Figure. I.2**).



**Figure I.2. Appareils portables [2]**

- Mettre en évidence les avantages des satellites pour connaître les lieux des personnes et les identifier ensemble grâce au système de positionnement global.

#### I.4. Objectifs du sujet

Ce qui découle de tout sujet, c'est le but à atteindre, et les buts doivent être objectifs :

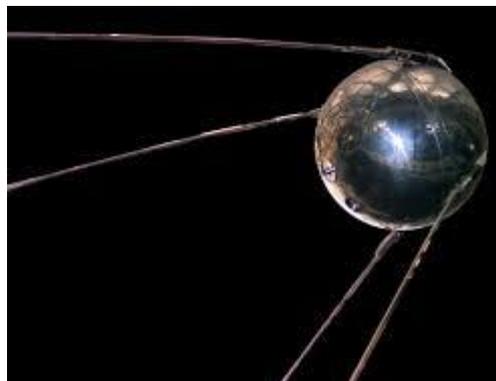
- ⊙ Connaître l'étendue de la technologie satellitaire et ses applications.
- ⊙ Présenter ce sujet à tous ceux qui veulent innover et inventer des appareils intelligents qui nous permettent de connaître des détails sur des objets et des choses dans des zones que nous ne pouvons atteindre qu'après avoir passé et perdu du temps.
- ⊙ Connaître l'avancement des appareils programmés grâce à des algorithmes, et ceci à partir d'une simulation sur l'un des programmes de simulation.

#### I.5. Historique

Le 4 octobre 1957, pour la première fois, un satellite (Spoutnik 1) est lancé autour de la Terre. Ce satellite conçu par la Russie (anciennement URSS) a inauguré l'ère spatiale. Alors que l'homme rêvait depuis très longtemps de voyager dans l'espace, il est enfin parvenu à mettre au point une fusée (lanceur) suffisamment puissante pour vaincre la gravité terrestre. [3]

L'Allemagne a ouvert la voie en 1942 en construisant la première fusée moderne (V2), qui a permis de jeter les bases des technologies de propulsion et de guidage. Puis entre 1945 et 1957, des progrès techniques ont été réalisés grâce aux fusées, ce qui a conduit au bombardier spatial.

La fusée qui a servi au lancement de la lune ci-dessus, c'est-à-dire Spoutnik-1, était l'une des fusées à trois étages. Elle avait la forme d'une boule d'un diamètre de 58 cm et d'un poids de 83,6 kg. Elle a fait une révolution complète autour de la Terre toutes les 96,2 minutes... ; et avec cette lune, l'homme a envahi l'espace pour la première fois, et le reste des lunes a ensuite été suivi. Aujourd'hui, le monde ne peut plus se passer de ces satellites. [4]



**Figure I.3. Spoutnik 1, le premier satellite artificiel, a été lancé dans l'espace. (Image from NASA)**

## **I.6. Définition de satellites**

Les satellites sont les lunes, en général, un corps qui tourne autour d'une planète en prenant la forme de sa courbure. Tandis qu'un satellite est une machine lancée par des scientifiques dans l'espace extra-atmosphérique pour tourner autour de la terre, ou pour tourner autour d'un autre corps présent dans cet espace, et aujourd'hui les lunes tournent autour de la terre. De nombreux satellites industriels sont utilisés pour photographier la planète terre, le soleil, les trous noirs et les galaxies lointaines afin de comprendre le système solaire ainsi que la nature de l'univers. Certains de ces satellites sont également utilisés dans les communications et les médias. [5]

## **I.7. Domaines de développement de la recherche spatiale**

Ont évolué au fil du temps, englobant trois grands domaines, notamment :

- \* L'exploitation du système solaire et de l'univers,
- \* Les vols spatiaux habités,
- \* La surveillance et la régulation de la planète sont assurées par la navigation via les satellites, les télécommunications, l'exploration des ressources naturelles, la prévision météorologique, entre autres. [6]

Des études satellites continues et efficaces ont été menées sur la pollution, la couche d'ozone, l'élévation du niveau de la mer, le changement climatique et divers autres sujets d'intérêt.

## **I.8. Différents types de satellites artificiels**

Les satellites se divisent en deux classes :

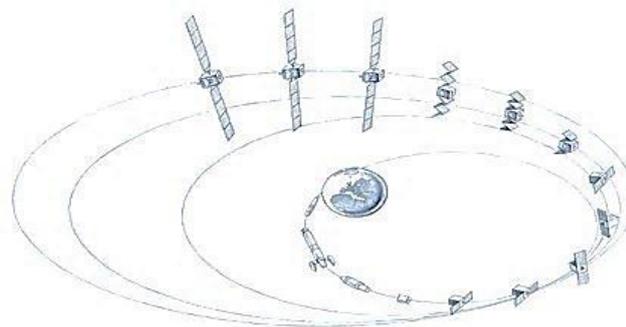
Les satellites scientifiques utilisés pour la recherche pure, sont utilisés pour des recherches en astronomie, géodésie, etc. Ils sont souvent uniques et ne sont pas remplacés s'ils sont perdus lors du lancement. Et les satellites d'applications commerciales dans les domaines de la météorologie, de l'observation de la terre, des télécommunications, de la navigation, etc.

Les satellites d'applications sont de différents types, tels que les satellites de télécommunications, les satellites de télédétection, les satellites de positionnement et les satellites militaires. Les satellites de télécommunications transmettent des informations, des communications téléphoniques, des données et des programmes télévisés. Les satellites de télédétection observent la terre à des fins scientifiques, économiques ou militaires. Les satellites de positionnement permettent de localiser des objets sur terre, dans l'air ou dans l'espace. Les satellites militaires sont utilisés à des fins gouvernementales, de télécommunications ou d'écoute électronique. [12]

### I.9. Vie d'un satellite

Au début de son parcours, un satellite est placé à l'intérieur de l'enveloppe de protection du lanceur dans l'espace, afin de le protéger des frottements atmosphériques lors de son transit. Lorsque le satellite est en orbite, il se sépare du lanceur, les panneaux solaires sont déployés et son altitude est augmentée.

En ajustant sa position en fonction de la terre et du soleil, le satellite effectue les manoeuvres requises pour atteindre son orbite définitive. (**Figure. I.4**)



**Figure I.4. Vie d'un satellite [14]**

Le processus de préparation varie selon la mission. Lorsqu'il est en orbite basse, le satellite est souvent lancé sur une trajectoire similaire à celle choisie puis transféré sur une orbite géostationnaire. Cependant, il n'est pas immédiatement opérationnel. La phase de test au sol est conçue pour valider les performances et les fonctionnalités du système dans un environnement réel. Ainsi, chaque instrument est progressivement découvert et testé.

### I.10. Architecture d'un satellite

Le terme "Architecture d'un satellite" désigne la conception et l'architecture d'un satellite. Cela comprend des composants physiques, tels qu'un corps de satellite, des panneaux solaires pour la production d'électricité, des antennes de communication et des instruments d'observation scientifique ou d'autres tâches.

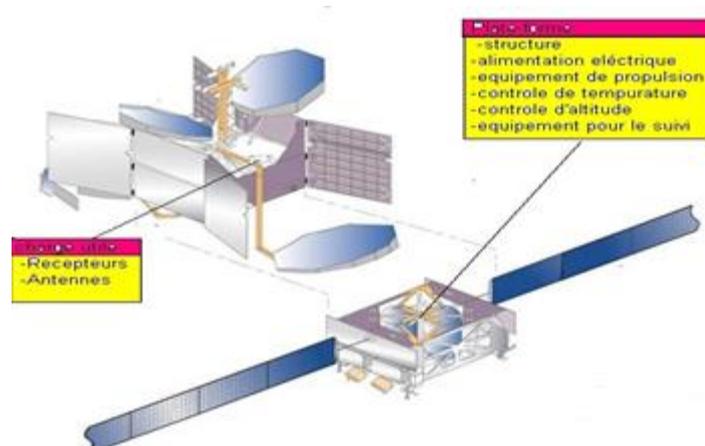
L'architecture du satellite est soigneusement planifiée et optimisée pour répondre aux objectifs et aux exigences spécifiques de la mission à laquelle il est destiné. Il doit être capable de supporter le poids d'une charge utile, de résister aux conditions difficiles de l'espace et de maintenir la communication avec la terre en orbite. Un satellite météorologique peut contenir des instruments

spécialisés pour collecter des données sur les conditions météorologiques. Tandis qu'un satellite de communication peut nécessiter plusieurs antennes pour envoyer et recevoir des signaux.

Le satellite comprend : la structure, l'alimentation électrique, les équipements de propulsion, le contrôle de la température, l'orientation et la stabilisation du satellite (**Figure. I.5**).

La plate-forme comprend également des équipements de télémétrie, de contrôle à distance et de positionnement.

Les satellites sont classés en fonction de leur masse et peuvent être divisés en sept catégories allant du plus grand au plus petit. Le satellite comprend : la structure, l'alimentation électrique, les équipements de propulsion, le contrôle de la température, l'orientation et la stabilisation du satellite.



**Figure I.5. Structure d'un satellite [14]**

La classification des satellites est déterminée par leur poids et peut être classée en sept groupes, qui varient en taille du plus grand au plus petit.

**Table I.1. Classification des satellites selon leur masse.**

Satellite	Grand	Moyen	Petit	Mini	Micro	Nano	Pico
<b>Poids</b>	Plus de 3 Tonne	1 à 3 tonnes	500 à 1000 Kg	100 à 500 Kg	10 à 100 Kg	1 à 10 Kg	Inf. à 1 kg

### I.11. Ceinture de radiation de Van Allen

Du fait des rayons cosmiques, deux zones sont chargées de protons extrêmement énergétiques (Figure. I.6)

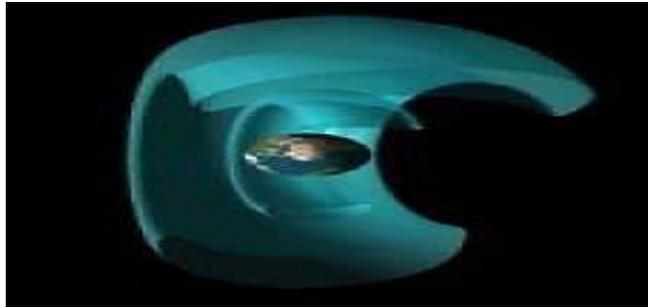


Figure I.6. Les zones des protons [14]

**1<sup>ère</sup> zone :** 1500 km à 5000 km d'altitude

**2<sup>ème</sup> zone :** 13000 km d'altitude à 20000 km d'altitude

Les radiations endommagent les équipements électroniques des satellites. Ces zones définissent les trois domaines d'altitude.

### I.12. Différentes vitesses de satellisation

Afin de placer un satellite en orbite autour de la terre, il est nécessaire de lui fournir une certaine quantité de vitesse initiale connue sous le nom de "première vitesse cosmique", qui est quasiment équivalente à 7,9 km/s (28080 km/h).

Les sondes spatiales ont besoin d'une vitesse plus élevée pour s'éloigner de la force gravitationnelle de la terre, qui est d'environ 11,2 km/s (40320 km/h), équivalant au taux d'évaporation. (Figure. I.7)

Les satellites et sondes se retrouvent dans les situations suivantes :

- Si  $v$  est inférieur à  $v_1$ , l'objet lancé tombe au sol.
- Si  $v$  est égal à  $v_1$ , le vaisseau spatial sera sur une orbite circulaire.
- Si  $v$  est compris entre  $v_1$  et  $v_2$ , le satellite sera sur une orbite elliptique.
- Si  $v$  est supérieur à  $v_2$ , la sonde suivra une orbite elliptique autour du soleil.

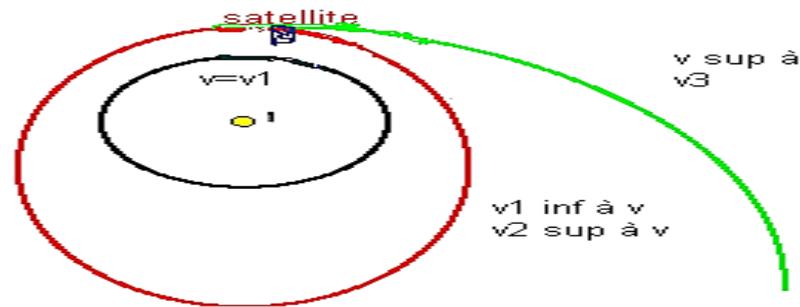


Figure I.7. Différentes vitesses de satellisation [14]

### I.13. Orbites

Une grande variété de missions géographiques implique une gamme étendue d'orbites pour les satellites terrestres. Ces orbites sont généralement classées en deux catégories selon la nature de leur mission.

#### I.13.1. Les orbites circulaires ou quasi-circulaires

L'altitude moyenne des satellites en orbite circulaire est utilisée pour les classer :

- L'orbite terrestre basse, connue sous le nom de LEO, fait référence à des altitudes comprises entre 500 km et 1500 km au-dessus de la surface de la terre. (**Figure.I.8**)

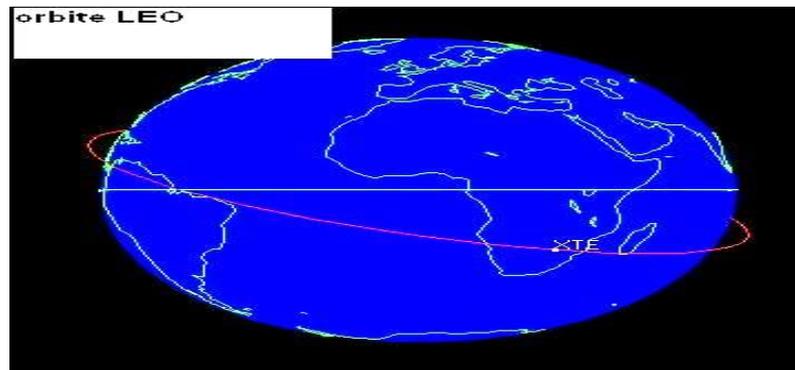


Figure I.8. Orbite circulaire basse LEO [14]

- L'orbite terrestre moyenne (MEO) parcourt une distance de 20 000 kilomètres.
- Une orbite haute connue sous le nom de GEO (Geostationary Earth Orbit) est située à une altitude de 36 000 km.

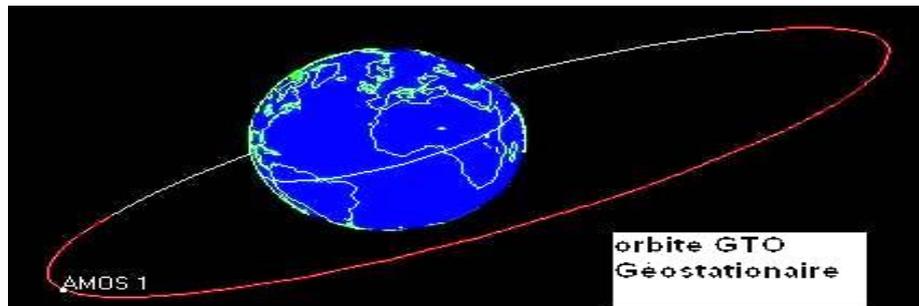
### **I.13.2. Les orbites elliptiques**

Souvent de nature temporaire, cette orbite est fréquemment utilisée pour la mise en place de satellites en orbite de transfert géostationnaire (GTO). (**Figure. I.9**)

La particularité de cette orbite elliptique réside en son apogée situé à une hauteur de 36000 km, similaire à celle du satellite géostationnaire. Cette orbite est considérée comme une étape ardue dans la réussite de la mise en orbite du satellite géostationnaire.

Le lancement du satellite s'effectue initialement à une altitude de 500 kilomètres, après quoi il suit une orbite de transfert.

À une autre étape, pendant l'un de ses passages les plus éloignés, le satellite est propulsé par un moteur d'apogée pour stabiliser son orbite à une altitude de 36 000 kilomètres.



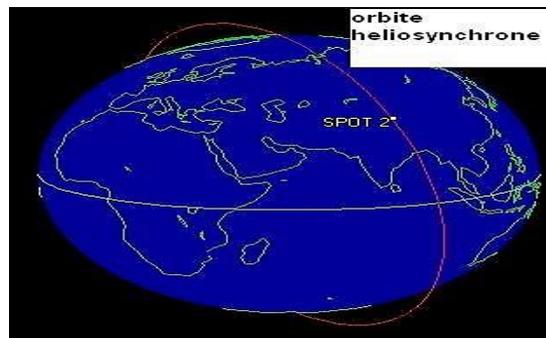
**Figure I.9. Orbite géostationnaire GTO [14]**

### **I.13.3. Autres dénominations :**

La HEO (Highly Excentric Orbit) est une orbite inhabituelle où les satellites ont une faible vitesse par rapport à leur point le plus éloigné, ce qui leur permet de maintenir une vitesse relativement faible par rapport à la terre pendant un certain temps, similaire à celle des satellites en orbite GEO.

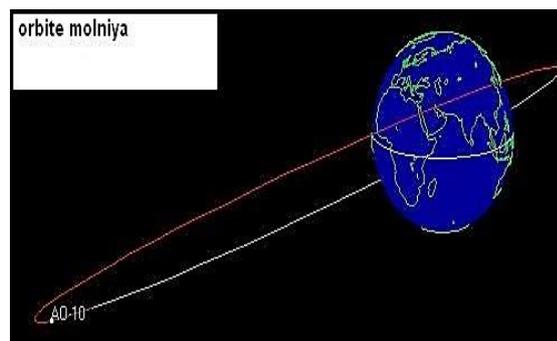
Les satellites sur une orbite inclinée ont une trajectoire formant un angle avec l'équateur.

L'orbite héliosynchrone (polaire) est unique en ce qu'elle traverse les pôles et permet à un satellite de passer régulièrement à la même heure solaire au-dessus d'un point donné sur la terre, lui permettant ainsi de couvrir progressivement l'ensemble du globe. (**Figure. I.10**).



**Figure I.10. Orbite héliosynchrone [14]**

Les Russes ont fréquemment recours à l'orbite molniya, qui se caractérise par une grande excentricité et une inclinaison de  $63^\circ$ , le point le plus proche de la terre étant à 600 km et le point le plus éloigné à 40000 km. (**Figure. I.11**).



**Figure I.11. L'orbite molniya [14]**

## I.14. Conclusion

Les satellites fournissent des services importants qui ont changé notre façon de vivre, de travailler et d'interagir avec le monde qui nous entoure. Ils sont un exploit incroyable de l'ingéniosité et de la technologie humaines, et leur importance ne peut être sous-estimée. De la communication à la navigation, de l'observation de la terre à la science À mesure que la technologie progresse, nous pouvons nous attendre à de nombreuses autres applications passionnantes.

# Chapitre II :

**Systeme de Positionnement-  
Localisation**

## II.1. Introduction

La télédétection est un domaine des sciences appliquées qui consiste à obtenir des informations sur des cibles à distance, sans contact direct ou contact avec ces dernières. Bien que le terme n'ait été utilisé qu'à partir des années 60, la télédétection est depuis devenue une méthode de recherche importante, en particulier dans l'utilisation de photographies aériennes et de satellites tels que les américains Landsat et les français Spot. Le GPS, quant à lui, est un système de navigation avancé utilisant des satellites, originellement développé par le département américain de la défense. Avec ces 24 satellites, le système a su se distinguer par sa précision et sa flexibilité, devenant rapidement accessible aux civils après la seconde guerre du Golfe.

### II.2.1. Les Satellites de télédétection

#### II.2.1.1 Principe de télédétection

La télédétection est une technologie qui utilise la collecte d'images pour obtenir des informations sur la surface de la Terre sans y toucher. Le terme "télédétection" désigne l'acte de capter et d'enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, de traiter et d'analyser l'information, puis de l'exploiter. La plupart du temps, la détection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. [6]

Le processus de détection de la télévision à l'aide de systèmes d'imagerie comprend les sept étapes décrites ci-dessous :

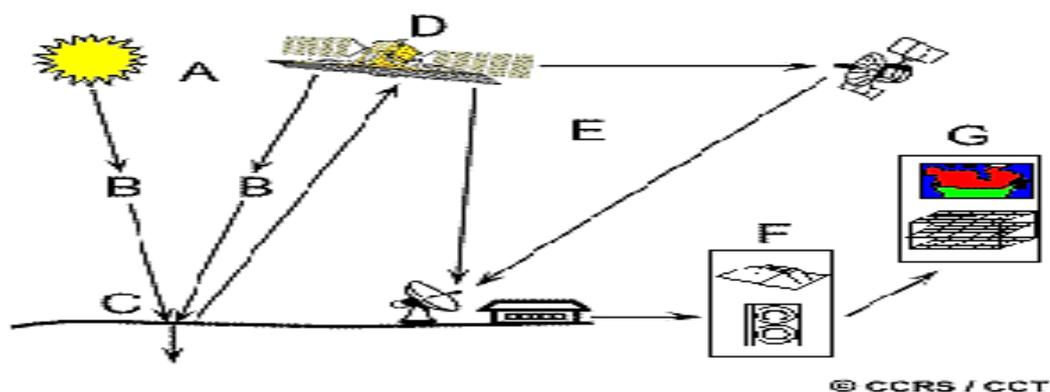


Figure II.12. Les étapes de télédétection [6]

#### ↳ Source d'énergie ou d'éclairage (A)

- Au cœur de chaque procédure de détection sans fil se trouve une source d'énergie pour éclairer la cible.

#### ↳ Rayonnement et atmosphère (B)

- Le rayonnement interagit avec l'atmosphère lorsqu'il se déplace entre la source d'énergie et la cible. Lors du trajet entre la cible et le capteur, une deuxième interaction se produit.

↳ **Interaction avec la cible (C)**

- Une fois sur la cible, l'énergie interagit avec sa surface. La nature de cette interaction est déterminée par les propriétés du rayonnement et les propriétés de la surface.

↳ **Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)**

- Une fois que l'énergie a été distribuée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) avant de pouvoir être enregistré.

↳ **Transmission, réception et traitement (E)**

- L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, parfois par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est convertie en images (numériques ou photographiques).

↳ **Interprétation et analyse (F)**

- Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est alors nécessaire pour extraire les informations souhaitées sur la cible.

↳ **Application (G)**

- La dernière étape du processus consiste à utiliser les informations extraites de l'image pour mieux comprendre la cible, en découvrir de nouvelles fonctionnalités ou aider à la résolution d'un problème spécifique.

### **II.2.1.2. Le rayonnement électromagnétique (REM)**

Le rayonnement électromagnétique (REM) est une sorte d'énergie qui se manifeste sous forme de rayons X, de lumière visible, de micro-ondes et d'ondes radio. Ces formes REM, qui peuvent d'abord apparaître comme des phénomènes séparés, font en réalité partie d'un spectre continu. Le meilleur exemple est un prisme, qui divise la lumière blanche en plusieurs couleurs, chacune représentant une longueur différente d'ondes lumineuses. La seule partie de REM qui peut être détectée par l'œil humain est la lumière visible.

Le spectre électromagnétique va des courtes longueurs d'onde (comme les rayons gamma et X) aux grandes longueurs d'onde (comme les rayons X) (micro-ondes et ondes radio). De nombreuses régions du spectre électromagnétique sont utilisées dans la détection.

### II.2.1.3. Interaction avec l'atmosphère

Le milieu perturbateur est l'atmosphère qui absorbe, diffuse et réfléchit partiellement le rayonnement électromagnétique, introduisant des parasites. Ils réduisent la capacité du capteur à détecter des informations provenant uniquement de la scène sur le rayonnement qui lui est transmis.

### II.2.1.4. Interaction rayonnement-cible

Le rayonnement qui n'est pas absorbé ou diffusé par l'atmosphère peut atteindre la surface de la Terre et interagir avec elle. Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut absorber (A), transmettre (T) ou réfléchir (R) l'énergie entrante.

L'énergie incidente totale interagira avec la surface dans l'un ou l'ensemble de ces trois types de réaction.

Le pourcentage de chaque réaction est déterminé par la longueur de l'onde d'énergie, ainsi que la nature et les conditions de surface.

L'eau et les plantes, par exemple, peuvent avoir des signatures spectrales similaires aux longueurs d'onde visibles, mais elles se distinguent presque toujours dans l'infrarouge.

Les signatures spectrales peuvent être très variées, même pour la même cible, et elles peuvent également changer dans le temps (**Figure. II.14**).



**Symboles :**

**A :** absorbance.

**I :** énergie incidente

**R :** réfléchir.

**T :** transmettre.

**Figure II.13. Graphique de signatures spectrales de l'eau et de la végétation [6]**

### II.2.1.5. Les capteurs (radiomètres)

Sur distinguer ;

- Le capteur (radiomètre) non imageur passif
- Le capteur (radiomètre) imageur passif à balayage (scanner)

- Le capteur (radiomètre) actif (scattéromètre).
- Le capteur (radiomètre) imageur actifs (radar).

### II.2.1.6. Détection passive et active

L'énergie solaire (partie visible) est soit réfléchi, soit absorbée et réémise (rayonnement infrarouge thermique) par la cible. Les capteurs à distance qui mesurent l'énergie naturellement disponible sont des capteurs passifs. Le capteur passif ne peut percevoir l'énergie réfléchi que lorsque la terre est éclairée par le soleil.

Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir effectuer des mesures à tout moment de la journée ou de la saison. Les capteurs actifs utilisent des longueurs d'onde que le soleil ne produit pas en quantité suffisante, comme les micro-ondes, pour mieux contrôler la façon dont la cible est éclairée. Les fluorimètres laser et les radars à synthèse d'ouverture (SAR) sont des exemples de capteurs actifs. [6]

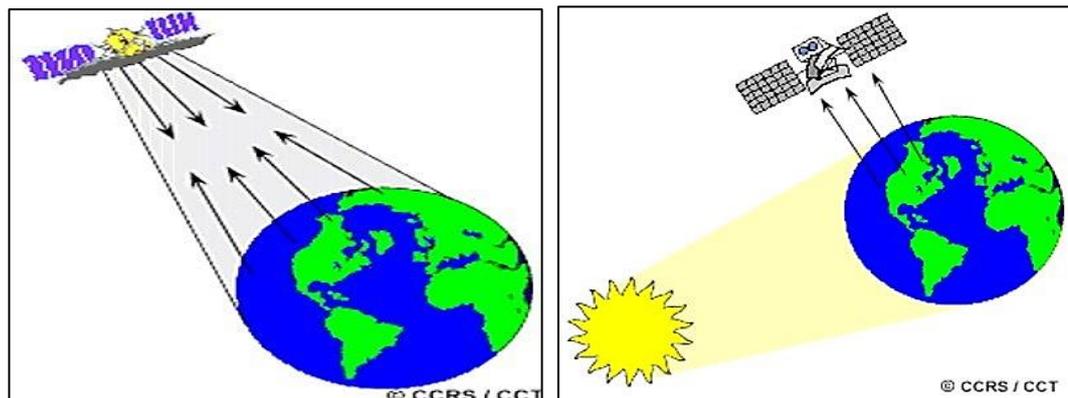


Figure II.14. Détection passive et active [6]

### II.2.1.7. Quelques détecteurs

- Émulsions photographiques.
- Film noir/blanc panchromatique.
- Film infrarouge noir / blanc
- Film coloré.
- Film infrarouge couleur.
- Détecteur de semi-conducteur [7].

### II.2.1.8. Les satellites Landsat et Spot

Les satellites américains Landsat ont été lancés pour la première fois en 1972 et sont utilisés pour surveiller les changements environnementaux sur Terre, y compris la déforestation, l'agriculture, les sécheresses et les impacts du changement climatique. Ils fournissent des images haute résolution de la Terre qui peuvent être utilisées pour des études scientifiques, des cartes, des analyses de l'utilisation des terres, des inventaires de ressources naturelles et des prévisions météorologiques.

Les satellites français Spot ont été lancés pour la première fois en 1986 et sont utilisés principalement pour l'imagerie à haute résolution de la surface terrestre. Ils peuvent cartographier les zones urbaines, les forêts, les ressources en eau, les côtes, les glaciers et les zones agricoles. Les images haute résolution des satellites Spot peuvent également être utilisées pour l'exploration minière et pétrolière, la gestion de catastrophes naturelles et la surveillance de l'environnement.

Les satellites Landsat et Spot sont tous deux des outils essentiels pour les scientifiques et les professionnels qui travaillent dans les domaines de la gestion de l'environnement, de l'observation terrestre, de l'agriculture et des ressources naturelles. La combinaison des données collectées par ces deux types de satellites permet de mieux comprendre les changements survenant sur notre planète, d'évaluer les risques et de prendre des décisions éclairées pour protéger notre environnement et maintenir la durabilité de nos ressources naturelles. [13]

## II.2.2. Positionnement-localisation

### II.2.2.1. Méthodes de positionnement par satellites

Il existe deux méthodes de positionnement par satellite distinctes. La première est le positionnement absolu, qui repose sur une trilatération simple à partir des informations émises par les satellites visibles. La deuxième méthode est le positionnement relatif, qui utilise une station de base dont la position est bien connue (**Figure. II.16**). Cette station transmet aux récepteurs les corrections des erreurs de trilatération afin d'améliorer la précision de la localisation. [8].

### II.2.2.2. Galileo (système européen de navigation par satellite)

Galileo, le système européen de navigation par satellite, a été lancé par l'Union européenne (UE) et l'Agence spatiale européenne (ESA), et les tests ont commencé fin 2005. La conception du système Galileo a été réalisée en 1999, et sa pleine opérationnalité est prévue pour 2020 ou 2021. Le développement de Galileo a été principalement motivé par la volonté de se libérer de la dépendance

au GPS, dont l'utilisation est soumise à la bonne volonté de l'armée américaine. Une différence majeure entre Galileo, le GPS et le GLONASS réside dans le fait que Galileo est placé sous le contrôle d'autorités civiles plutôt que militaires.

### **II.2.2.3. Les services de Galileo**

Il existe cinq niveaux de services prévus pour Galileo :

- Le service ouvert, OS (Open Service) : accessible à tous les utilisateurs disposant d'un récepteur compatible Galileo, il fournira des données de positionnement, de navigation et de datation.
- Le service commercial, CS (Commercial Services) : moyennant une redevance, il offrira de nombreux services à valeur ajoutée tels que la garantie du service, l'intégrité et la continuité des signaux, ainsi que des données de navigation de haute précision.
- Le service de sécurité de la vie, SOL (Safety of Life) : dédié aux applications critiques telles que le transport, il fournira des services de sécurité intégrés.
- Le service public réglementé, PRS (Public Regulated Service) : principalement destiné aux utilisateurs gouvernementaux pour des applications de sécurité.
- Le service de recherche et de sauvetage, SAR (Search And Rescue) : utilisé pour localiser les balises Cospas-Sarsat utilisées dans les situations de détresse et de sauvetage.

Ces différents niveaux de services permettront à Galileo de répondre aux besoins variés des utilisateurs dans différents domaines. [8].

### **II.2.2.4. Principe de localisation GPS (pour Global Positioning System, en anglais)**

Le GPS fonctionne en mesurant la distance entre un récepteur et plusieurs satellites (ces satellites sont positionnés de manière à ce que 4 à 8 d'entre eux soient toujours visibles). Chaque satellite émet un signal capté par le récepteur sur Terre, ce qui permet de calculer avec une grande précision la distance entre l'émetteur et le récepteur en utilisant le temps de propagation du signal [9].

#### **II.2.2.4.1. Le GPS**

Le système GPS a été développé par le département de la Défense des États-Unis (DOD) à partir de 1978 et est devenu entièrement opérationnel en 1995. Pour la navigation, il utilise trois fréquences porteuses : L1 = 1575,42 MHz, L2 = 1227,60 MHz et L5 = 1176,45 MHz [8].

#### II.2.2.4.2. Application du système GPS

Le GPS est devenu indispensable dans notre vie quotidienne. Non seulement nos smartphones nous accompagnent partout, mais ils nous servent également de guide pour nous rendre à destination [10].

- a) La navigation militaire : le GPS a été utilisé lors de la guerre des Balkans et de la seconde guerre du Golfe pour guider les missiles, localiser les troupes et les guider sur le terrain (guerre chirurgicale).
- b) Les activités scientifiques et de recherche : le GPS est utilisé pour des comparaisons d'horloges atomiques, la mesure de la tectonique des plaques, la géophysique, etc.
- c) Les activités commerciales : le GPS est utilisé dans des domaines tels que l'agriculture de précision, la pêche de précision, le guidage et les opérations de secours [11]

### II.3. Conclusion

Les satellites offrent une multitude de services essentiels qui ont transformé notre mode de vie, notre travail ainsi que notre interaction avec notre environnement. Ils représentent un remarquable exploit de l'ingéniosité et de la technologie humaines, et leur importance ne doit pas être sous-estimée, que ce soit dans la communication, la navigation, l'observation de la Terre ou la science. Grâce aux progrès technologiques, nous pouvons nous attendre à de nombreuses autres applications passionnantes. Les satellites de télédétection, qu'ils soient utilisés dans un contexte militaire ou pacifique, sont particulièrement utiles pour recueillir des informations sur des éléments naturels tels que la couverture végétale ou la forme de la surface de la Terre. Les images satellites obtenues peuvent être analysées pour produire des cartes détaillées de la Terre. Ils collectent également des informations sur les activités humaines, parmi de nombreux autres domaines dans lesquels les satellites de télédétection contribuent aujourd'hui et continueront de contribuer dans l'avenir de la technologie moderne.

# Chapitre III :

## Satellites de recherche et de sauvetage

### **III.1. Introduction**

Le système Cospas-Sarsat est un système international conjoint utilisé pour aider aux opérations de recherche et de sauvetage (SAR) par satellite. Il a été créé et est exploité par des organisations provenant du Canada, de la France, de la Russie (anciennement l'URSS) et des États-Unis. Ce système satellitaire a été initialement développé suite à un protocole d'accord signé en 1979 entre les agences des quatre pays. Après une phase de démonstration et d'évaluation réussie qui a débuté en septembre 1982, un deuxième protocole d'accord a été signé en 1984 par le ministère de la Défense nationale du Canada, le Centre national d'études spatiales de la France, le ministère de la Marine marchande de l'URSS et l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis. Le système est devenu opérationnel en 1985. Ensuite, le 1er juillet 1988, les quatre États qui fournissent le segment spatial ont signé un accord international sur le programme Cospas-Sarsat, garantissant la continuité et l'accessibilité du système à tous les États sur une base non discriminatoire [15].

Dans ce chapitre, nous parlerons du système COSPAS-SARSAT, de son fonctionnement, de ses composants et de ses satellites les plus importants.

### **III.2. Présentation du système Cospas-Sarsat**

#### **III.2.1. Comment fonctionne**

Les systèmes de recherche et de sauvetage (SAR) sont embarqués à bord de satellites en orbite terrestre basse (LEO), en orbite terrestre moyenne (MEO) et en orbite géostationnaire (GEO) fournis par les États-Unis, la Fédération de Russie, l'Inde et l'Organisation européenne pour l'Exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT). Ces satellites ont la capacité de détecter les signaux émis par 406 balises de détresse situées à la surface de la Terre. Ces balises fonctionnent sur une fréquence de 406 MHz et sont des émetteurs radio alimentés par batterie, conçus spécifiquement pour envoyer un signal de détresse lorsqu'ils sont activés. Lorsqu'une balise est activée, elle commence à émettre un signal radio continu qui est capté par les instruments du satellite, permettant ainsi aux équipes de recherche et de sauvetage de localiser l'urgence et de fournir une assistance [16].

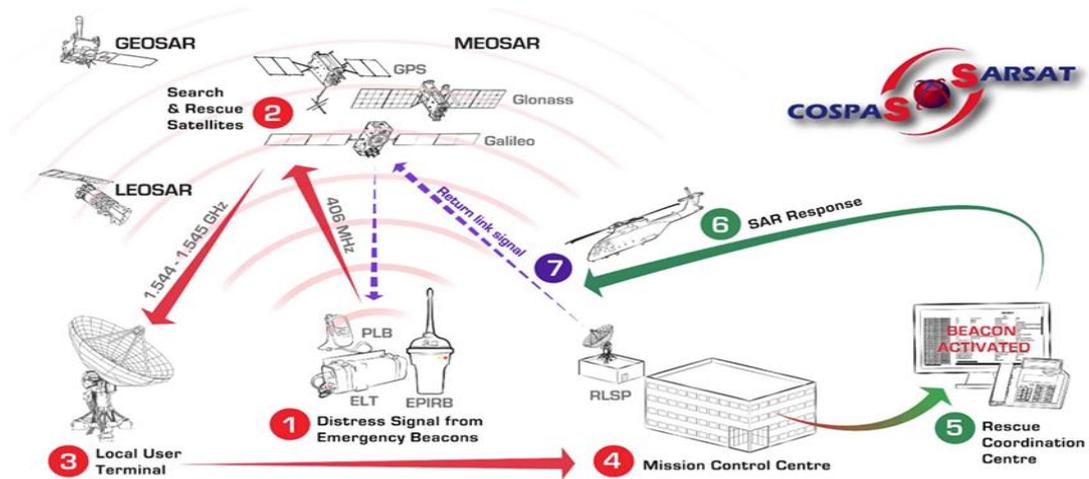


Figure III.15. Balise 406 activée [16]

### III.2.2. Balises de détresse de détresse 406 MHz :

Il est peu probable que quelqu'un anticipe d'avoir un accident, de se perdre ou de vivre une autre situation de détresse lorsqu'il se lance en mer, prend l'avion ou s'aventure dans des régions sauvages. Cependant, ces situations peuvent survenir. Les téléphones portables ne sont pas toujours opérationnels dans les zones éloignées, et les appareils de navigation multifonctions nécessitent une source d'alimentation (**Figure. III.17**). C'est pourquoi il est préférable d'opter pour une balise de détresse de 406 MHz. Son unique fonction est d'alerter immédiatement les autorités de recherche et de sauvetage (SAR) dès son activation, signalant ainsi que vous êtes en difficulté et avez besoin d'aide [16].

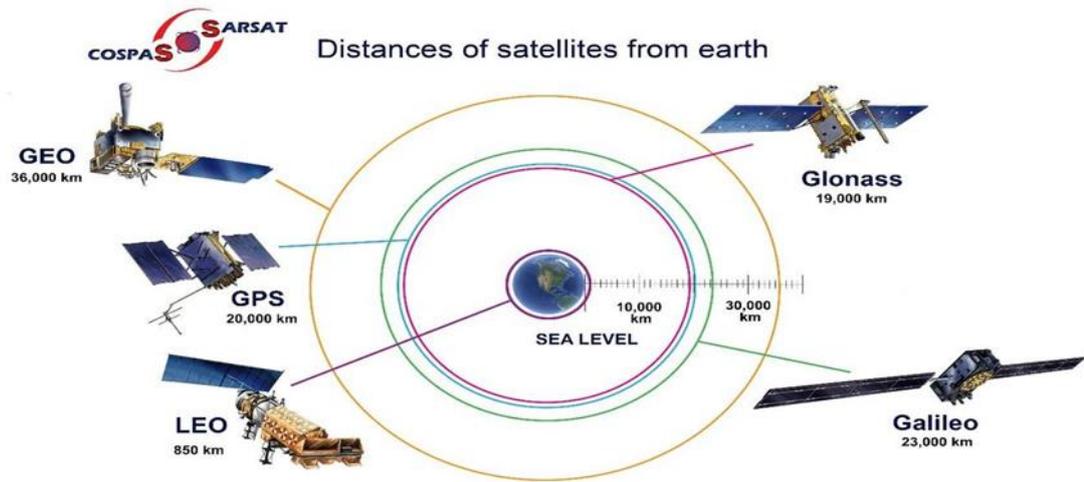


**Figure III.16. Les trois types balises de détresse 406 [16]**

Il existe trois types de balises de détresse 406 utilisées pour transmettre des signaux de détresse : les RLS (pour une utilisation maritime), les ELT (pour l'aviation) et les PLB (unités portables pour une utilisation dans des environnements éloignés). Les balises de détresse de 406 MHz sont codées numériquement et transmettent les signaux de détresse dès leur activation. Le chiffre 406 fait référence à la longueur d'onde radio exclusive sur laquelle ces balises transmettent. Cela signifie qu'un simple signal accidentel peut entraîner une fausse alerte (**Figure. III.18**). Afin d'éviter de recevoir un appel des garde-côtes ou de la force aérienne, assurez-vous de suivre attentivement les recommandations du fabricant lors du test de votre balise 406. Vous pouvez également suivre ces lignes directrices pour obtenir des instructions générales sur les procédures d'inspection et de test appropriées [16].

### **III.3. Le segment spatial :**

Le système Cospas-Sarsat comprend diverses constellations de satellites équipés d'instruments de recherche et de sauvetage (SAR). Ces satellites sont capables de "capturer" et repérer les signaux émis par les balises de détresse de 406 MHz qui ont été activées sur Terre [16].



**Figure III.17. La distance entre des satellites (Cospas-Sarsat) et la Terre [16]**

Selon leur position dans l'espace et le type de satellite, la portée de couverture des satellites peut s'étendre sur des milliers de kilomètres carrés, atteignant parfois près de la moitié de la surface de la planète (**Figure. III.19**). Les satellites du programme Cospas-Sarsat sont fournis par différents pays, tels que les États-Unis, l'Agence spatiale européenne, la Russie et l'Inde [16].

### III.3.1. LEOSAR et GEOSAR Satellites

LEOSAR (Low-Earth Orbiting Search and Rescue) et GEOSAR (Geostationary Orbiting Search and Rescue) sont deux types de satellites intégrés au système Cospas-Sarsat [16]. Ce système comprend plusieurs constellations de satellites équipés de dispositifs SAR (Search and Rescue). Ces satellites "écoutent" et détectent les signaux émis par les balises de détresse de 406 MHz qui ont été activées sur terre [17]. Les satellites LEOSAR sont positionnés à une altitude d'environ 850 kilomètres dans l'espace et effectuent une orbite autour de la Terre toutes les 102 minutes. Leurs orbites sont inclinées de 99 degrés par rapport à l'équateur, ce qui les place en orbite polaire [17]. En revanche, les satellites GEOSAR restent fixés à un point spécifique dans le ciel, leur permettant de détecter immédiatement les appels de détresse et de les transmettre [18].

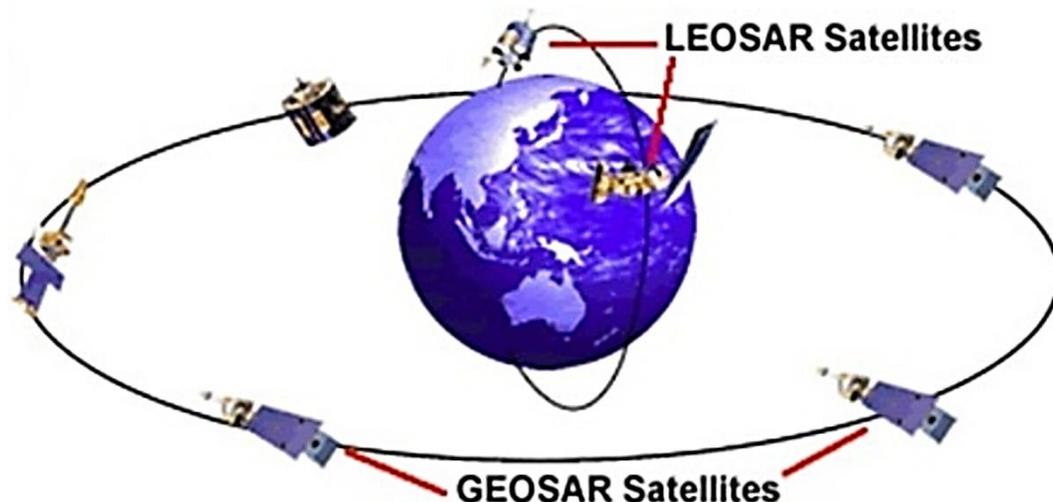


Figure III.18. LEOSAR et GEOSAR Satellites [18]

### III.3.2. MEOSAR Satellites

Le système de satellites en orbite terrestre à moyenne altitude du COSPAS-SARSAT est appelé le système MEOSAR du COSPAS-SARSAT. Ce système peut traiter les données actuelles du COSPAS-SARSAT et fonctionne de manière compatible avec les satellites Galileo et Glonass. Il devrait être lancé prochainement (**Figure. III.20**). Le service amélioré Galileo SAR offre un service de liaison de retour avec un canal intégré. Ainsi, en plus de l'utilisation des informations du GEOLUT et du LEOLUT, en surveillant les informations du MEOSAR, l'emplacement des urgences peut être déterminé avec un taux de réussite de 99%, ce qui permettra de sauver davantage de vies. Actuellement, il y a 40 satellites MEO Cospas-Sarsat, mais seuls 35 peuvent être utilisés pour le système COSPAS-SARSAT [17].

Le système MEOSAR a été développé pour remédier aux limitations des systèmes LEO/GEOSAR. Par exemple, contrairement aux satellites GEOSAR, les satellites MEOSAR sont capables de calculer l'emplacement précis d'une balise de détresse de 406 MHz, plutôt que de simplement détecter son activation, sauf si la balise est codée. De plus, les satellites LEOSAR, en raison de leur nombre limité et de leur orbite toutes les 100 minutes, ne peuvent pas assurer une couverture globale de la Terre (**Figure. III.21**) [16].

L'adoption du système MEOSAR offre plusieurs avantages potentiels en matière d'alerte SAR, notamment [17]:

Une couverture mondiale quasi instantanée avec une capacité de localisation précise indépendante.

- Des liaisons de communication robustes entre les balises et les satellites, des niveaux élevés de redondance et de disponibilité des satellites, une résilience contre les obstructions entre les balises et les satellites.
- La possibilité future de fournir des services SAR supplémentaires (améliorés), tels qu'une liaison de retour sol-balise.

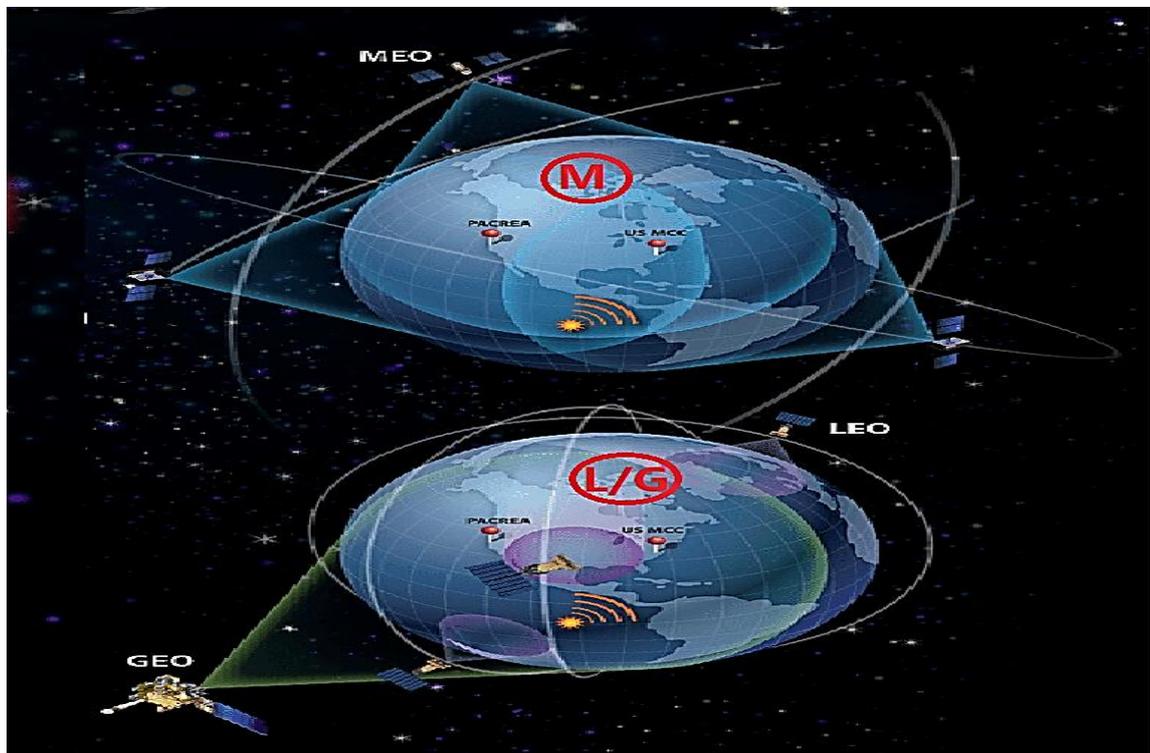


Figure III.19. Différence entre LEOSAR/ GEOSAR(L/G) et MEOSAR(M) [18]

#### III.4. Le segment sol

Le segment sol du système Cospas-Sarsat comprend trois sous-systèmes essentiels :

Les balises de détresse et d'urgence Cospas-Sarsat, telles que les balises EPIRB pour les situations maritimes, les balises PLB pour les situations terrestres ou personnelles, et les balises ELT pour les situations aéronautiques. Il englobe également les stations terrestres LUT (Local User Terminals) ainsi que les centres de contrôle de mission MCC (Mission Control Centers) associés. Les

infrastructures et missions RCC (Rescue Coordination Centers) et SAR sont également parties intégrantes de ce segment. Les LUT sont des stations de réception au sol chargées de recevoir les transmissions des balises via les satellites [15][19].

Les MCC sont responsables de l'analyse et de la distribution des alertes de détresse aux centres de coordination de sauvetage (RCC) situés dans la région SAR du pays où la balise a été activée et enregistrée [19].

### **III.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, les satellites de recherche et de sauvetage ont été abordés, qui ont fait partie de l'étude comme un sujet important, d'autant plus que l'axe suivant est basé sur la modélisation du mécanisme de recherche et de sauvetage, où le système Cospas-Sarsat, son histoire, son fonctionnement mécanisme, et ses premiers débuts ont été identifiés. Ensuite les satellites les plus importants, leur fonctionnement et leurs stations ont été discutés.

À travers ces recherches, il est évident que le domaine de la recherche et du sauvetage demeure un domaine de recherche en constante évolution, avec le développement continu de ses mécanismes et la nécessité d'une réponse rapide aux crises.

# Chapitre IV :

## Modélisation et simulation du projet

## IV.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'étudier et de mettre en œuvre un dispositif de communication utilisant ESP8266 NodeMCU afin d'envoyer des données de l'appareil vers une application qui simule les communications par satellite.

Nous allons clarifier certains détails du circuit électronique et de ses composants les plus importants, tout en expliquant la fonction de chaque composant. De plus, nous fournirons un aperçu de l'application et des informations qu'elle affiche.

Cette œuvre est composée d'une composante matérielle, qui est l'appareil électronique responsable de l'envoi des informations via Wi-Fi, et d'une composante logicielle, qui est l'application chargée de les recevoir et de les afficher.

## IV.2. Partie électronique

Dans cette partie, nous aborderons les composants du circuit électronique ainsi que ses parties les plus importantes. Le circuit a pour fonction de collecter et d'envoyer des informations à travers la technologie Wi-Fi.

### IV.2.1. MLX90614

Le MLX90614 est un capteur de température sans contact basé sur la technologie infrarouge. Il mesure avec précision la température sans nécessiter de contact physique avec la source de chaleur.



Figure IV.20. Thermomètre a capteur infrarouge [20]

### IV.2.2. Capteur de fréquence cardiaque d'impulsion

Le capteur de fréquence cardiaque (Pulse Heart Rate Sensor) est un dispositif utilisé pour mesurer le rythme cardiaque. Le capteur fonctionne en détectant les variations du flux sanguin dans les vaisseaux sanguins près de la peau, puis en convertissant ces variations en signaux électriques pouvant être lus.



Figure IV.21. Capteur de fréquence cardiaque [21]

### IV.2.3. NEO-6M GPS Module GPS

Le module GPS NEO-6M est un module GPS compact et abordable utilisé pour la localisation et la navigation. Il utilise le chipset GPS NEO-6M, qui prend en charge plusieurs systèmes de positionnement tels que GPS, GLONASS et Beidou.



Figure IV.22. NEO-6M [21]

Ce module est généralement utilisé avec un microcontrôleur ou un Arduino OU ESP8266 pour recevoir et traiter les données GPS. Il se connecte via une interface série (UART) et fournit des

informations telles que les coordonnées géographiques (latitude et longitude), l'altitude, la vitesse et l'heure.

#### IV.2.4. ESP8266 NodeMCU

Le NodeMCU est une carte de développement basée sur la puce ESP8266. Il s'agit d'une plateforme open-source qui offre une connectivité Wi-Fi et permet la programmation et le contrôle des appareils connectés via l'Internet des objets (IoT). Le NodeMCU est largement utilisé pour créer des projets IoT, en raison de sa facilité d'utilisation et de sa compatibilité avec diverses bibliothèques et langages de programmation. Il dispose de broches d'E/S (entrée/sortie) qui permettent de connecter et de contrôler une variété de capteurs, actionneurs et autres périphériques. Grâce à sa polyvalence et à son prix abordable, le NodeMCU est populaire parmi les amateurs, les développeurs et les makers dans le domaine de l'IoT.

Il existe deux versions de la carte ESP8266 NodeMCU:

La puce ESP8266 NodeMCU est disponible en deux versions, la version 0.9 et la version v1. Dans ce projet, nous utilisons spécifiquement la version v1.

Les différences entre la version 0.9 et la v1 de NodeMCU incluent la taille de la mémoire. La version 0.9 a une mémoire flash plus petite d'environ 512 Ko, tandis que la version v1 dispose d'une mémoire flash plus grande de 4 Mo.

Cependant, il est essentiel de noter que malgré ces différences, les deux versions fonctionnent sur le même cœur et offrent les mêmes fonctionnalités de base de la plate-forme ESP8266 NodeMCU. Cela signifie que le code et les fonctionnalités développés pour la version v1 devraient être compatibles avec la version 0.9, bien que des ajustements puissent être nécessaires en raison des différences de mémoire.

#### IV.2.5. Pourquoi ESP8266 NodeMCU

D'après l'image ci-dessous, il est clair que l'ESP8266 NodeMCU a de bonnes spécifications adaptées au projet et à un bon prix.

Brand	Board	Processor	Clock Speed	GPIO/PWM	ADC/DAC	Internet	SD card slot	Dimensions	Price(\$)	Picture
Arduino	Uno wifi	8-bit ATMEGA4809	16 MHz	14/5	6/0	Wifi	-	68*54	45	
	Yun	8-bit ATmega32U4 + 16-bit Atheros AR9331	16 MHz + 400 MHz	20/7	12/0	Ethernet + Wifi	Yes	68*54	60	
NodeMCU	ESP8266	32-bit Xtensa Single-core	80 MHz	17/4	1/0	Wifi	-	49*25	8	
	ESP32	32-bit Xtensa Dual-Core	160 MHz	25/16	16/2	Wifi + BT V4	-	51*28	9	

Figure IV.23. Différence entre ESP8266 NodeMCU et certaines cartes électroniques [25]

### IV.2.6. Brochage ESP8266 NodeMCU

Les cartes de développement ESP8266 NodeMCU les plus couramment utilisées sont l'ESP8266-12E NodeMCU Kit, le Wemos D1 Mini et l'ESP-01. Nous allons vous présenter le schéma de brochage (pinout) de la carte ESP8266-12E utilisée dans le projet :

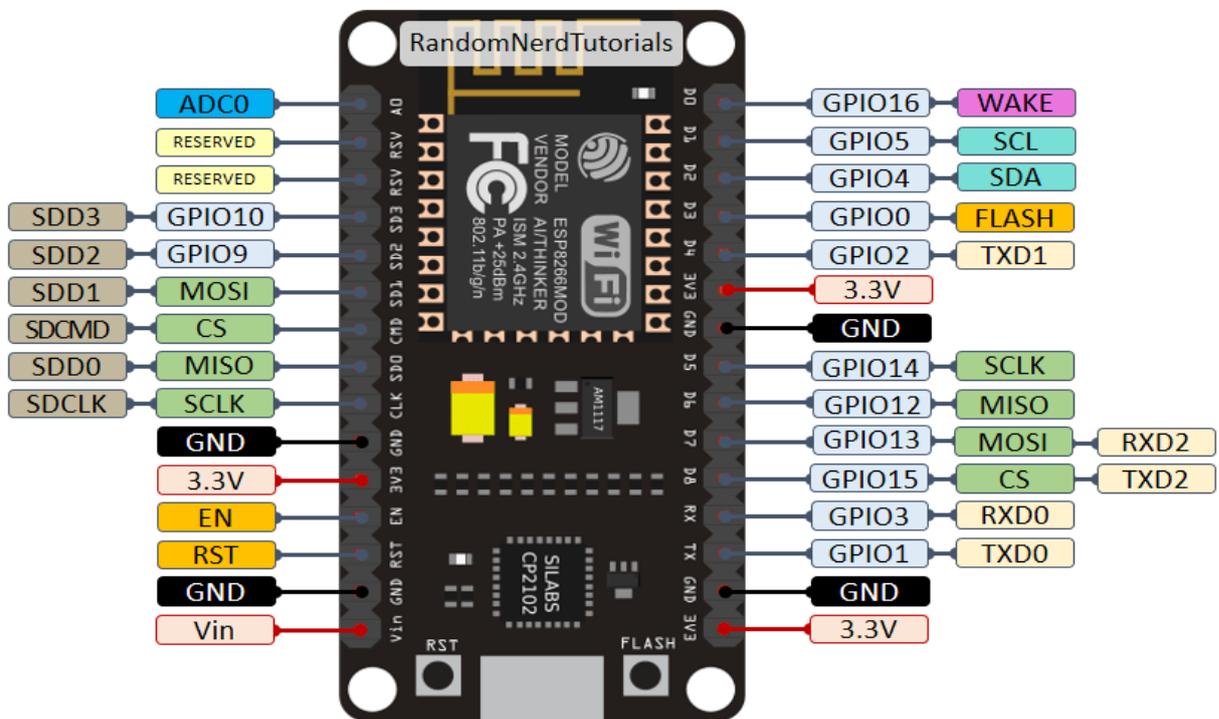


Figure IV.24. Brochage du kit ESP-12E NodeMCU [21]

### IV.2.7. Les broches d'alimentation

Généralement, toutes les cartes sont équipées des broches d'alimentation suivantes : 3V3, GND et VIN. Vous pouvez utiliser ces broches pour alimenter la carte (si vous ne fournissez pas d'alimentation via le port USB) ou pour alimenter d'autres périphériques (si vous alimentez la carte via le port USB). [21]

### IV.2.8. Comment programmer l'ESP8266 ?

Il existe plusieurs méthodes pour programmer l'ESP8266 en utilisant différents langages de programmation tels que Arduino C/C++ avec le framework Arduino pour l'ESP8266, MicroPython, LUA et d'autres.

Notre méthode consiste à programmer l'ESP8266 en utilisant le langage de programmation Arduino avec l'environnement de développement Arduino IDE [21].

### IV.2.9. Schéma de circuit électronique

Nous avons utilisé le programme fritzing pour dessiner le circuit électronique suivant

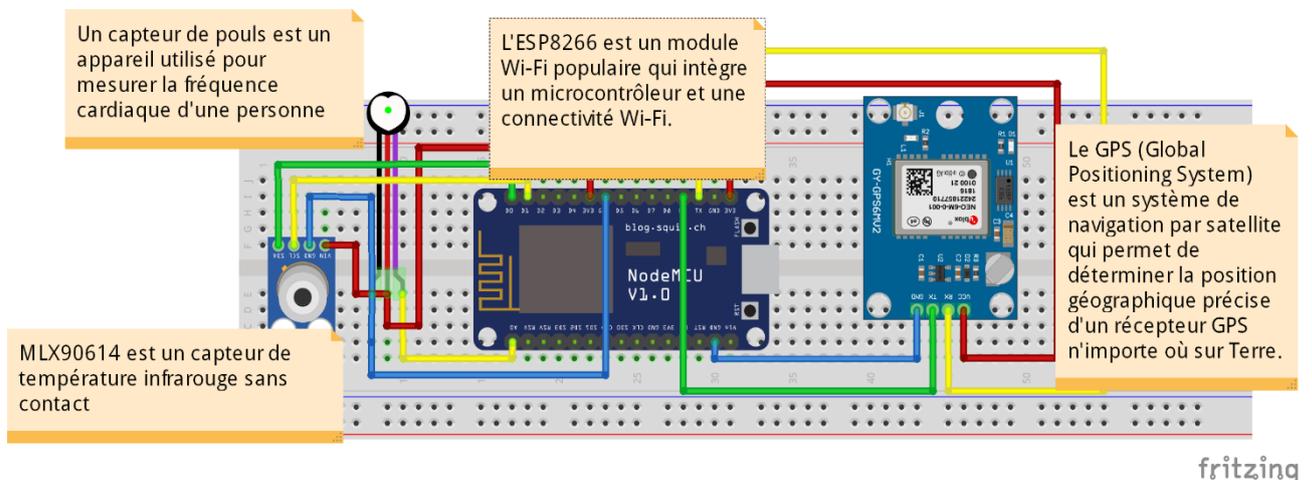


Figure IV.25. Circuit électronique du projet

### IV.3. Partie logicielle

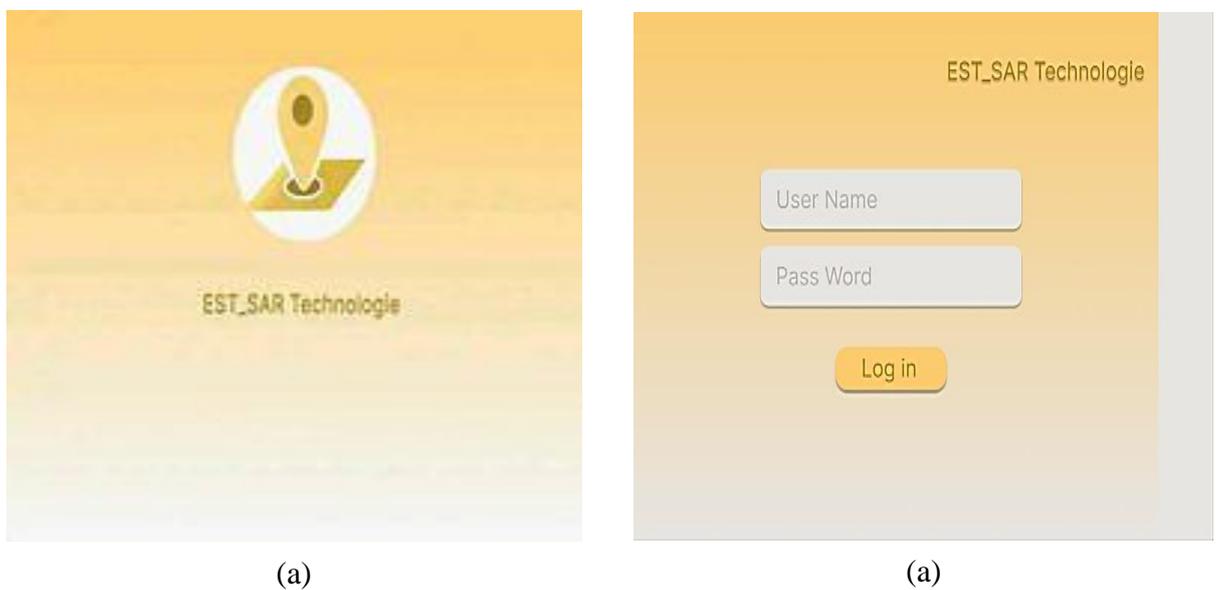
Le but de l'application de l'agence de tourisme est de faciliter la gestion et le suivi des informations des utilisateurs. L'administrateur peut y accéder en entrant le nom d'utilisateur et le mot de passe appropriés. Une fois connecté, l'administrateur peut consulter les détails des informations personnelles des utilisateurs et effectuer les mises à jour nécessaires.

De plus, l'application est associée à un bracelet intelligent qui recueille diverses informations sur l'utilisateur, telles que sa localisation géographique et des données vitales. Ces informations sont transférées vers l'application via un service de satellites. L'objectif principal de ce service est de fournir des services de sécurité et d'urgence pour protéger les touristes et faciliter leur accès aux services.

Dans cette partie de la simulation, nous parlerons de l'application (que nous avons simulée à l'aide de l'éditeur graphique Figma), de ses parties les plus importantes et du rôle de chaque partie de l'application.

### IV.3.1. Page de garde

La page de connexion (**Figure IV.26**) de l'application affiche le logo de l'application et son nom pendant 7 secondes avant d'être redirigée vers la page principale de connexion. Enfin, le processus de connexion est effectué pour accéder aux informations des utilisateurs et les gérer.



**Figure IV.26. Page d'accueil**

### IV.3.2. Pages d'informations

Lorsque vous vous connectez à l'application, vous êtes automatiquement dirigé vers la page des comptes clients. Vous avez également la possibilité d'enregistrer un nouvel utilisateur en saisissant ses informations de base ainsi que son numéro d'identification de bracelet.

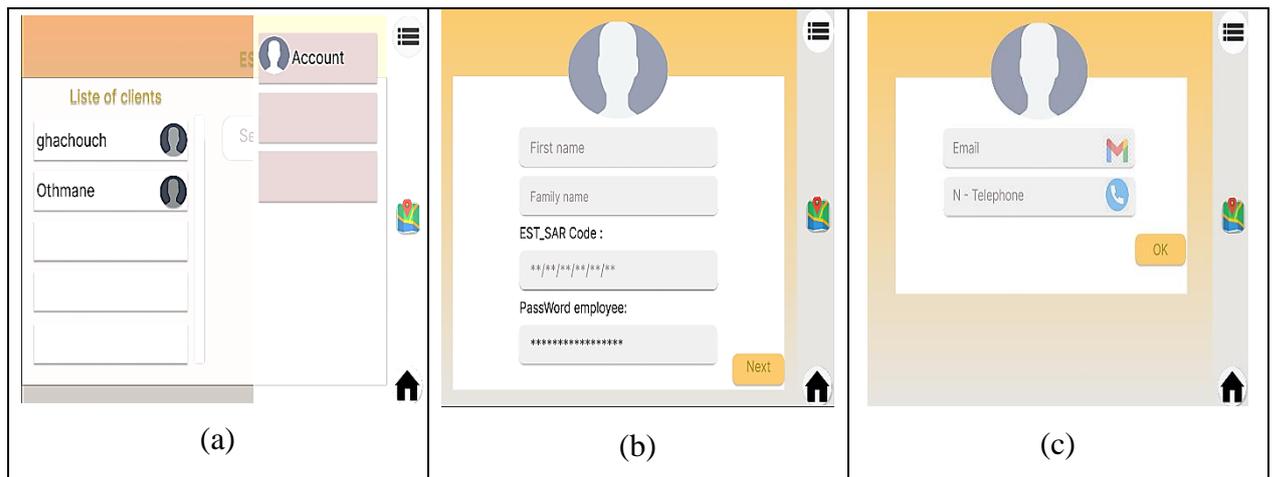


Figure IV.27. Comptes utilisateurs

Une fois connecté et après la création du compte, les informations du bracelet, telles que les données vitales et la localisation géographique, seront affichées. Cela permet à l'utilisateur principal de l'application de consulter les données personnelles du porteur du bracelet et d'obtenir des informations sur sa santé et sa position géographique actuelle .



Figure IV.28. a) Informations biologiques, b) Situation géographique

### IV. 3.3. Lien entre l'application et le bracelet

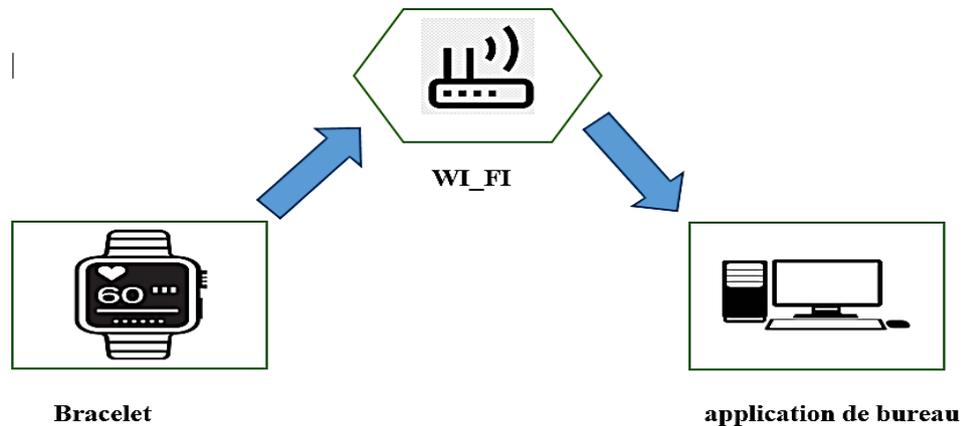


Figure IV.29. Transfère des informations du bracelet vers l'application

La **Figure IV.29** illustre la méthode de transfert des données du bracelet vers l'application via le réseau Wi-Fi, le réseau Wi-Fi dans ce cas remplace le satellite dans le cas réel, ce qui facilite le transfert des données.

### IV.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les composants du bracelet électronique et expliqué l'application qui lui est associée, ainsi que la manière de l'utiliser. Nous avons analysé et expliqué des différents capteurs du bracelet. L'application, les outils disponibles, la navigation et l'utilisation des différentes fonctionnalités sont décrits. Nous avons également expliqué la méthode de communication entre le bracelet et l'application. L'utilisation de cette technologie offre à l'utilisateur un niveau élevé de confort et de sécurité.

# Conclusion Générale

### Conclusion générale

La technologie a des motifs valables pour conquérir l'espace, car de nombreuses études ont confirmé l'avantage des satellites en matière de télédétection pour tout ce qui se trouve à la surface de la Terre.

Dans le cadre de cette étude, nous avons développé un appareil automatique connecté au réseau Wi-Fi (nous avons opté pour le Wi-Fi plutôt que les satellites en raison de contraintes financières qui nous ont empêchés de collaborer avec les entreprises leaders dans ce domaine). Grâce à cet appareil, il est possible de déterminer à distance les conditions possibles des organismes vivants dans n'importe quelle partie du monde.

Le prototype réalisé dans sa version initiale a été soumis à des vérifications expérimentales. Les résultats obtenus ont été très intéressants, notamment en ce qui concerne la capacité d'envoi et de réception d'informations via le réseau Wi-Fi utilisé à la place des satellites, pour les raisons mentionnées précédemment. Dans le cadre de ce projet, une application Android a été développée en collaboration avec des collègues informaticiens.

Plusieurs difficultés ont été rencontrées lors de la réalisation de cette étude, parmi lesquelles on peut citer :

- Le manque de matières premières nécessaires pour la conception finale de l'appareil.
- Les problèmes financiers liés à l'utilisation réelle par le biais d'un satellite.

À l'avenir, ce projet fera l'objet d'un dépôt de demande de brevet auprès de l'incubateur de l'université de Ouargla, dans l'espoir qu'il sera accepté par la communauté nationale.

- [1]: "Journal of Science & Technology", King Abdulaziz City For Science & Technology, Gen. Direct. of Sc, Awa. & Publ, P.O. Box 6086, Riyadh 11442 Saudi Arabia, (Novembre 2006).
- [2]: <https://www.slideshare.net/konstantinfo1/wearables-become-desirables> (Consulté le 28 Mai 2023).
- [3]: Equipe de Perspective monde, *Lancement du satellite artificiel américain Explorer 1*, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, (31 janvier 1958) [En ligne] <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMEve/1510> (Consulté le 28 Mai 2023).
- [4]: <https://information.tv5monde.com/info/spoutnik-1-le-premier-satellite-artificiel-en-orbite-autour-de-la-terre-196006> (Mis à jour le 24 déc. 2021 à 15h28)
- [5]:  
 كتاب تقنيات الميكروويف والاقمار الصناعية، المملكة العربية السعودية، المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، الإدارة العامة (2022/8/9) [En ligne] <https://www.alfred-library.com/2019/08/Microwave-and-satellite-technologies-theoretical.html>
- [6]: BOUDJELLAL Mohamed, *Les Satellites et leurs applications*, Université Saad Dahlab de Blida, (2006-2007) [En ligne] <https://d1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net/document/pdf/538e0f1bb8a5f>.
- [7] "Techno Science" *Applications des Satellites*. [En ligne] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Applications-des-satellites-page-2.html> (Septembre 28, 2022 à 07:32)
- [8]: عاطف معتمد عبد الحميد، أسس الاستشعار عن بعد، جامعة القاهرة، (2008).
- [9]: Abdallah, Azza مبارك و الكوارث، ادارة الازمات و التطبيقات الاستشعار عن بعد في ادارة الازمات و الكوارث، مبارك و الكوارث، 390-350 ص 11، (2005). [En ligne] [https://www.researchgate.net/publication/275957022\\_ttbyqat\\_alastshar\\_n\\_bd\\_fy\\_adart\\_alazmat\\_w\\_alkwarth](https://www.researchgate.net/publication/275957022_ttbyqat_alastshar_n_bd_fy_adart_alazmat_w_alkwarth) (Consulté le 28 Mai 2023).
- [10] Laura EP Rocchio, *A Planetary Sage: Landsat at 50*, *Landsat Science*, (July 21, 2022.)
- [11]: **Truong N.T**, *Multi-source hybridization to improve detection, tracking, location and positioning functions in harsh environments*. s.l., ENSTA, 2020.
- [12]: "Futura-sciences." <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-gps-1897/> (Consulté le 28 Mai 2023).
- [13]: <https://www.cnetfrance.fr/produits/applications-gps-incontournables-39944270.htm> (Mis à jour le mercredi 25 janvier 2023)
- [14]: BOUDJELLAL, M, *Les Satellites et leurs applications*. Université Saad Dahlab de Blida, (2006-2007).
- [15]: Ilcev, Stojce Dimov. "Global Mobile Satellite Communications Applications" : For Maritime, Land and Aeronautical Applications Volume 2. Vol. 2. Springer, 2017.

[16] : <https://www.sarsat.noaa.gov/>(Consulté le 03 Mai 2023).

[17] : Wang, Wei, and Shuming Wang. "Overview of the international satellite-based cospas-sarsat system." Space Information Networks: Third International Conference, SINC 2018, Changchun, China, August 9–10, 2018, Revised Selected Papers 3. Springer Singapore, 2019.

[18] : “ESA - 'LEOSAR' and 'GEOSAR' satellites - European Space Agency.”  
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2012/03/LEOSAR\\_and\\_GEOSAR\\_satellites](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2012/03/LEOSAR_and_GEOSAR_satellites)

(Consulté le 04 Mai 2023).

[19] : <https://www.amsa.gov.au/safety-navigation/> (Consulté le 04 Mai 2023)

[20] : <https://www.electronics-lab.com/> (Consulté le 10 Mai 2023).

[21] : <https://alexnld.com/> (Consulté le 10 Mai 2023).

[22] : <https://forum.arduino.cc/t/>(Consulté le 28 Mai 2023).

[23] : <https://www.digitaltveurope.com/2023/03/17/research-government-and-defence-expected-to-fuel-satellite-growth/> (update in 17th March 2023 /Consulté le 09 juillet 2023).

[24] :

[25] :

## المخلص

أدى التطور التكنولوجي الهائل في الوقت الراهن إلى الرفع من مستوى عدة مجالات خاصة مجال البحث والإنقاذ عبر الأقمار الصناعية لجميع الكائنات الحية (الإنسان والحيوان) عن طريق أجهزة جد متطورة. وكمساهمة منا في تحسين الخدمات في هذا المجال في بلدنا الجزائر وخاصة في جنوبه الكبير، قمنا في عملنا هذا بتصميم جهاز أوتوماتيكي يتصل مع الأقمار الصناعية يضمن استقبال وإرسال المعلومات من وإلى هذا الأخير في الأماكن الخالية من السكان أو من الحياة الطبيعية. بالإضافة إلى هذا، قمنا أيضا بالتعاون مع زملائنا من قسم الإعلام الآلي بإنشاء تطبيق أندرويد مرتبط بالجهاز المبتكر يسمح باستقبال، عرض، معالجة وإرسال المعلومات من وإلى الجهاز المبتكر. وقد أظهرت التجارب الأولية والتي استعملنا فيها شبكة الواي فاي بدل القمر الصناعي، نتائج جد مشجعة خاصة في سرعة استقبال وإرسال المعلومات وعرضها على التطبيق المطور الذي يعتبر سهل الاستعمال والتصفح من قبل المستخدم. وقد أودعنا لهذا الغرض لدى حاضنة جامعة ورقلة، ملف براءة اختراع للنموذج الأولي المبتكر.

**الكلمات المفتاحية:** التطور التكنولوجي؛ الأقمار الصناعية؛ التقنيات الحديثة؛ ابتكار؛ جهاز أوتوماتيكي؛ تطبيق أندرويد؛ شبكة الواي فاي

## Résumé

Les progrès technologiques considérables de notre époque ont conduit à l'amélioration de plusieurs domaines, notamment celui de la recherche et du sauvetage grâce aux satellites pour toutes les formes de vie (humains et animaux) à l'aide d'appareils très avancés.

En tant que contribution à l'amélioration des services dans ce domaine en Algérie, en particulier dans sa grande région sud, nous avons développé un dispositif automatique qui se connecte aux satellites. Il assure la réception et l'envoi d'informations de et vers ces satellites dans des zones non peuplées ou dépourvues de vie naturelle. De plus, en collaboration avec nos collègues du département d'informatique, nous avons créé une application Android liée à ce dispositif innovant, qui permet la réception, l'affichage, le traitement et l'envoi des informations de et vers le dispositif.

Les premières expériences que nous avons menées en utilisant le réseau Wi-Fi à la place du satellite ont donné des résultats très encourageants, en particulier en termes de vitesse de réception, d'envoi et d'affichage des informations sur l'application développée, qui est facile à utiliser et à naviguer pour l'utilisateur.

Nous avons déposé un dossier de brevet pour le modèle initial innovant auprès de l'incubateur de l'université de Ouargla dans ce but.

**Mots-clés :** développement technologique, satellites, technologies modernes, innovation, appareil automatique, application Android, réseau Wi-Fi.

## Abstract

The considerable technological advancements of our time have led to improvements in various fields, particularly in the area of research and rescue using satellites for all forms of life (humans and animals) with the help of highly advanced devices.

As a contribution to enhancing services in this field in Algeria, especially in its large southern region, we have developed an automatic device that connects to satellites. It ensures the reception and transmission of information to and from these satellites in uninhabited or naturally devoid areas. Additionally, in collaboration with our colleagues from the computer science department, we have created an Android application linked to this innovative device, which enables the reception, display, processing, and transmission of information to and from the device.

The initial experiments we conducted using Wi-Fi networks instead of satellites yielded very encouraging results, particularly in terms of the speed of receiving, sending, and displaying information on the developed application, which is user-friendly and easy to navigate.

For this purpose, we have filed a patent application for the innovative initial model with the incubator at the University of Ouargla.

**Keywords:** technological development, satellites, modern technologies, innovation, automatic device, Android application, Wi-Fi network.