

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Jijel

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Electronique

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'Obtention du
Diplôme de Master en Télécommunications

Option : Systèmes des Télécommunications

Thème

Géolocalisation et estimation des
trajectoires dans le réseau
GPS/GSM

Présenté par :

- M^{elle} Nessrine BOUCHICHA
- M^{elle} Karima BITAT

Encadré par :

Pr. Abdelkrim BOUKABOU

Promotion : 2019

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieux, notre Créateur, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité d'étudier, la volonté, le courage et la patience afin d'accomplir et de mener à bien ce travail.

Nous remercions en particulier notre encadreur. Pr. **BOUKABOU Abdelkrim** pour avoir dirigé ce travail, pour son aide, ses encouragements, sa grande disponibilité, ses précieux conseils et pour la patience qu'il nous a accordé pendant la réalisation de ce travail, et surtout remercier **BOUSSALEM Oussama** Maître de conférences pour sa disponibilité et son sérieux et ses conseils judicieux. Un grand merci également aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à mes soutenances.

Nos vifs remerciements vont à tous les enseignants qui nous ont suivis durant nos cinq années d'études à l'université, à tous les collègues de notre promotion 2019.

Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à nos familles, nos amis pour leur patience et leur intérêt.

Enfin, nous remercions toute personne qui a contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Nessrine -Karima

Dédicaces

Un grand merci au bon Dieu, le seigneur des mondes pour le courage et la force qui nous a offert pour terminer ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail :

A celle qui m'a

Aidé par ses sincères prières et

Douaa à la plus chère personne de ma vie

Ma mère. À celui qui a bien travaillé pour

M'apprendre c'est quoi le combat et

Qui m'a fait ce que je suis mon

Chère père que Dieu le pro-

Tégé pour nous.



A mon frère : Abdelaziz Je vous dédie ce travail et veuillez trouver dans ce mémoire l'expression de mon respect.

A mes sœurs : Hanane, Souhila, Nessrine, Nadjla Meilleurs vœux de succès dans leurs études et de bonheur dans leurs vies.

A ma sœur et sa petite famille : Hanane, Bilal, Sirine Meilleurs vœux de succès dans leurs études et de bonheur dans leurs vies.

A mon collègue Nessrine : que Dieux réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A mes chères amies : Une dédicace particulière est sincère pour mes amies Hayat, Lamia je vous souhaite une vie pleine de joie et de prospérité.

A la fin, je prie le bon Dieu de faire ce travail très utile pour les autres candidats de cette spécialité.

Karima

Dédicaces

Un grand merci au bon Dieu, le seigneur des mondes pour le courage et la force qui nous a offert pour terminer ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail :

*A celle qui m'a
Aidé par ses sincères prières et
Douaa à la plus chère personne de ma vie
Ma mère. À celui qui a bien travaillé pour
M'apprendre c'est quoi le combat et
Qui m'a fait ce que je suis mon
Chère père que Dieu le pro-
Tégé pour nous.*



 *A mes chères **Mama Nawara** et **DoDa** Meilleurs vœux de bonheur dans ta vie.*

*A mes frères : **Sife Eddine**, **Oussama** Je vous dédie ce travail et veuillez trouver dans ce mémoire l'expression de mon respect.*

*A mes sœurs : **MiMi**, **Lamis**, **chaïma**, **Hassna** Meilleurs vœux de succès dans ses études et de bonheur dans leurs vies.*

*A mes tantes : **Rachida**, **Naïma**, **Samira**, **Ibtissam** et à mes tentants : **Kamal**, **Omer**, **Ahmed**.*

*A mon collègue **Karima** : que Dieux réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.*

A mes chères amies : Une dédicace particulière est sincère pour mes amies Rima, Meryem je vous souhaite une vie pleine de joie et de prospérité.

A notre ami ChoaiB (Que dieu l'accueille en son vaste paradis).

A la fin, je prie le bon Dieu de faire ce travail très utile pour les autres candidats de cette spécialité. 

Nessrine

Sommaire

Liste des Figures.....	v
Liste des symboles et abriviations.....	v
Introduction Générale.....	1

Chapitre 1 : Estimation de l'emplacement

1.1. Introduction Générale.....	3
1.2. Système de positionnement global.....	3
1. 2.1. Méthode de positionnement.....	4
1.2.2. Mesure de la distance à un émetteur.....	4
1.2.3. L'apport des mathématiques dans le fonctionnement du GPS.....	5
A. Calcul des Coordonnées géographiques.....	5
B. Les facteurs d'imprécision des mesures par GPS.....	8
1. 2.4. Source d'erreur GPS.....	9
1. 2.5. Précision de positionnement.....	11
1.2.6. Potentiel d'utilisation.....	11
1. 3. Architecteur matérielle du système de localisation.....	11
1. 3.1 Types d'objectives géolocalisables.....	11
1. 3.2 Description des composants.....	12
1.4. Conclusion Générale.....	14

Chapitre 2 : Généralité sur GSM/ GPRS

2.1. Introduction Générale.....	15
2.2. Réseau GSM.....	15
2.2.1. Structure du réseau GSM.....	15
2.1.1. Système cellulaire.....	15
2.2.2. Bandes de fréquence GSM.....	17
2.2.3. Architecteur d'un réseau GSM.....	19
a-station mobile (MS).....	20
b- le sous-système radio(BSS).....	20
c- le sous-système réseau(NSS).....	21
d-sous-système opération(OSS).....	22
2.2.4. Le rôle de réseau GSM.....	22
2.2.5. Le multiplexage dans le GSM.....	22
a. Partage en fréquence (FDMA).....	23
b. Partage en temps (TDMA).....	23
c. Partage de code (CDMA).....	25
2.2.6. Les services offerts par un réseau GSM.....	25
2.3. Le réseau GPRS.....	26
2.3.1. L'architecture du réseau GPRS.....	27
2.3.2. Equipement de base d'un réseau GPRS.....	27
2.3.3. Les avantages du réseau GPRS.....	29

2.3.4. Le rôle du GPRS.....	30
2.4. L'impact du GPRS sur le GSM.....	30
2.5. Conclusion Générale.....	30

Chapitre 3 : Résultats de simulations

3.1. Introduction	31
3.2. Description du dispositif.....	31
3.3. Structure et fonctionnement.....	31
3.4. Constitution du dispositif.....	32
3.4.1. La Carte Arduino UNO.....	32
3.4.2. Le module SIM900 GSM GPRS.....	33
3.4.3 Le Module GPS (Global Position System).....	35
3.5. Organigramme de fonctionnement.....	36
3.5.1. Organigramme pour la partie de la localisation par GPS.....	37
3.5.2. Organigramme pour la partie d'envoi de message.....	38
3.5.3. Organigramme général de notre dispositif.....	39
3.6. Logiciels utilisés pour la simulation.....	39
3.7. Simulation.....	40
3.7.1. Les étapes de la simulation.....	40
3.8. Conclusion.....	43
Bibliographique.....	46

Liste des figures

Figure 1.1 : <i>Un récepteur GPS trouve sa position sur au moins quatre satellites visibles.....</i>	4
Figure 1.2 : <i>Emission d'une onde par une source (rouge) dans l'espace contenant un récepteur (noir).....</i>	5
Figure 1.3 : <i>schéma entre le satellite et le récepteur de GPS.....</i>	6
Figure 1.4 : <i>L'intersection de deux sphères pour déterminer un cercle.....</i>	6
Figure 1.5 : <i>schéma de triangulation.....</i>	6
Figure 1.6 : <i>GPS-triangulation.....</i>	7
Figure 1.7 : <i>système de référence.....</i>	7
Figure 1.8 : <i>Effet de trajets multiples pour le message GPS.....</i>	9
Figure 1.9 : <i>1.4(a) montre une mauvaise position. Les satellites GPS 1.4 (b) montrent bien satellites GPS positionnés.....</i>	10
Figure 1.10 : <i>Types d'objets mobiles géo-localisables.....</i>	12
Figure 1.11: <i>Les trois segments du GPS.....</i>	13
Figure 1.12 : <i>Constellation des satellites du GPS.....</i>	13
Figure 2.1 : <i>Système cellulaire GSM.....</i>	16
Figure 2.2 : <i>Exemple d'antennes GSM (Rockhampton, Queensland, Australie.....</i>	18
Figure 2.3 : <i>Architecture de GSM.....</i>	19
Figure 2.4 : <i>Partage en fréquence.....</i>	23
Figure 2.5 : <i>Partage en temps.....</i>	24
Figure 2.6 : <i>Liaison entre BTS et MS et trame TDMA.....</i>	24

Figure 2.7 : <i>Partage de code</i>	25
Figure 2.8 : <i>Architecture du réseau GPRS</i>	27
Figure 3.1 : <i>Schéma synoptique du dispositif</i>	32
Figure 3.2 : <i>Schéma de carte Arduino UNO</i>	33
Figure 3.3 : <i>Module GSM/GPRS SIM 900</i>	34
Figure 3.4 : <i>Le dos du module GSM/GPRS montrant L'horloge et l'emplacement de la puce</i> ...	35
Figure 3.5 : <i>Le Module U-BLOX NEO-6M</i>	36
Figure 3.6 : <i>Organigramme illustrant le fonctionnement du programme du GPS</i>	37
Figure 3.7 : <i>Organigramme illustrant le fonctionnement du programme De l'envoi de message</i> ...	38
.....	
Figure 3.8 : <i>Organigramme illustrant le fonctionnement du programme général</i>	39
Figure 3.9 : <i>La fenêtre de logiciel Proteus ISIS</i>	40
Figure 3.10 : <i>Liaison entre l'Arduino et le GPS sur ISIS Professional</i>	41
Figure 3.11 : <i>Liaison entre l'Arduino et le module GSM sur ISIS Professional</i>	42
Figure 3.12 : <i>Image illustrant le résultat du montage avec le module SIM 900 et le Module GPS</i>	43

2G	2ième Génération
3G	3ième Génération
AuC	Authentication Center
A-	Assisted GPS
AT	ATtention
ADC	Analog-to-digital converter
BS	Station de Base
BTS	Station de base
BSS	Base Station Sub-System
BSC	Contrôleur de station de base
CGF	Charging Gateway Function
CEPT	Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications
DPC	Contrôle Dynamique de la puissance
DRM	Direction des Radiocommunications Mobiles
DOD	United States Département of Défense
DOS	Dilution of Precision
DRM	Direction des Radiocommunications Mobiles
EEPROM	Electric Erasable Programmable Read Only Memory
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FH	Haute Fréquence
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System Mobile Communication
GPRS	General Packet Radio Service
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPIO	General Purpose Input/Output
SGSN	Service GPRS Support Node
HLR	Home Location Register
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IDE	Integrated Development Environment

IMEI	International Mobile Equipment Identity.
LED	Diode Electriquement Lumineuse
MS	Mobile Station
MSC	Commutateur du service mobile
NSS	Network Sub system
OSS	Network Mangement Center
OMC	Operating and Maintenance Center
PCU	Packet control Unit
PWM	Pulse Width Modulation
RTC	Réseau Téléphoniques Commuté
RTPC	Réseau Téléphoniques public Commuté
SPI	Interface Série Périphérique
SGSN	Serving GPRS Support Node
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
Tx, Rx	Transmission, Reception
TDMA	Time Division Multiple Access
USB	Universal Serial Bus
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
VLR	Visitor Location Register
VIN	Tension d'entrée positive
SIM	Subscriber Indentity Module

Introduction générale

La localisation des objets est devenue une composante majeure des services de télécommunications. Ces dernières années, la téléphonie mobile a beaucoup évolué et de nouveaux services ont vu le jour pour la géolocalisation afin de satisfaire les besoins potentiels des consommateurs.

Le Global Positioning System (GPS) (en français : « Système mondial de positionnement », est un système de positionnement par satellites appartenant mis en place par le département de la Défense des États-Unis à des fins militaires à partir de 1973. Les signaux transmis par les satellites peuvent être reçus et exploités par des systèmes de téléphonie mobile tels que le système GSM. L'utilisateur, qu'il soit sur terre, sur mer ou dans les airs, peut connaître sa position à toute heure et en tout lieu sur la surface ou au voisinage de la surface de la terre avec une précision sans précédent, dès lors qu'il est équipé d'un récepteur GPS et du logiciel nécessaire au traitement des informations reçues. A cet effet, la localisation par GSM a l'avantage d'être opérable dans des environnements non couverts ou mal couverts par le GPS.

L'étude de la géolocalisation dans le réseau GSM/GPRS fait l'objet principal de notre travail, et pour cela, on subdivise notre mémoire de Master en trois chapitres principaux.

Le premier chapitre donnera les principes de base du système GPS. En particulier, nous avons expliqué en détail les méthodes de positionnement, Source d'erreur GPS, Précision de positionnement et le Potentiel d'utilisation réel du GPS. De plus, nous avons consacré une grande partie de ce chapitre pour présenter l'Architecture matérielle du système de localisation GPS.

Dans le deuxième chapitre, nous exposerons les méthodes de base de positionnement du mobile dans GSM en décrivant l'Architecture d'un réseau GSM : station mobile (MS), le sous-système radio (BSS), le sous-système réseau (NSS), le sous-système opération (OSS). De plus, on présente le rôle de réseau GSM et les services offerts par un réseau GSM. Les techniques de l'estimation de la position se font par une méthode géométrique en utilisant le principe de triangulation et par une méthode analytique en utilisant les modèles de propagation. A cet effet, le rôle du GPRS et son impact sur le système GSM est abordé dans ce chapitre.

Le troisième chapitre, est consacré à la simulation du réseau GSM/GPRS en utilisant une carte Arduino.

Enfin nous terminerons avec une conclusion générale sur le travail réalisé ainsi que quelques perspectives sur la géolocalisation.

1.1. Introduction

Au cours des dernières années, les technologies de localisation ont connu un essor important avec le développement de la radio émission. Ainsi, l'homme a cherché à développer des technologies de l'espace offrent à l'homme un moyen de positionnement extrêmement efficaces et précis pour en faciliter la vie. L'intégration de cette technologie avec les infrastructures fonctionnelles a permis un bénéfice énorme pour plusieurs secteurs vitaux et commerciaux, et même de diminuer la criminalité, vol de personnes et de voitures, etc.

Dans ce chapitre, nous aborderons quelques principes généraux du système GPS.

1.2. Système de positionnement global (GPS)

Le système GPS était initialement une application militaire lancée par le DOD (United States Département of Défense). Le système a été opérationnel dans le début des années 1980 pour les militaires. Il a commencé à être utilisé par les civils à la fin des années 1990. L'industrie du GPS pour les particuliers a décollé dans les années 2000 avec un large éventail de produits, services et applications.

Le système GPS est largement utilisé dans la vie quotidienne. Le Global Positioning Système (GPS) est une technologie rendue possible par un groupe de satellites en orbite terrestre qui transmettent des signaux permettant à des récepteurs GPS de calculer et d'afficher une localisation précise et la vitesse à l'utilisateur.

En captant les signaux de trois satellites ou plus (parmi une constellation de 31 satellites disponibles), les récepteurs GPS sont capables localiser votre emplacement en utilisant le principe mathématique de triangulation.

Avec leur puissance de calcul et les données stockées dans leur mémoire comme les cartes routières, les points d'intérêt et la topographie, les récepteurs GPS sont capables d'afficher l'emplacement, la vitesse et l'heure dans un format utile.

Le GPS fonctionne correctement dans toutes les conditions météorologiques, de jour comme de nuit, à n'importe quelle heure, et partout dans le monde. Il n'est pas nécessaire de payer des frais d'abonnement pour utiliser les signaux GPS. Les signaux GPS peuvent être bloqués par une forêt dense, un gratte-ciel, une vallée encaissée. Le signal GPS ne passe pas bien à l'intérieur des habitations et un récepteur GPS ne peut être utilisé qu'à l'extérieur [1].

1.2.1. Méthode de positionnement

Un récepteur GPS fonctionne avec des messages d'au moins 4 satellites visibles. Il peut déterminer l'heure et la position correspondante du satellite au moment où un message est envoyé. La position du satellite et l'heure de transmission du message pour le satellite i est $[x_i, y_i, Z_i, t_i]$. Si le message est reçu à t_r , le GPS le destinataire peut calculer le temps de transmission comme $(t_r - t_i)$. La distance qui le message est transporté est calculé par $p_i = (t_r - t_i) c$ dans lequel c 'est la vitesse de la lumière.

Une position de satellite et sa distance depuis le récepteur GPS forment une sphère surface avec le satellite positionné au centre. Le récepteur GPS la position est quelque part sur cette surface. Comme la Fig.1.1 montre, l'intersection de la surface sphérique des quatre satellites indique la position du récepteur GPS [2].

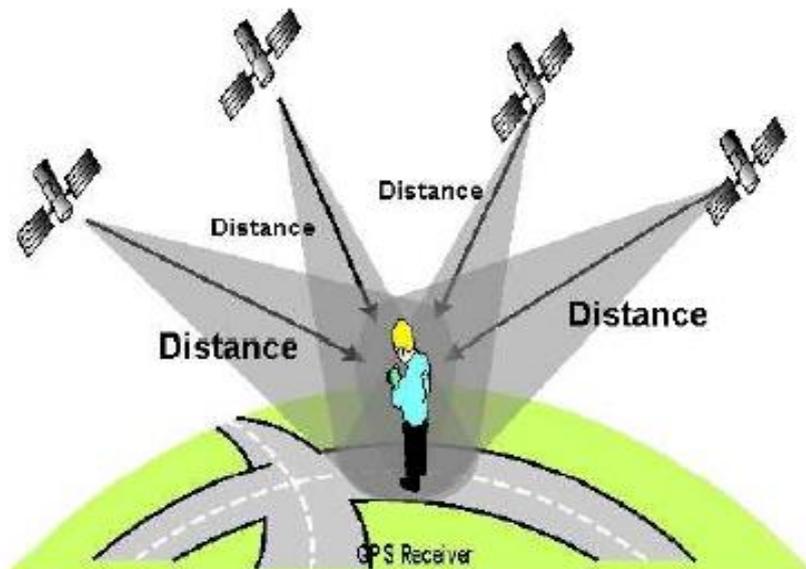


Figure 1.1 : Un récepteur GPS trouve sa position sur au moins quatre satellites visibles [2].

1.2.2 Mesure de la distance à un émetteur

Une onde électromagnétique est caractérisée par un sa fréquence f . Les satellites de communication utilisée par le GPS communiquent sur deux fréquences : 1 575,42 MHz et 1 227,60 MHz.

Dans le vide, ou l'air qui est assimilable, une telle onde se propage à la vitesse [7].

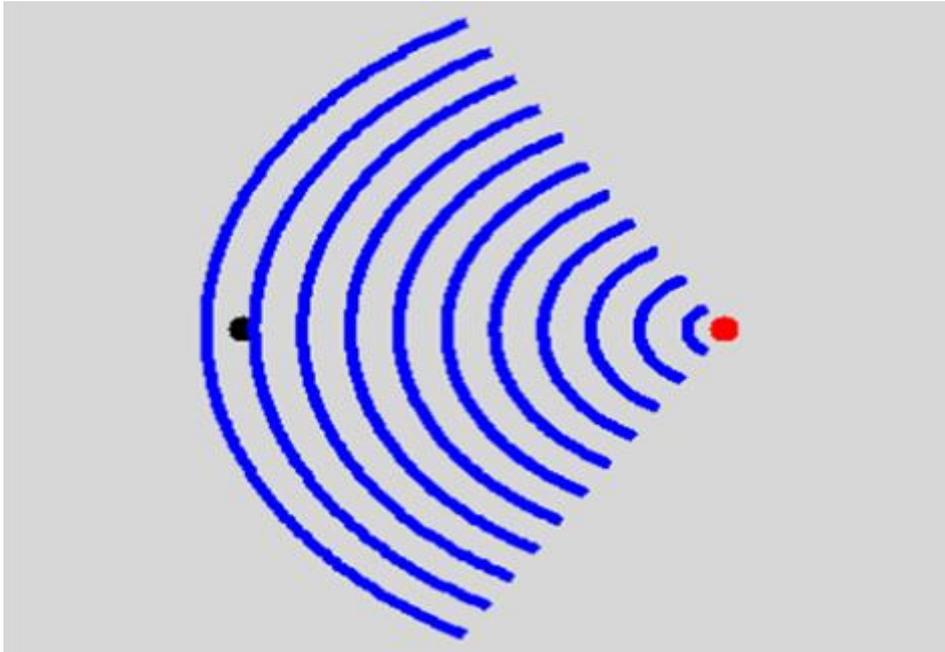


Figure 1.2 : Emission d'une onde par une source (rouge) dans l'espace contenant un récepteur (noir) [18].

1.2.3. L'apport des mathématiques dans le fonctionnement du GPS [18].

B. Calcul des Coordonnées géographiques

Le GPS utilise un principe dit de triangulation. En effet, le récepteur mesure le temps mis par le signal du satellite pour lui parvenir. Pour chaque autre satellite, le temps est converti en distance puisque les ondes voyagent à environ 300 000 kilomètres par seconde à l'aide de la formule suivante :

$$d = V * \Delta t \quad (1.1)$$

d = distance.

V = vitesse de la lumière.

Δt = la durée de l'émission du signal qui varie selon la rotation de la terre.

Une fois connues l'heure exacte et la distance, le récepteur trace en quelque sorte une sphère autour de chaque satellite de rayon égal à la distance entre récepteur et satellite.

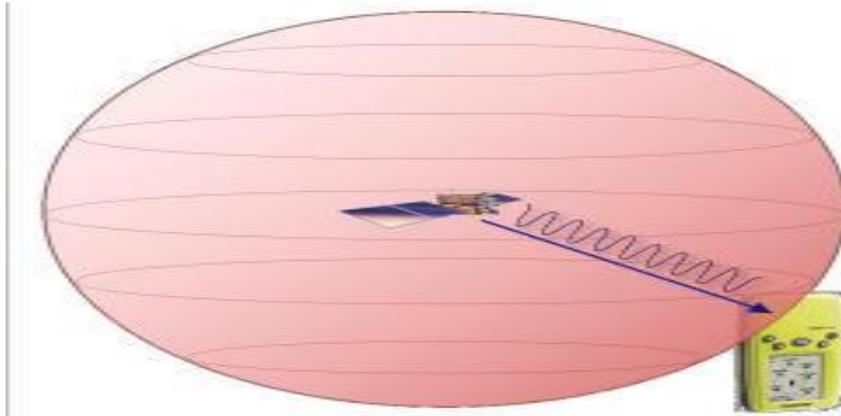


Figure 1.3 : schéma entre le satellite et le récepteur de GPS.

L'intersection de deux sphères permet de déterminer un cercle sur lequel se trouve le récepteur.

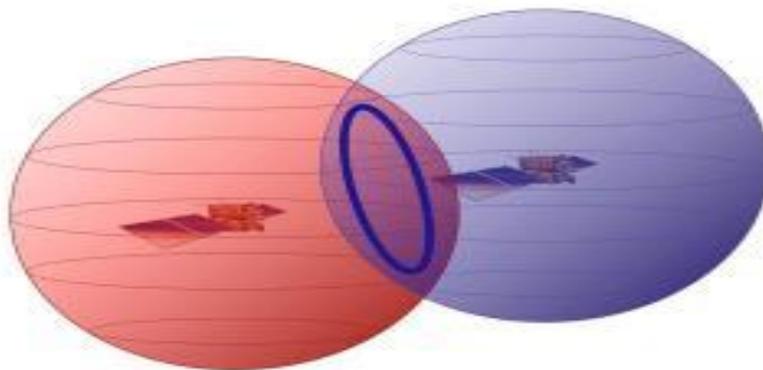


Figure 1.4 : L'intersection de deux sphères pour déterminer un cercle.

L'intersection du cercle de position avec la sphère mathématique d'un troisième satellite définit deux points.

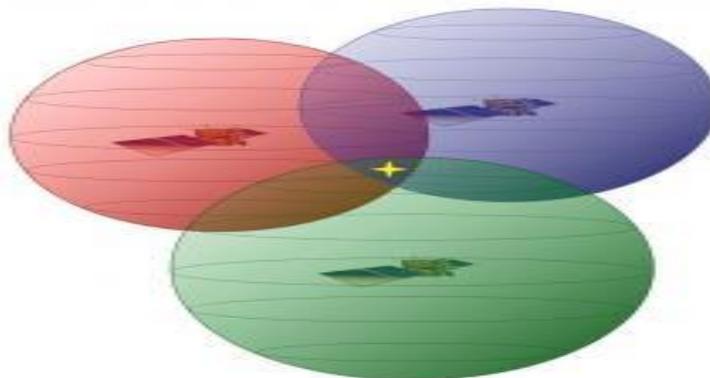


Figure 1.5 : schéma de triangulation.

L'un se déplace très rapidement. Il est éliminé au profit du second, lié à la vitesse de déplacement du récepteur. Il reste alors un unique point K correspondant à la position du récepteur GPS. Voici un schéma récapitulatif donnant une idée beaucoup plus claire sur la méthode de la triangulation :



Figure 1.6 : GPS-triangulation

Pour la suite, nous allons nous placer dans un plan tridimensionnel.

- Dans lequel on considérera :
 - Centre O = centre de Terre.
 - L'axe Ox = dans le plan de l'équateur et passant par le méridien de Greenwich.
 - L'axe Oy = dans le plan de l'équateur et orienté vers l'Est.
 - L'axe Oz = orienté suivant l'axe de rotation de la Terre.

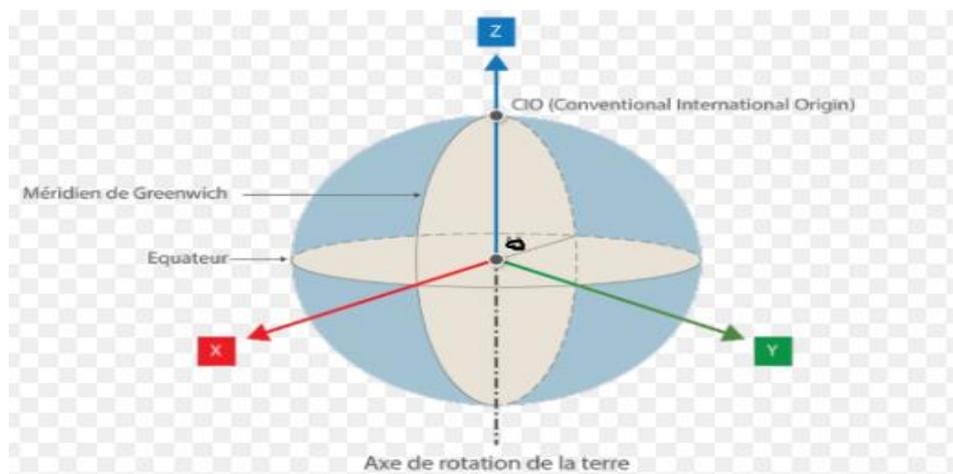


Figure 1.7 : système de référence.

En outre, dans l'espace la localisation par GPS nécessite quatre satellites. Les distances du récepteur GPS (E) par rapport aux satellites correspondent aux rayons des quatre sphères. Il y a donc un seul et unique point d'intersection des quatre sphères, là où se trouve E. Le premier objectif est de trouver ces coordonnées cartésiennes. Pour cela, il est nécessaire de déterminer les équations des quatre sphères passant par E.

Or, $E(x;y;z)$ appartient à la sphère S de centre O et de rayon r si et seulement si $OE = r$ c'est à dire :

$$OE^2 = r^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 \quad (1.2)$$

Donc l'équation de la sphère dans le repère (O ; ; ;)

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = r^2 \text{ ce qui nous donne : } (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 - r^2 = 0 \quad (1.3)$$

Soit $(a_1;b_1;c_1)$ la position du premier satellite et r_1 sa distance à E.

Soit $(a_2;b_2;c_2)$ la position du deuxième satellite et r_2 sa distance à E.

Soit $(a_3;b_3;c_3)$ la position du troisième satellite et r_3 sa distance à E.

Soit $(a_4;b_4;c_4)$ la position du quatrième satellite et r_4 sa distance à E.

On obtient alors quatre équations de sphère :

$$\begin{aligned} (x-a_1)^2 + (y-b_1)^2 + (z-c_1)^2 - r_1^2 &= 0 \\ (x-a_2)^2 + (y-b_2)^2 + (z-c_2)^2 - r_2^2 &= 0 \\ (x-a_3)^2 + (y-b_3)^2 + (z-c_3)^2 - r_3^2 &= 0 \\ (x-a_4)^2 + (y-b_4)^2 + (z-c_4)^2 - r_4^2 &= 0 \end{aligned} \quad (1.4)$$

En résolvant ce système, nous aurons les coordonnées cartésiennes de E ($x_E ; y_E ; z_E$). A partir des coordonnées cartésiennes on pourra calculer la longitude ϕ et la latitude θ .

Ainsi, on obtient un résultat en radian qu'il faut convertir en degrés : $2\pi \text{ radian} = 360^\circ$

Puis, en DMS (degrés, minutes, secondes).

B. Les facteurs d'imprécision des mesures par GPS

La position de l'observateur est fournie avec une précision de l'ordre de quelques mètres. Cette précision dépend d'un certain nombre de facteurs, l'un des plus significatifs est le nombre de satellites visibles. De surcroit, la configuration des satellites visibles autrement dit les positions

respectives des uns par rapport aux autres a une très grande influence sur la précision des résultats. En effet, plusieurs satellites groupés dans une même région du ciel conduisent à une précision faible. En revanche, si le même nombre de satellites est judicieusement réparti on aura une meilleure précision.

1.2.4. Source d'erreur GPS

La méthode de positionnement GPS mentionnée ci-dessus que nous avons expliquée est sans erreur situation. Bien que le système GPS ait été conçu de manière à être aussi précis possible, mais il existe toujours des sources d'erreur. Nous essayons de donner une courte description des principales bases d'erreur pour avoir une meilleure vue d'ensemble de notre modélisation GPS. Une source majeure d'erreurs pour un message GPS est décrit dans les parties suivantes [2].

Effet Multipath

La propagation par trajets multiples résulte de la réflexion du signal satellite sur le récepteur. Ce type d'erreur se produit généralement dans les villes proches de hauts immeubles. Le signal réfléti a besoin de plus de temps pour atteindre le récepteur GPS que celui direct afin le temps calculé par le récepteur GPS est erroné, ce qui conduit à une erreur de calcul de la distance par les récepteurs GPS. La Fig. 1.8 montre l'effet des trajets multiples pour le message GPS.

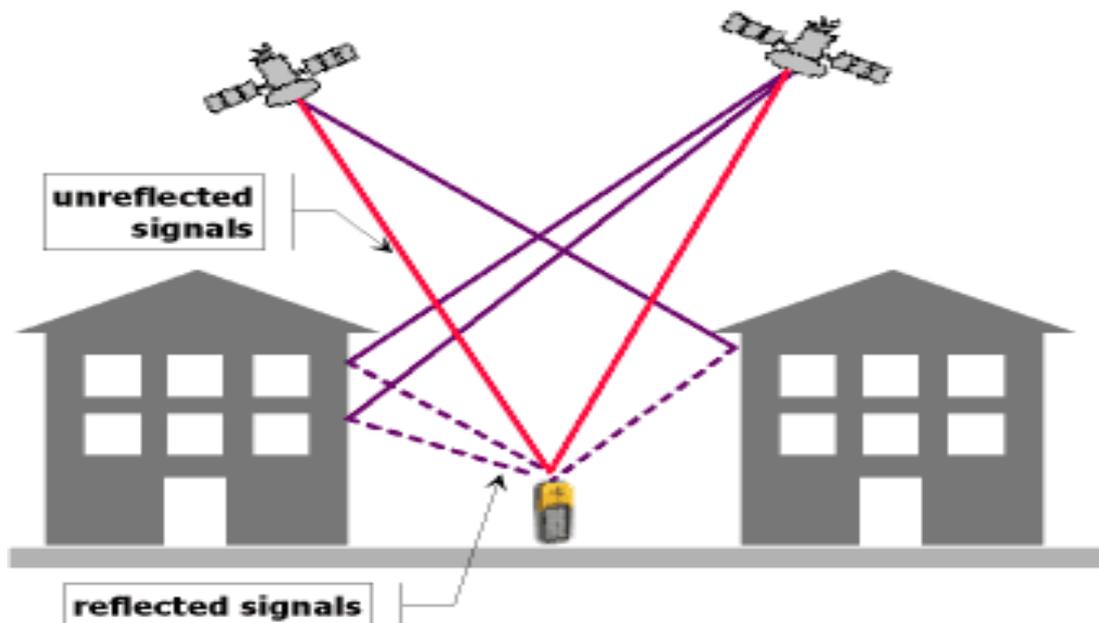


Figure 1.8 : Effet de trajets multiples pour le message GPS [2].

Effets atmosphériques

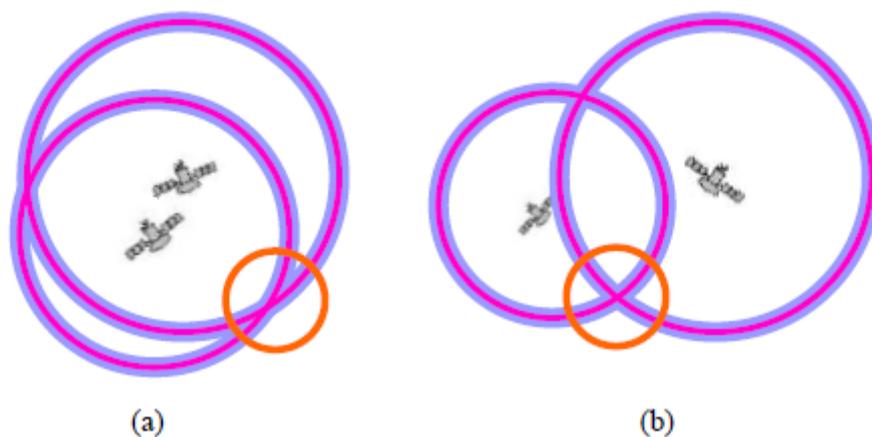
Une autre source d'erreur est l'absence d'égalité de vitesse de propagation du message dans son chemin vers les récepteurs GPS. Le message GPS se déplace à la vitesse de la lumière l'espace, mais quand il traverse la troposphère et l'ionosphère, sa vitesse est réduite.

Cependant, il s'agit d'une source d'erreur connue, la variation de vitesse typique de Le message GPS traversant l'ionosphère est connue pour les basses et hautes fréquences. Ces variations de vitesse sont prises en compte dans les récepteurs GPS. L'erreur troposphérique diminue le temps de parcours du message en réfractant les ondes électromagnétiques. La raison de l'erreur troposphérique est de différentes concentrations de vapeur d'eau dans la troposphère, qui dépend également de là les conditions météorologiques. L'erreur troposphérique est généralement estimée par calcul général modèle.

Position du satellite

La position des satellites par rapport aux récepteurs GPS est un autre facteur qui affecte la précision de la position. Dilution of Precision (DOS) est un terme qui mesure la configuration des satellites par rapport aux utilisateurs.

Si les satellites sont éloignés, ce qui est souhaitable pour les récepteurs GPS, l'intersection de la surface sphérique des satellites sur la Terre conduit à un plus positionnement précis. Lorsque les satellites sont proches les uns des autres, leur intersection à la position du récepteur est obscure. La Fig. 1.9 montre les positions relatives des satellites pour les deux cas différents.



La figure 1.9 : 1.9 (a) montre une mauvaise position. Les satellites GPS 1.9 (b) montrent bien satellites GPS positionnés [2].

1.2.5. Précision de positionnement

La précision du positionnement GPS est influencée par des erreurs de transmission dans l'ionosphère et la troposphère, des erreurs des satellites, d'horloges et des multi-trajets. On peut observer en mode absolu, c'est-à-dire avec un seul récepteur. Toutefois, le mode relatif, utilisé en observant simultanément un mobile et une base dont on connaît précisément les coordonnées, permet de corriger les erreurs de la majorité des facteurs mentionnés ci-dessus. Cette correction différentielle peut s'effectuer en temps réel ou en post-traitement.

Le type de positionnement dont il a été question jusqu'à présent était effectué à l'aide d'un seul récepteur. Ce type de positionnement se nomme positionnement absolu, puisque seules les observations recueillies par un récepteur contribuent à la détermination de sa position. La précision théorique du positionnement absolu pourrait être d'environ 10 à 20 m avec la mesure de code [3].

1.2.6. Potentiel d'utilisation

Le système GPS permet de calculer la position tridimensionnelle (latitude, longitude et altitude) d'un utilisateur, de manière continue et instantanée, en tout endroit sur Terre. Lorsqu'un récepteur GPS est mobile, sa vitesse et la direction de son mouvement peuvent être également déterminées. De plus, le système GPS fournit de l'information temporelle, qu'un utilisateur peut associer un indicateur de temps à toutes les informations qui sont recueillies ou à tous les événements qui se produisent lors de levés-terrain.

Conçu à l'origine pour des fins de navigation militaire, le système GPS a vite été utilisé pour des fins de localisation et de positionnement tant pour les civils que les militaires. Le système GPS est une solution potentielle à presque toutes les applications nécessitant une référence spatiale (coordonnées) telles que la géodésie, l'hydrographie, la gérance de flottes de transport, la circulation aérienne, la foresterie, et bien d'autres encore [4].

1.3. Architecteure matérielle du système de localisation

Cette section présente les solutions au niveau de l'infrastructure matérielle (GPS, radio, équipements, etc..) pour résoudre le problème de précision et de communication à moindre coût par rapport au système classique GPS/GPRS/A-GPS [5].

1.3.1. Types d'objectifs géo-localisables

Tout d'abord, nous divisons les objets géolocalisables en deux catégories. Elles sont présentées ci-dessous :

a) Les appareils portatifs

C'est un ensemble d'équipements portatifs tel que : les téléphones cellulaires, les GPS portatifs et tout autre appareil portable de petite taille comprenant une puce GPS. Étant donné la petite taille de ces dispositifs et pour garder l'aspect portabilité, nous devons les coupler à des modems radio de petite taille pour pouvoir communiquer leurs données de positionnement à distance.

L'inconvénient de la taille se traduit par une faible portée du signal radio (800m à 2km) [5].

b) Les objets de grande taille

Tels que les véhicules, les conteneurs de marchandise, etc. Ces objets nous offrent plus de marge de manœuvre (plus d'espace disponible) quant à l'installation de plus grands modems et antennes radio. Sur un véhicule, nous pouvons installer un modem radio de taille plus conséquente et une antenne à grande sensibilité (ex. sur le capot d'une voiture). La portée devient plus grande et peut aussi atteindre plusieurs dizaines de kilomètres, comme avec le modem radio du serveur.



Figure 1.10 : Types d'objets mobiles géolocalisables

1.3.2. Description des composants

Le GPS se compose d'une constellation de satellites de radionavigation, d'un segment de contrôle au sol qui gère le fonctionnement des satellites et, enfin, des utilisateurs avec récepteurs spécialisés qui utilisent les données des satellites pour répondre à une vaste gamme de besoins en positionnement (figure 1.11). Le système a été mis en place par le ministère américain de la

Défense (DoD) afin de répondre à des besoins de positionnement pour la défense et, à titre de sous-produit, pour servir la communauté civile [6].

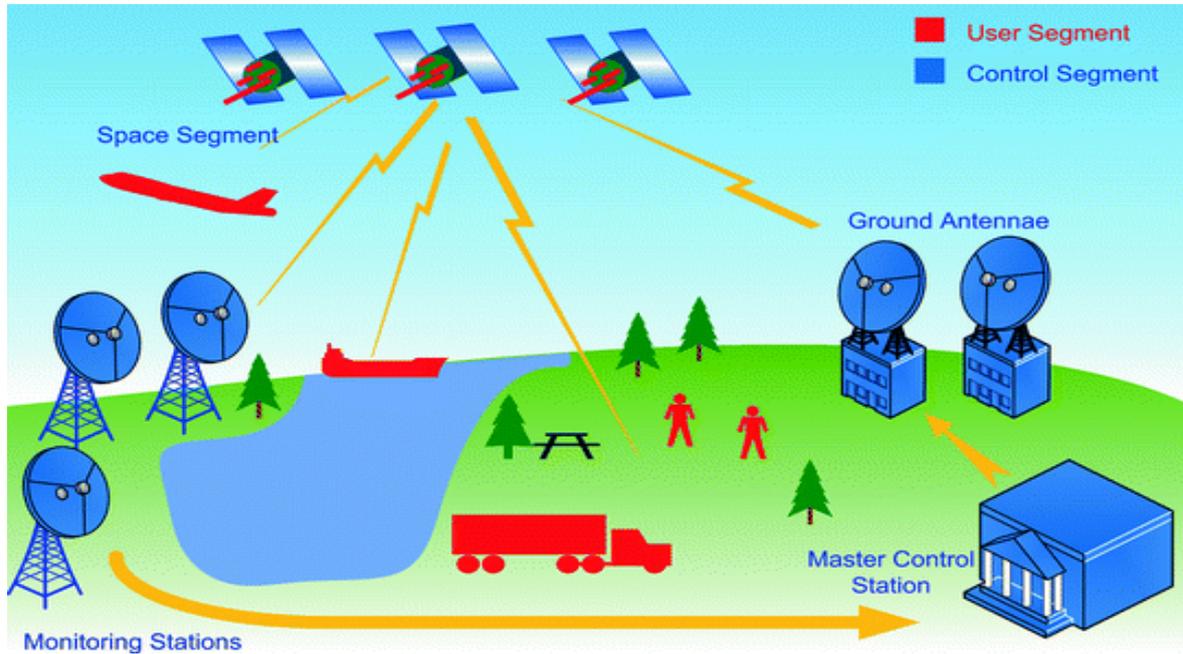


Figure 1.11 : Les trois segments du GPS

La constellation de satellites, qui est pleinement opérationnelle depuis juillet 1995, comprend 21 satellites, en plus de 3 satellites actifs de rechange, positionnés à 20 000 km (environ trois fois le rayon terrestre) au-dessus de la surface de la Terre. Les satellites sont répartis de telle manière qu'au moins quatre d'entre eux soient visibles presque n'importe où dans le monde à tout moment (figure 1.12). Chaque satellite reçoit et stocke des données en provenance du segment de contrôle, tient le temps avec grande précision grâce à ses horloges atomiques précises et transmet des signaux à la Terre [6].



Figure 1.12 : Constellation des satellites du GPS.

Le segment de contrôle au sol (figure 1.11) gère le système de satellites sur une base permanente. Il compte cinq stations de poursuite réparties tout autour de la Terre, dont l'une, située à Colorado Springs, constitue la station maîtresse. Ce segment de contrôle suit tous les satellites, veille à ce qu'ils fonctionnent adéquatement et calcule leurs positions dans l'espace. Si un satellite ne fonctionne pas correctement, le segment de contrôle au sol peut le déclarer « hors d'état de marche » et adopter les mesures nécessaires pour corriger le problème. Dans un de tel cas, le satellite ne doit pas servir au positionnement avant d'être à nouveau déclaré fonctionnel. Les positions calculées des satellites permettent de dériver des paramètres qui servent à prévoir les positions futures de ces mêmes satellites. Ces paramètres sont téléchargés depuis le segment de contrôle jusqu'aux satellites et sont appelés éphémérides [6].

1.4. Conclusion Générale

La localisation est devenue une composante majeure des services de télécommunications. Dans ce chapitre, nous avons abordé les notions de base du système de localisation GPS. En particulier, nous avons expliqué en détail les méthodes de positionnement, Source d'erreur GPS, Précision de positionnement et le Potentiel d'utilisation réel du GPS. De plus, nous avons consacré une grande partie de ce chapitre pour présenter l'Architecteur matérielle du système de localisation.

2.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter quelques généralités sur le principe d'un module GSM (Global Système Mobile Communication) /GPRS (Général Packet Radio Service) nécessaire pour communiquer avec un téléphone cellulaire et un module GPS permettant de donner la position d'un système.

2.2. Réseau GSM

Première norme de téléphonie cellulaire numérique, le GSM fut défini par un groupe de travail « Groupe Spécial Mobile » lancé par la CEPT. La rédaction du standard fut réalisée par l'ETSI et au final, le GSM, devenu « Global System for Mobile communications » naquit en 1991. Par opposition aux anciens réseaux analogiques, le GSM fut qualifié réseau de 2^{ème} Génération (2G). En France, la DRM (Direction des Radiocommunications Mobiles) des Postes & Télécommunications ouvrit le réseau Itinériss le 1^{er} juillet 1992.

Le GSM connut rapidement un vif succès. Les terminaux tout d'abord lourds et encombrants se miniaturisèrent et gagnèrent en autonomie et les prix se démocratisèrent [8].

2.2.1. Structure du réseau GSM

2.2.1.1. Structure cellulaire

Dans un système cellulaire, la région couverte est divisée en cellule, comme illustré à la figure 2.1. Une cellule est forme circulaire mais dépend en réalité de la topographie de la région qui est servie par l'antenne de la cellule. Ce système peut être illustré par des hexagones au centre d'une cellule on retrouve un ensemble d'émetteurs-récepteurs correspondant à une bande de fréquences [9].

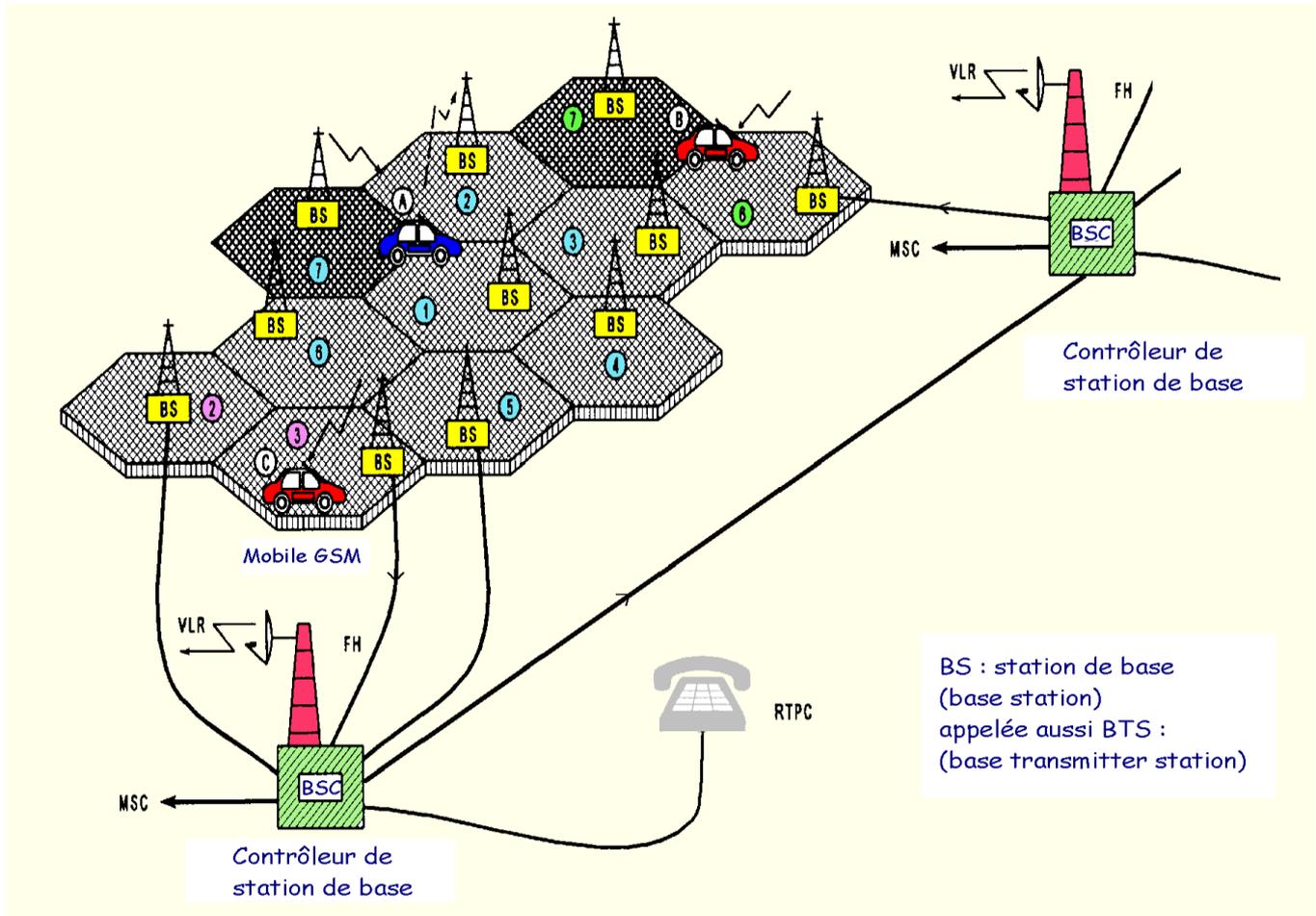


Figure 2.1 : Système cellulaire GSM.

La dimension d'une cellule est fonction de la puissance de son émetteur-récepteur. Si un émetteur peut être puissant. Alors son champ d'action sera très vaste, mais sa bande de fréquence peut être rapidement saturée par des communications. Par contre, en utilisant des cellules plus petites, (émetteur-récepteur moins puissant) alors la même bande de fréquence pourra être réutilisée plus loin, ce qui augmente le nombre de communications possibles.

Dans la conception d'un réseau cellulaire, il faut considérer les aspects suivants :

- La topographie (bâtiments, collines, montagnes, etc.).
- La densité de la population (ou de communications) pour établir la dimension de cellule.

- Deux cellules adjacentes ne peuvent utiliser la même bande de fréquence afin d'éviter les interférences. La distance entre deux cellules ayant la même bande doit être de 2 à 3 fois le diamètre d'une cellule.

La taille des cellules peut varier entre 0.5 et 35 Km et dépend de la densité d'utilisateur et de la topographie. Les cellules sont regroupées en bloc (appelé motif ou cluster). Le nombre de cellules dans un bloc doit être déterminé de manière à ce que le bloc puisse être reproduit continuellement sur le territoire à couvrir typiquement, le nombre de cellules par bloc est 4, 7, 12 ou 21. La forme et la dimension des blocs et le nombre de cellules est fonction du nombre de fréquences (canaux) disponibles.

2.2.2. Bandes de fréquence GSM

Les réseaux GSM sont implantés sur une large portion de la surface terrestre ; une condition nécessaire de connexion à un réseau est la disponibilité de stations de base (« cellules radio ») à proximité de l'emplacement du téléphone mobile, donc il y a trois types de la bande de fréquence GSM :

- GSM 850 et 1900

Ils sont présents aux États-Unis et au Canada.

- GSM 900 et 1800

On rencontre ces deux types de réseaux en Europe, notamment, en Belgique, Espagne, France, Allemagne, Italie, et en Suisse.

Le GSM 900 utilise la bande 880-915 MHz pour l'envoi de la voix ou des données depuis le mobile et la bande 925-960 MHz pour la réception des informations venant du réseau.

Le GSM 1800 utilise la bande 1 710 MHz-1 785 MHz pour l'envoi des données depuis le terminal mobile (upload) et la bande 1 805 MHz-1 880 MHz pour la réception des informations (download).

- GSM 450

L'utilisation de fréquences moins élevées augmente sensiblement la portée des stations de base. Ainsi en 450 MHz, leur portée serait près du double de ce qu'elle est en 900 MHz. Ericsson² et Nokia³ ont travaillé au début des années 2000, à la mise au point d'une norme GSM fonctionnant dans la bande de fréquence de 450 MHz⁴ et de 480 MHz⁵. Avec ces fréquences, la couverture radio pourrait atteindre 120 km. Ce serait particulièrement adapté aux zones côtières, désertiques ou rurales, là où le trafic est faible et le terrain plat.

Mais cette technologie n'a pas connu de succès commercial ; en 2012 cette bande de fréquence n'est utilisée nulle part pour des réseaux GSM et aucun téléphone compatible GSM-450 n'est commercialisé [10].



Figure 2.2 : Exemple d'antennes GSM (ROCKHAMPTON, QUEENSLAND, AUSTRALIE).

❖ Couverture GSM dans le monde

Les réseaux GSM (*Global System for Mobile Communications*) couvrent 219 pays ou territoires en 2014.

➤ Afrique

En [Algérie](#), il y a trois opérateurs :

- [Mobilis](#), le plus ancien des trois. Filiale de l'opérateur historique [Algérie Télécom](#) (10 millions d'abonnés), en 2010.
- [Djezzy](#), détenu par l'égyptien [Orascom Telecom Holding](#) (15 millions d'abonnés) en février 2011.
- [Ooredoo Algérie](#), détenu par le groupe [Ooredoo](#) (10 millions d'abonnés) en 2014.

➤ Europe

En [Espagne](#), il existe quatre opérateurs :

- [Movistar](#) (filiale de Telefónica), qui détient 38,24 % de part de marché;
- [Vodafone España](#) (filiale de Vodafone), 28,42 % de part de marché;
- [Orange](#) (filiale d'Orange ex France Télécom), 20,21 % de part de marché;
- [Yoigo](#) (filiale de TeliaSonera), 5,19 % de part de marché.

➤ Amérique

Les [États-Unis](#) qui utilisaient, pour des raisons historiques, une autre norme : le [CDMA](#), possèdent depuis 2004, via les réseaux nationaux des opérateurs [AT&T](#) et [T-Mobile](#) une couverture GSM / UMTS de quasiment tout le territoire [9].

2.2.3. Architecteur d'un réseau GSM

Le réseau **GSM** a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (**GSM**) et abonnés du réseau téléphonique fixe RTC (Réseau Téléphonique commuté). Il s'interface avec le réseau fixe et comprend des commutateurs, et se distingue par un accès spécifique : la liaison radio. L'architecture d'un réseau **GSM** peut être divisée en 4 parties principales :

- a) La station mobile : **MS** – Mobile Station ;
- b) Le sous-système réseau : **BSS**- Base Station Sub-system ;
- c) Le sous-système réseau : **NSS** – Network Sub-System ;
- d) Le sous-système opération : **OSS**-Operation Sub-System ;

Les éléments de l'architecture d'un réseau **GSM** sont repris sur le schéma de la **figure 2.3** [9].

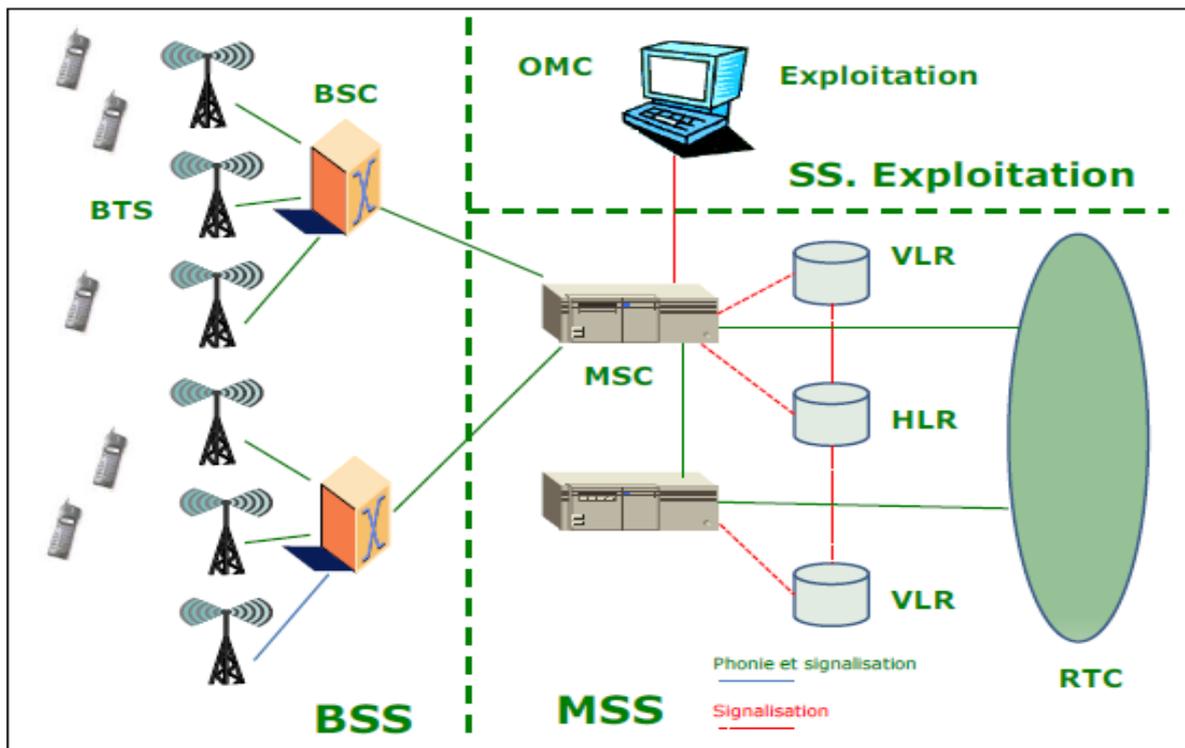
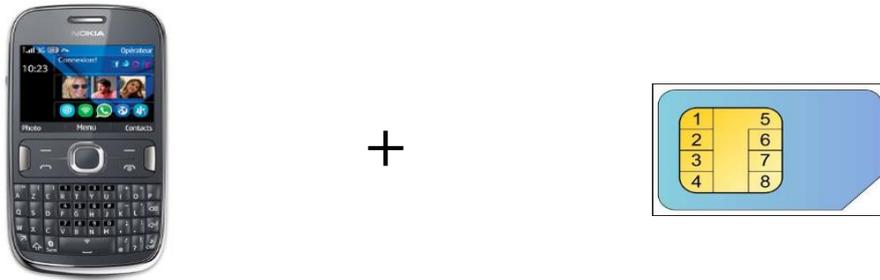


Figure 2.3 : Architecture GSM.

a. station mobile (MS)

La station mobile est composée d'une part du **terminal mobile**, et d'autre part du module d'identité d'abonné SIM (Subscriber **I**ndentity **M**odule).



Le terminal mobile est l'appareil utilisé par l'abonné. Différents types de terminal sont prescrits par la norme en fonction de leur application (fixé dans une voiture, portatif) et de leur puissance (de 0.8W à 20W). Chaque terminal mobile est identifié par un code unique **IMEI** (International **M**obile **E**quipment **I**ntity). Ce code est vérifié à chaque utilisation et permet la détection et l'interdiction des terminaux volés.

La SIM est une carte à puces qui contient dans sa mémoire le code IMSI (International Mobile Subscriber Identity) qui identifie l'abonné de même que les renseignements relatifs à l'abonnement (services auxquels l'abonné a droit). Cette carte peut être utilisée sur plusieurs appareils. Il est à noter que l'utilisateur ne connaît pas son IMSI mais il peut protéger sa carte à puce à l'aide d'un numéro d'identification personnel à 4 chiffres [9] :

b. le sous-système radio (BSS-Base Station System)

Le sous-système radio gère la transmission radio, il est constitué de deux parties :

b.1. Station de base (BTS-Base Transceiver Station)

La BTS représente la partie radio du réseau GSM, elle relie les stations mobiles à l'infrastructure fixe du réseau. La **BTS** est composée d'un ensemble d'émetteur-récepteur, elle assure :

- La gestion du multiplexage temporel (une porteuse est divisée en 8 slots dont 7 sont alloués aux utilisateurs), et la gestion des sauts de fréquences.
- Les opérations de chiffrement.

- Les mesures radio permettant de vérifier la qualité de service, ces mesures sont transmises directement au **BSC**.
- La gestion de la liaison de données (données de trafic et de signalisation) entre les mobiles et la **BTS**.
- La gestion de la liaison de trafic et de signalisation avec le **BSC [8]**.

b.2. Le contrôleur de station de base (BSC-Base Station Controller)

Dont le rôle est de gérer les ressources radio (configuration des canaux, transfert intercellulaire) d'une ou plusieurs stations de base (**BTS**), en plus d'établir le lien physique (via l'interface A) entre les **BTS** et le commutateur de service mobile (**MSC-Mobile Switching Center**) [9].

c. Le sous-système réseau (NSS)

Le rôle principal de ce sous-système est de gérer les communications entre les abonnés et les autres usagers qui peuvent être d'autres abonnés, ou des usagers de réseaux téléphoniques fixes [9].

Ce système contient :

C.1. Commutateur de service mobile (MSC-Mobile Switching Center)

Cet élément peut être considéré comme la cour d'un système cellulaire puisqu'il assure la gestion des appels et de tout ce qui est lié à l'identité des abonnés, à leur enregistrement et à leur localisation. Le MSC agit en somme comme un nœud d'un réseau commuté [8].

C.2. Commutateur d'entrée de service mobile (GMSC-Gateway MSC)

Ce commutateur est l'interface entre le réseau cellulaire et le réseau téléphonique public. Le GMSC est chargé d'acheminer les appels du réseau fixe à un usage GSM [9].

C.3 Registre des abonnés locaux (HLR-Home Location Register)

Il s'agit d'une base de données contenant les informations sur les abonnés appartenant à la région desservie par le commutateur de services mobiles (**MSC**). Cette base de données contient également la position courante de ses abonnés [8].

C.4 Registre des abonnés visiteurs (VLR-Visitor Location Register)

Cette base de données contient temporairement des informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par un **MSC** autre que celui auquel ils sont abonnés. Ces informations

proviennent du HLR auquel l'abonné est enregistré et indiquent les services auxquels l'abonné a droit ce transfert d'informations ne se fait qu'une seule fois et n'est effacé que lorsque l'abonné ferme son appareil ou quitte la région du **MSC** courant.

En procédant ainsi, le **VLR** n'a pas à interroger le HLR chaque fois qu'une communication est demandée par ou pour l'abonné visiteur. Il est à noter que le VLR est toujours associé à un **MSC** [9].

C.5 Centre d'authenticité (AuC – Authentication Center)

L'AuC est une base de données protégée qui contient une copie de la clé secrétée sur la SIM de chaque abonné. Cette clé est utilisée pour vérifier l'authenticité de l'abonné et pour l'encryptage des données envoyées [8].

C.6 Registre d'identification d'équipement (EIR-Equipement Identity Register)

Comme nous l'avons vu précédemment, chaque terminal mobile est identifié par un code IMEL. Le registre **EIR** contient la liste de tous les terminaux qui a été déclaré perdu ou volé.

d. Sous-Système opération (OSS)

Ce sous-système est branché aux différents éléments du sous-système réseau de même qu'au contrôleur de station de base (BSC). Par une vue d'ensemble du réseau le **OSS** contrôle et gère le trafic au niveau du **BSS** [8].

2.2.4. Le rôle du réseau GSM

- Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTS-réseau fixe).
- Le réseau GSM s'interface avec le réseau RTS et comprend des commutateurs.
- Le réseau GSM se distingue par un accès spécifique : liaison radio [11].

2.2.5. Le multiplexage dans le GSM

Pour augmenter la capacité du réseau, le GSM utilise plusieurs techniques pour l'allocation de ses fréquences :

- L'accès multiple à répartition en fréquence, ou le partage en fréquence (**FDMA**).
- L'accès multiple à répartition dans le temps, ou le partage en temps (**TDMA**).
- L'accès Multiple par Répartition de Code (AMRC), ou le partage de code (**CDMA**).

a. Partage en fréquence (FDMA)

Dans cette technique de partage, chacune des bandes dédiées au système **GSM** est divisée en canaux fréquentiels d'une largeur de **200 KHz**. (Figure 2.4)

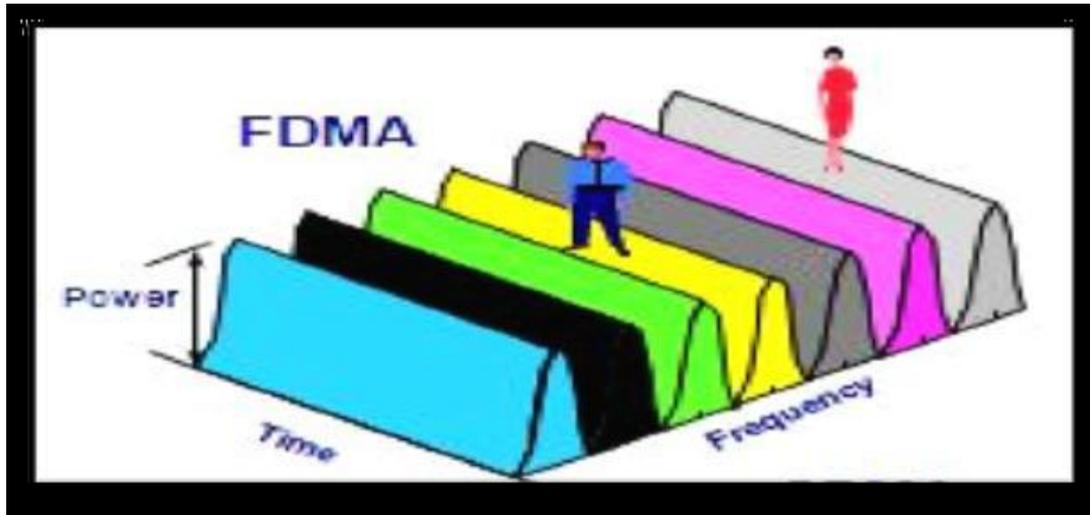


Figure 2.4 : Partage en fréquence.

Les signaux modulés autour d'une fréquence sont alloués d'une manière fixe aux différentes BTS et sont souvent désignés par le terme porteuses qui siège au centre de la bande. De plus, il faut veiller à ce que deux cellules voisines n'utilisent pas deux porteuses identiques ou proches à cause des interférences.

b. Partage en temps (TDMA)

La technique de partage retenue pour le système GSM est le partage en temps TDMA. Cette solution permet de diviser en fait chacune des porteuses utilisées en intervalle de temps appelés « **Time Slot** ou **Tslot** ». La durée élémentaire d'un slot a été fixée pour la norme GSM sur une horloge à 13 MHz et vaut : $T_{slot} = (75/130) \times 10^{-3}s$, soit environ 0,577us. Chaque slot permet de transmettre un certain nombre de bits que l'on appelle Burst [9].

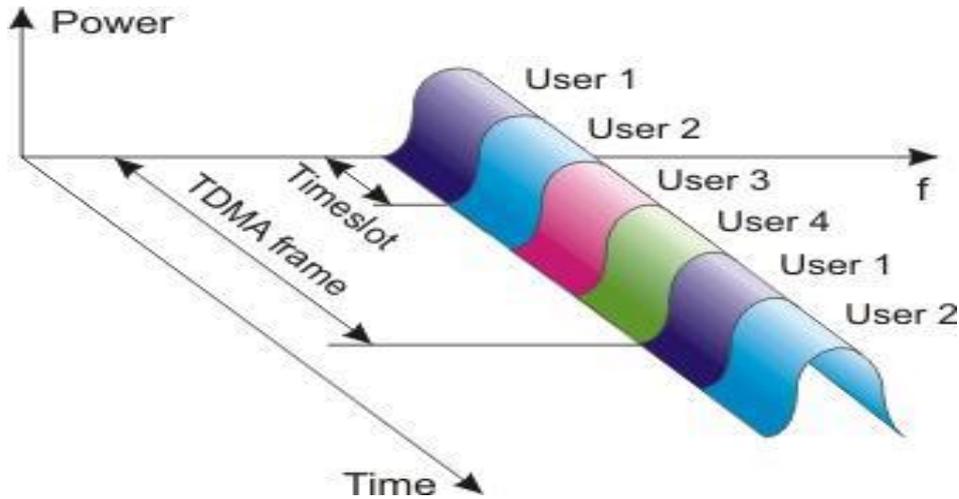


Figure 2.5 : Partage en temps.

L'accès TDMA permet aux différents utilisateurs de partager une bande de fréquence donnée. Sur une même porteuse, les slots sont regroupés par paquets de 8. La durée d'une trame TDMA (TTDMA) est donc (figure 1.10) :

$$\text{TTDMA} = 8 \times \text{Tslot} = 4,615 \text{ ms.}$$

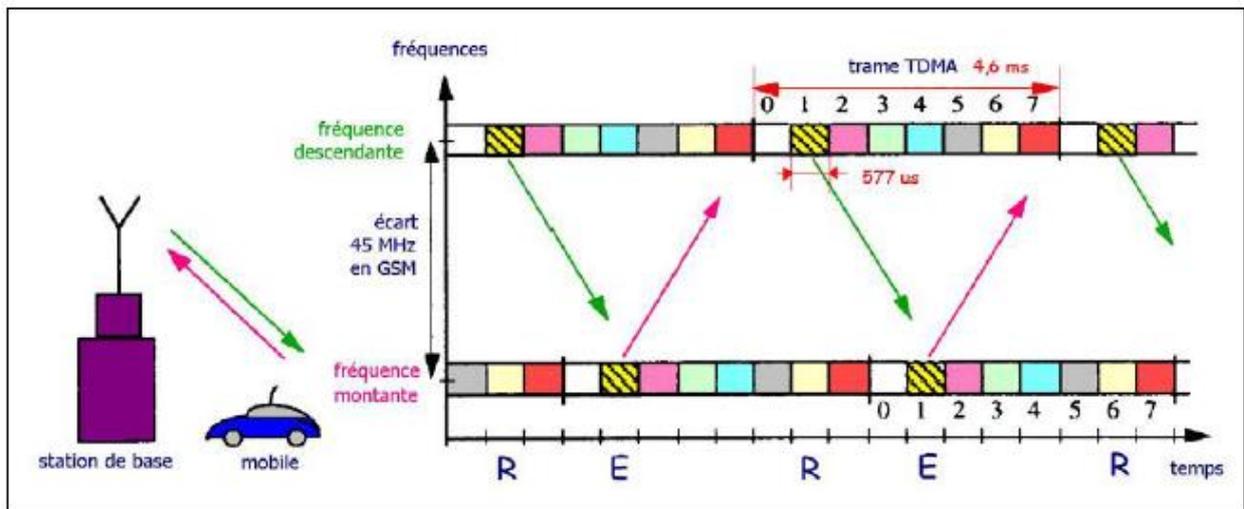


Figure 2.6 : Liaison entre BTS et MS et trame TDMA.

Chaque usager utilise un slot par trame TDMA. Le slot sont numérotés par indice T_n qui va de 0 à 7. Un « canal physique » est constitué par la répétition périodique d'un slot par trame TDMA sur une fréquence particulière [12].

c. Partage de code (CDMA)

La méthode CDMA ou accès Multiple par Répartition de Code (AMRC) autorise l'allocation de la totalité de la bande de fréquences de manière simultanée à tous les utilisateurs d'une même cellule. Pour ce faire, un code binaire spécifique est octroyé à chaque utilisateur. Ce dernier se sert de son code pour transmettre l'information qu'il désire communiquer en format binaire d'une manière orthogonale, c'est-à-dire sans interférence entre les signaux ou autres communications. En CDMA l'usage de codes permet une réutilisation de la même fréquence dans des cellules adjacentes. Cela offre un avantage révolutionnaire à cette méthode par réception, un problème d'auto - interférence entre en jeu, qui s'intensifie au fur et à mesure que le nombre de communications simultanées augmente [13].

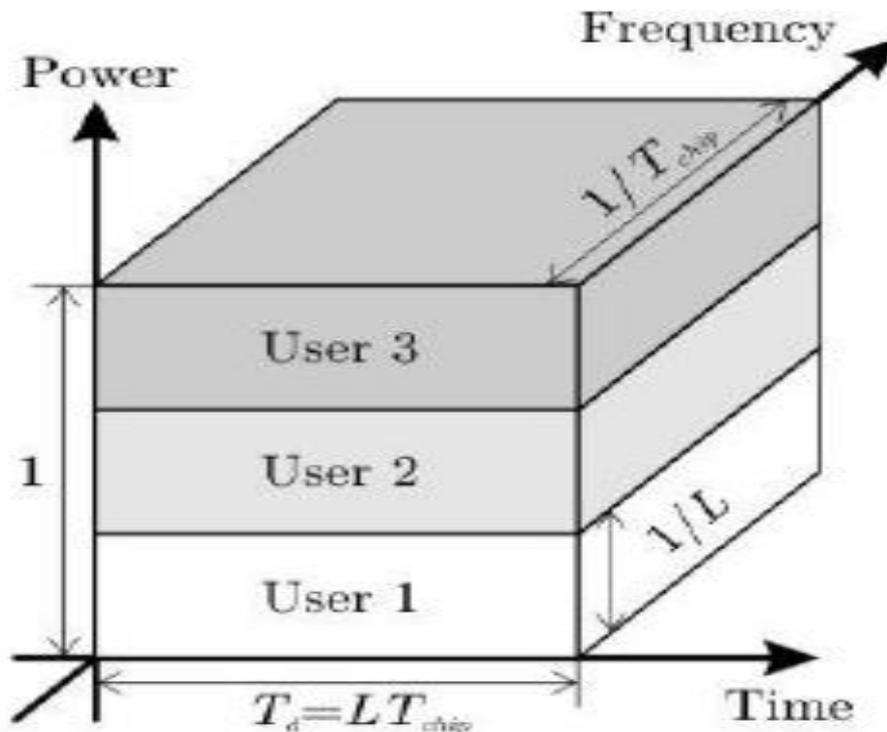


Figure 2.7 : Partage de code.

2.2.6. Les services offerts par un réseau GSM

Les principaux services fournis par le GSM à ses abonnés se répertorient en trois Catégories, qui sont [14] [15] :

2.2.6.1. Les services supports

Ils permettent les transferts de données de bout en bout à travers le réseau. Un Service support particulier s'identifie par ses attributs. La norme GSM définit trois Catégories, qui sont :

De transfert d'information (mode de transfert circuit ou paquet, débit de transfert, type

- D'information...).
- D'accès (canal et débit d'accès, commerciaux.).
- Généraux (qualité de services, commerciaux...).

2.2.6.2. Les télé services

Ils constituent des applications opérationnelles offertes par le réseau à ses Abonnés, ces derniers utilisent les possibilités offertes par les services supports. Les Principaux services offerts par GSM sont :

- La téléphonie (entre deux postes mobiles ou un poste mobile et un poste fixe).
- Les messages courts (sms).
- Le fax.

2.2.6.3. Les services supplémentaires

Les services supplémentaires améliorent les autres services, ils sont nombreux :

Identification de l'appelant, mise en garde d'appels, information de taxation, restrictions d'appels, messagerie vocale, conférence, numérotation abrégée, renvoi d'appels, etc...

2.3. Le réseau GPRS

GPRS (Général Packet Radio Service), appelé aussi GSM 2+, repose sur la transmission en mode paquet. Ce principe déjà, retenu par exemple pour le protocole X.25, permet d'affecter à d'autres communications les « temps morts » d'une première communication (attente d'une réponse à une requête internet par exemple).

Conçu pour réutiliser au maximum les infrastructures GSM existantes, le déploiement du GPRS nécessite la mise en place d'une infrastructure réseau basée sur la communication de paquets et l'introduction de passerelles pour s'adosser aux réseaux GSM existants [11].

2.3.1. L'architecture du réseau GPRS

Le réseau GPRS est similaire à celles d'un réseau GSM à la seule différence est que le réseau GPRS contient de nouveaux éléments qui sont : SGSN (Serving GPRS Support Node), GGSN (Gateway GPRS Support Node) et le routeur IP [16].

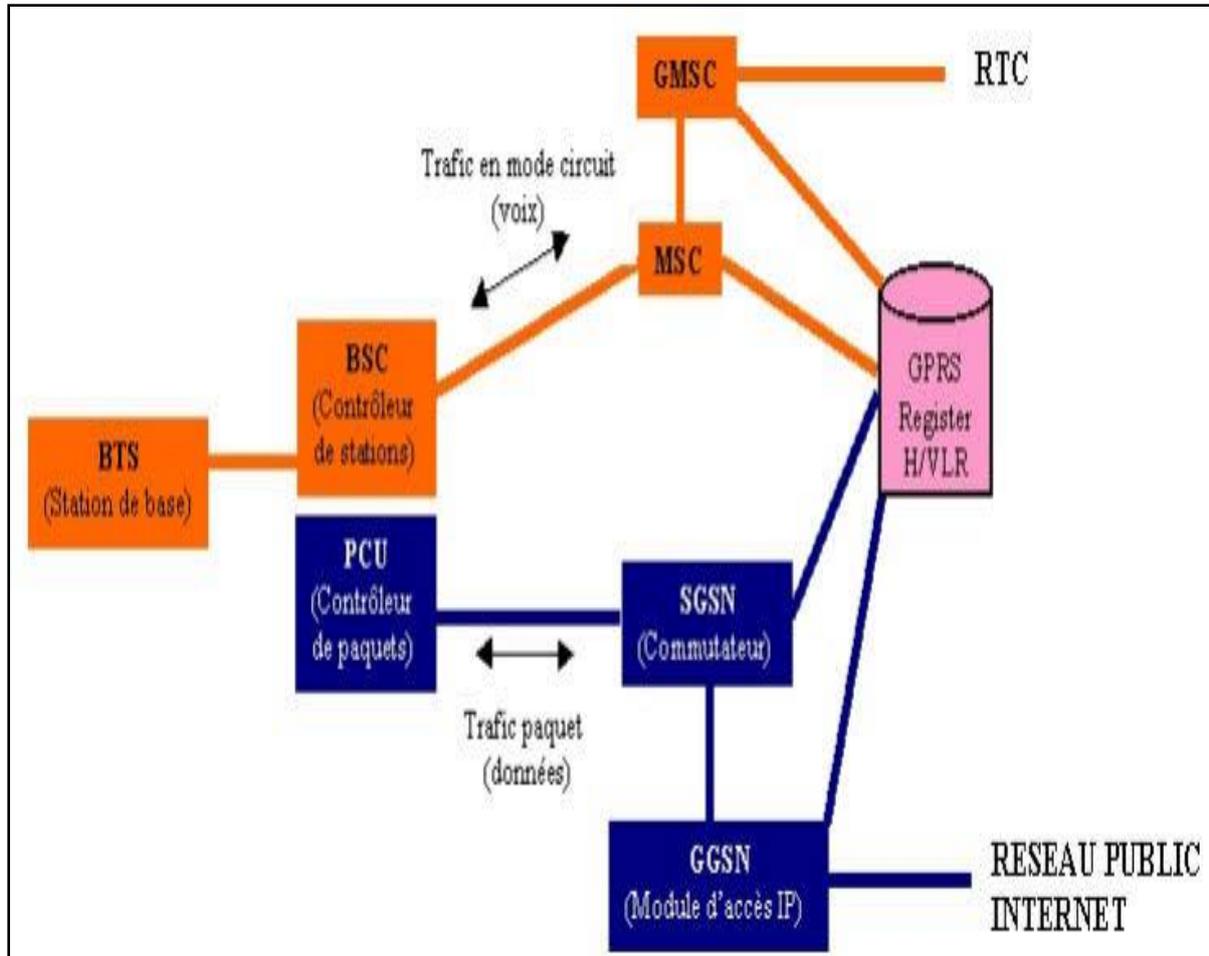


Figure 2.8 : Architecture du réseau GPRS [16].

L'architecture de base du système GPRS (Figure 2.8) prévoit alors, cinq sous-systèmes principaux dont chacun dispose d'un certain nombre d'unités fonctionnelles et connectée sa l'autre à travers des interfaces standards [16].

Les principaux sous-systèmes du réseau GPRS sont :

- SGSN (Service GPRS Support Node)
- GGSN (Gateway GPRS Support Node)

2.3.2. Equipement de base d'un réseau GPRS

- Le SGSN (Service GPRS Support Node) :

L'entité SGSN se charge dans son aire de service des transmissions de données entre les stations mobiles et le réseau mobile.

- Le SGSN est connecté plusieurs BSC et est présent dans le site d'un MSC. Ses différentes fonctions sont PCU (Packet control Unit)
- CGF (Charging Gateway Function)
- MS (Mobile Station)
- Authentification des stations mobiles GPRS.
- Prise en charge de l'enregistrement des stations mobiles au réseau GPRS.
- Relais des paquets de données de la station mobile au réseau externe ou du réseau à la station mobile.
- Interfaçage avec d'autres nœuds (HLR, MSC, BSC, GGSN ...).

- Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) :

L'entité GGSN joue le rôle d'interface avec des réseaux de données externes (X.25, IP).

Il permet aussi d'acheminer les paquets provenant des réseaux de données externes vers le SGSN du mobile destinataire.

Le GGSN est généralement présent dans le site d'un MSC. Il existe un GGSN ou un nombre faible de GGSN par opérateur, il a aussi d'autres fonctions tel que :

- Jouer le rôle d'interface avec les réseaux externes de type IP ou X.25 même si en pratique seule l'interface vers des réseaux IP est mise en œuvre.
- Relais des paquets aux stations mobiles à travers un SGSN ; il faut noter que les paquets ne sont pas délivrés à la station mobile si cette dernière n'a pas activé un contexte PDP.
- Collecte des données de taxation associées à l'usage des ressources entre le SGSN et GGSN.
- **PCU** (Packet Control Unit) :

Pour déployer le GPRS dans les réseaux d'accès, on réutilise les infrastructures et les systèmes existants. Il faut leur rajouter une entité responsable du partage des ressources et de la retransmission des données erronées, l'unité de contrôle de paquets PCU (Packet Control Unit) par une mise à jour matérielle et logicielle dans les BSC.

- **CGF** (Charging Gateway Function) :

La passerelle de taxation CGF (Charging Gateway Function) permet le transfert des informations de taxation du SGSN et du GGSN au système de facturation BS (Billing System).

L'entité GCF peut être implantée de façon centralisée ou de manière distribuée en étant intégrée aux nœuds SGSN et GGSN.

- **MS** (Mobile Station) :

Une station Mobile MS GPRS peut fonctionner dans l'une des classes suivantes :

- **Classe A** : un mobile GPRS classe A peut se rattacher simultanément aux réseaux GSM et GPRS. L'utilisateur mobile peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique.
- **Classe B** : un mobile GPRS classe B s'enregistre auprès d'un MSC/VLR et d'un SGSN simultanément afin de pouvoir disposer des services GSM et GPRS. Il dispose d'un mode de veille double qui scrute les appels classiques et les demandes de service GPRS mais qui ne peut activer qu'un seul type de service.
- **Classe C** : l'utilisateur doit positionner son mobile soit en mode GSM, soit en mode GPRS. En mode GSM, il a accès à toutes les fonctionnalités d'un terminal GSM ordinaire. En mode GPRS, il peut initier des sessions de données.

2.3.3. Les avantages du réseau GPRS

Parmi les avantages de GPRS comparé au GSM pour les services de données, on peut citer [16] :

- **Des débits élevés** : les débits proposés par GPRS sont supérieurs au débit de 9.6Kbits/s offert par GSM pour le transfert de données.
- **Une connexion permanente** : le temps d'établissement d'une session GPRS et l'accès au service est plus court qu'avec le GSM.
- **Un support pour nouveaux services** : parmi les applications envisageables grâce au réseau GPRS, figurent :
 - ✓ La navigation sur internet à partir d'un portable. .
 - ✓ L'envoi et la réception de photos ou cartes postales.
 - ✓ L'envoi et la réception d'une vidéo
 - ✓ Le partage de données.
- **Des mécanismes de sécurité sophistiqués** : le GPRS s'appuie sur le modèle d'authentification et de chiffrement proposé par le GSM. Lorsqu'une station mobile tente

d'initier une session GPRS, elle est authentifiée grâce à des clés d'authentification et des calculs réalisés par la carte SIM.

2.3.4. Le rôle du GPRS

L'arrivée du GPRS est une vraie révolution dans l'architecture des réseaux des opérateurs mobiles.

- Il sert à la croisée de la mobilité et de l'internet.
- Il apporte un certain nombre d'innovations majeures dans les cœurs du réseau de l'opérateur mobile mais aussi dans les terminaux. [16].

2.4. L'impact du GPRS sur le GSM

Afin d'intégrer le GPRS dans une architecture GSM existante, un nouveau type de nœud appelé GSN (GPRS Support Node) est apparu. Le GSN est responsable de la livraison et du routage des paquets de données entre les stations mobiles (MS) et des réseaux de données externes.

En réutilisant l'infrastructure GSM, le coût d'introduction du GPRS dans le réseau GSM est principalement relatif à l'extension logicielle de l'entité GSM. Les principaux matériels rajoutés à l'architecture GSM sont l'intégration d'une carte PCU (Packets Control Unit), qui sert à fournir de nouveaux terminaux GPRS aux usagers et des nœuds de commutation de paquets GPRS [16].

2.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les concepts de base du réseau GSM/GPRS utilisé pour la localisation. Ainsi, un bref descriptif des notions de bases du Réseau GSM et du réseau GPRS ont été abordés, en particulier l'architecture du réseau, l'Équipement de base et de plus, l'impact du réseau GPRS sur le système GSM. Le prochain chapitre sera consacré à la simulation et la réalisation de ce dispositif en utilisant une carte Arduino.

3.1. Introduction

Nous savons tous que les nouveaux téléphones portables bien équipé avec différents types de capteurs pour différentes utilisations, ils peuvent également nous fournir de précieuses sources d'informations pour mieux obtenir une estimation plus précise des emplacements des utilisateurs.

Pour cela, on fait recours à des aides techniques comme l'idée de créer un dispositif qui permet de retrouver l'emplacement de leurs objets.

3.2. Description du dispositif

Les étapes de fonctionnement de notre dispositif peuvent se résumer comme suit :

- ▶ Déclenchement du dispositif par l'envoi d'un SMS ou d'un appel téléphonique.
- ▶ Une fois l'appel reçu ou un SMS est reçu, le module GPRS est alors activé afin de se connecter à un satellite.
- ▶ Le satellite détecte la position de l'objet, fourni en suite les coordonnées GPRS qui vont alors transmises au module GSM afin de nous les communiquer via un SMS sur notre téléphone portable.

3.3. Structure et fonctionnement

La figure 3.1 présente le schéma synoptique de notre montage où l'unité de traitement composée par la carte Arduino UNO est alimentée par une alimentation indépendante, par exemple une pile à 5V.

Le module SIM900 GSM/GPRS s'allume ensuite pour recevoir l'appel et envoyer le message contenant les coordonnées détectées par l'unité GPS. Ce dernier, étant exécuté directement dans le plateau d'Arduino.

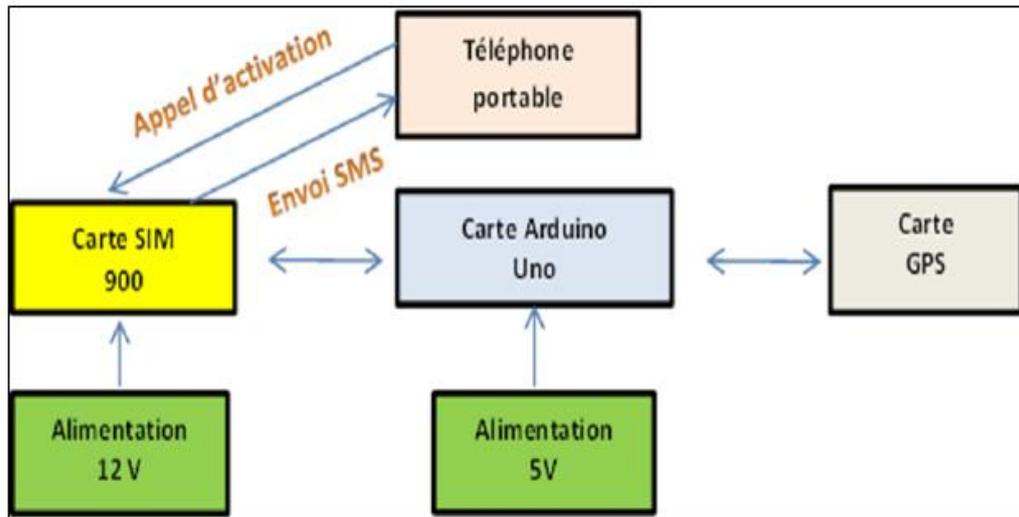


Figure 3.1 : Schéma synoptique du dispositif.

► L'alimentation

- La carte Arduino UNO
- Le module GSM/GPRS
- Le module GPS

3.4. Constitution du dispositif

Nous allons donc procéder maintenant à la présentation détaillée des différents composants utilisés.

3.4.1. La Carte Arduino UNO

La carte Arduino Uno est basée sur un ATmega328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus récente et la plus économique carte à microcontrôleur d'Arduino. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une de modules complémentaires.

Elle peut se programmer avec le logiciel. Le contrôleur ATmega328 contient un bootloader qui permet de modifier le programme sans passer par un programmeur [17].

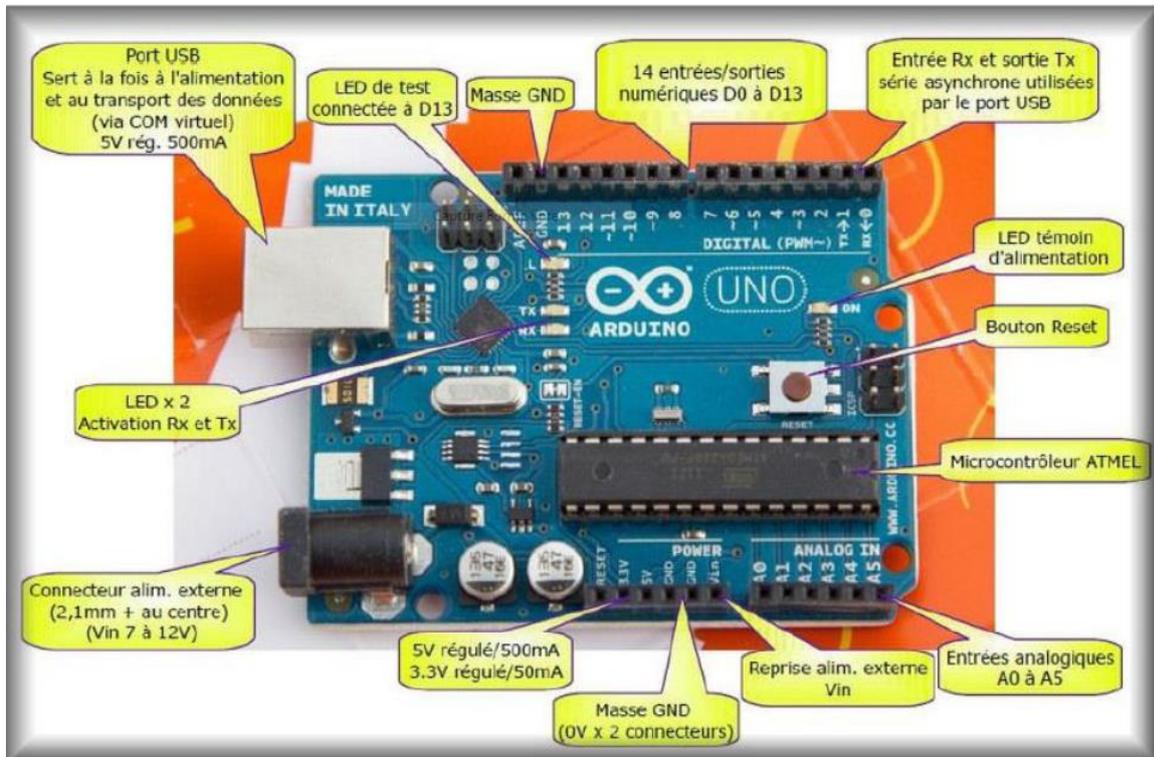


Figure 3.2 : Schéma de carte Arduino UNO.

3.4.2. Le module SIM900 GSM /GPRS

Le module SIM900 GSM / GPRS (Figure 3.3) permet d'utiliser le réseau de téléphonie cellulaire pour recevoir des données depuis un emplacement distant. Il est compatible avec toutes les cartes qui ont le même facteur de forme qu'une carte Arduino standard [8].

Où :

- **GSM** est synonyme de "Global System for Mobile communications" qui est la norme mondiale pour les communications mobiles.
- **GPRS** signifie "General Packet Radio Service" qui est un service mobile sur la communication cellulaire 2G et 3G.



Figure 3.3 : *Module GSM/GPRS SIM 900 [8].*

a. Applications

Le bouclier GSM GPRS est particulièrement utile, car il permet de [8] :

- Se connecter à internet via le réseau GPRS.
- Envoyer et recevoir des SMS.
- Passer et recevoir des appels téléphoniques.

Ses capacités le rendent parfait pour les projets avec la carte Arduino comme par

Exemple :

- contrôle à distance des appareils électroniques – envoi d’un SMS pour activer quelque chose ;
- Recevoir des notifications – envoyer des SMS sur un téléphone portable si un mouvement est détecté dans la maison ;
- Recevoir des données de capteur – envoyé des SMS périodiques à un téléphone portable Avec des données météorologiques quotidiennes [8].

b. Caractéristiques

Le module SIM900 présente plusieurs caractéristiques [8] :

- Compatible avec Arduino et les clones.
- Basé sur le module SIM900 de SIMCOM.
- Permet d’envoyer des SMS, MMS, GPRS et audio via UART en utilisant les Commandes AT

- Il a 12 GPIO, 2PWM et ADC bruit-dans le module SIM900.
- Quad bande : 850, 900, 1800, et 1900MHZ, il devrait donc fonctionner dans tous les Pays avec des réseaux GSM (2G).
- Contrôle via les commandes AT.
- Support de carte SIM et antenne GSM-présents à bord.
- Faible consommation d'énergie (1.5mA).
- Prend en charge RTC (Figure 3.4) (horloge temps réel) – il a un support pour une Batterie 3V CR120 à l'arrière [8].

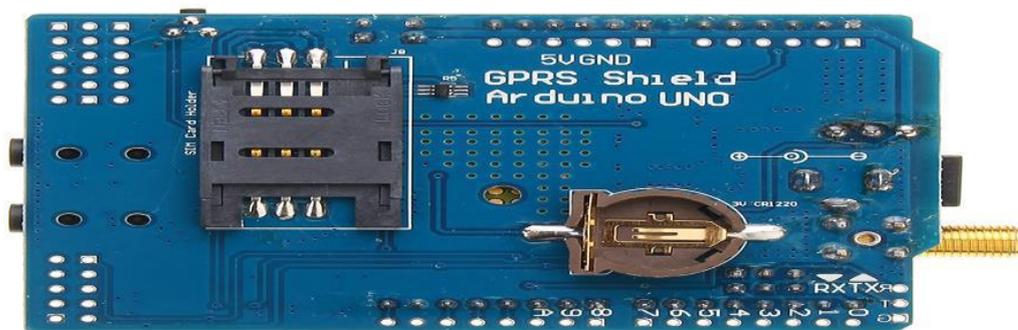


Figure 3.4 : Le dos du module GSM/GPRS montrant L'horloge et l'emplacement de la puce [8].

3.4.3 Le Module GPS (Global Position System)

Le système de positionnement global (GPS) est un système de navigation par satellite composé d'au moins 24 satellites. Le GPS fonctionne quelles que soient les conditions météorologiques, partout dans le monde, 24 heures sur 24, sans frais d'abonnement ni de configuration.

Le module GPS U-BLOX NEO-6M (Figure 3.5) est donc un système de positionnement par satellites qui utilise la triangulation pour se localiser. Cette fonctionnalité lui permet de connaître sa situation, mais aussi de facilement se repérer pour aller d'un point à un autre. Le GPS permet de déterminer en tout point du globe la position avec une précision < 5 m l'heure exacte avec une certaine précision [9].



Figure 3.5 : *Le Module U-BLOX NEO-6M [9].*

a. Application

Le Module GPS NEO-6M est particulièrement utile, car il permet de [9] :

- Détecter la position.
- D'être appliqué au navigateur pour connaître la route dans le cas où on risque de se perdre

b. Caractéristiques

Le module GPS NEO-6M présente plusieurs caractéristiques [9] :

- Composants uBlox/u-blox
 - Module avec antenne céramique intégré qui reçoit un signal fort
 - Une EEPROM pour enregistrer les données de configuration lorsqu'elles sont mises hors tension.
 - Indicateur de signal LED

3.5. Organigramme de fonctionnement

Afin de développer et de simplifier notre projet, nous devons fournir des structures organisationnelles pour chaque partie de nos systèmes, et nous allons les aborder :

3.5.1 Organigramme de la localisation par GPS

Comme expliqué précédemment, le module GPS est utilisé pour détecter la position en déterminant la latitude, la longitude et l'altitude.

Le processus est le suivant :

- Activer l'unité GPS.
- Contacter le satellite pour la détection de la position.
- Si l'unité standard est connectée au satellite, la position indiquera la position et les coordonnées nous indiqueront la hauteur et la largeur à l'écran, sinon l'appareil essaiera de fonctionner.

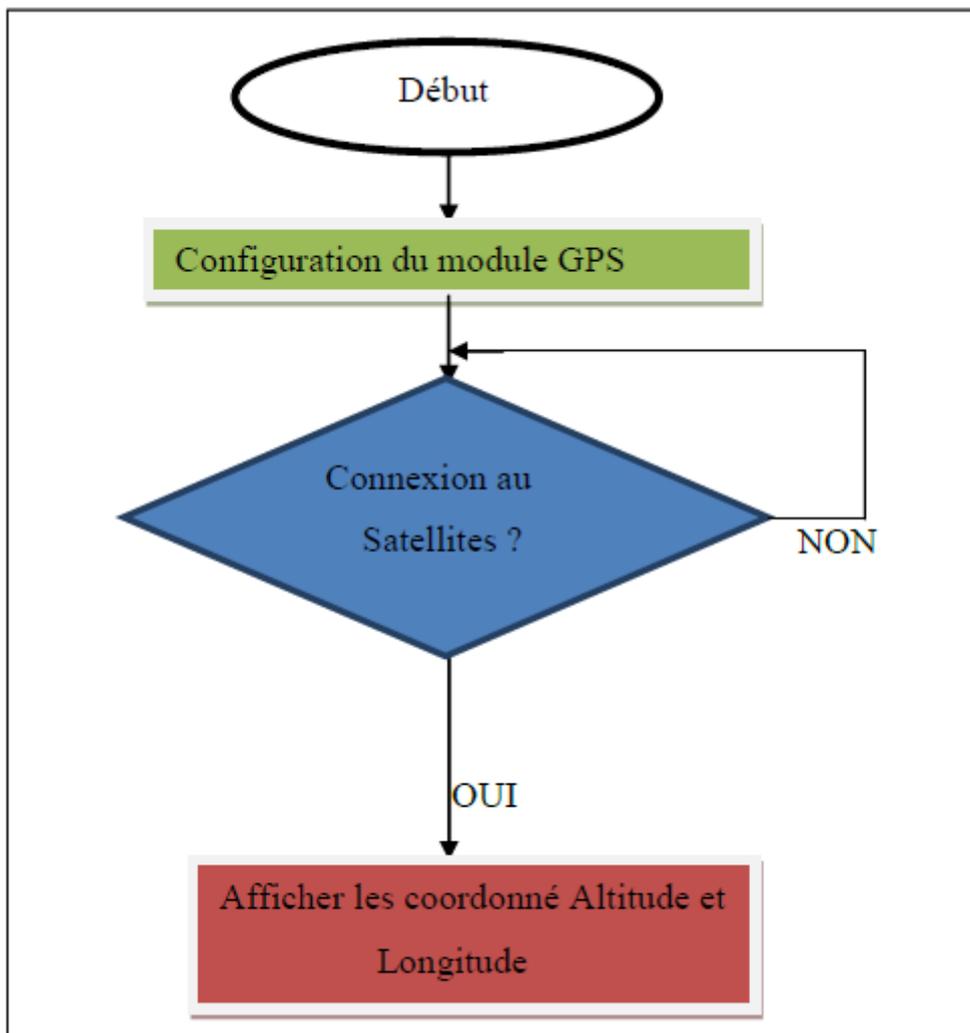


Figure 3.6 : Organigramme illustrant le fonctionnement du programme du GPS.

3.5.2 Organigramme pour l'envoi de message

La figure ci-dessous illustre le déroulement du programme d'envoi du message.

La procédure est la suivante :

- Nous plaçons une puce dans notre carte SIM900 GSM / GPRS, puis nous définissons les paramètres du module SIM900 GSM / GPRS.
- Nous appelons ensuite notre carte SIM900 GSM / GPRS via un téléphone mobile.
- Lorsque la carte SIM900 GSM / GPRS reçoit un appel, elle envoie un message (SMS) contenant les coordonnées GPS au numéro de téléphone qui l'a appelée.

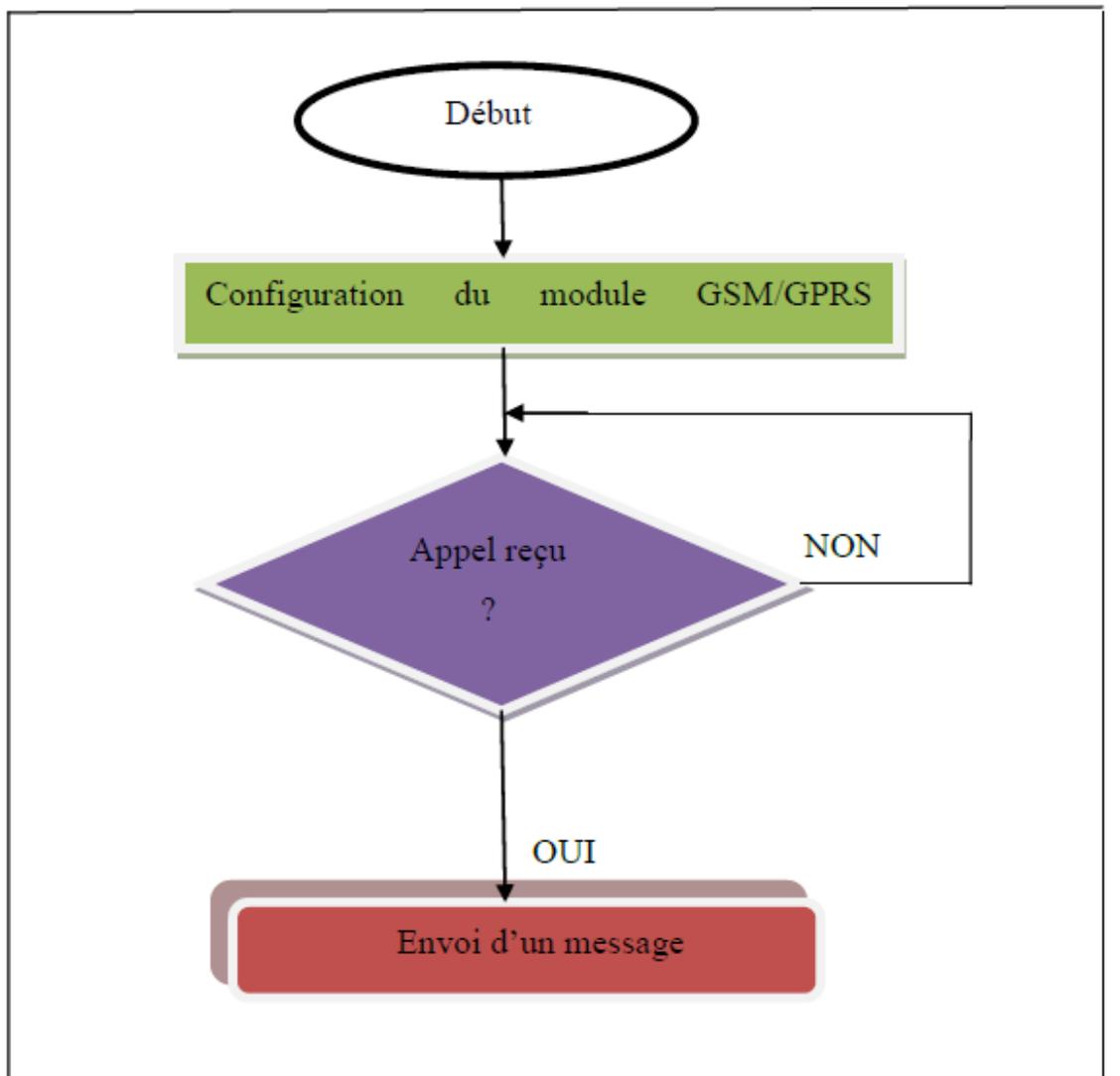


Figure 3.7 : Organigramme illustrant le fonctionnement du programme De l'envoi de message.

3.5.3. Organigramme général de notre dispositif

La figure 3.8 présente donc le déroulement du programme général de notre dispositif pour l'envoi des coordonnées GPS par message. Les 3 grandes étapes sont comme suit :

- On effectue un appel à notre carte GSM/GPRS SIM900.
- Quand notre dispositif reçoit notre appel, il lance l'opération de la localisation géo- spatiale.
- Une fois la position détectée, il nous envoie les coordonnées à l'intérieur d'un message (SMS).

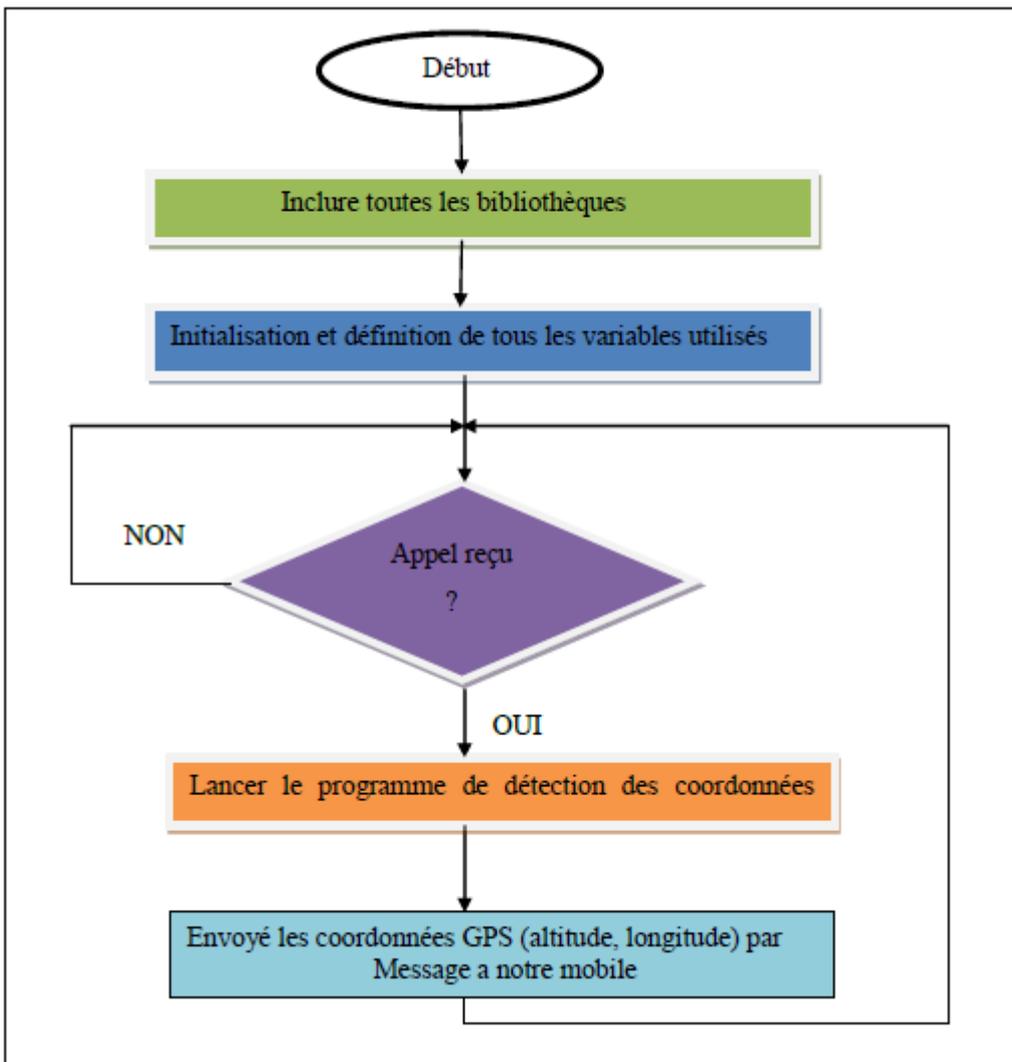


Figure 3.8 : Organigramme illustrant le fonctionnement du programme général.

3.6. Logiciels utilisés pour la simulation

Avant de passer à la réalisation pratique, nous avons procédé à la simulation des différentes parties de notre montage afin de tester et valider les programmes développés. Pour cela, nous utilisons le logiciel : Proteus ISIS.

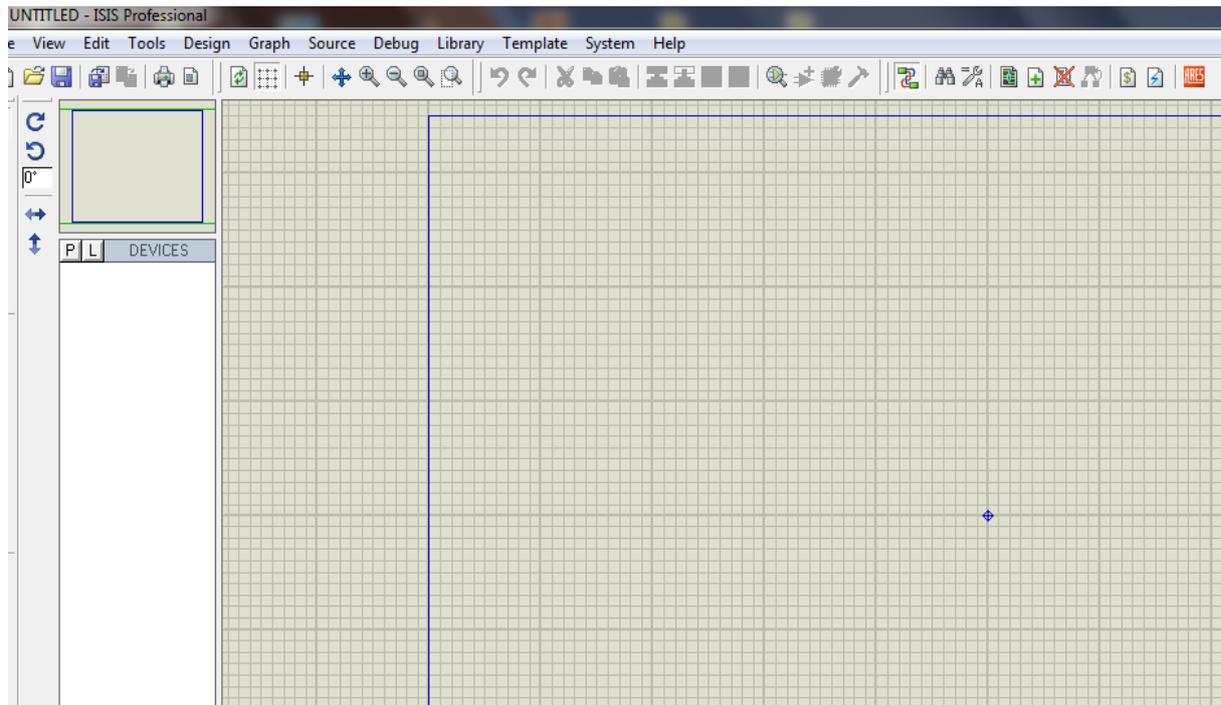


Figure 3.9 : La fenêtre de logiciel Proteus ISIS.

3.7. Simulation

La simulation est un moyen nécessaire pour comprendre le fonctionnement de la machine avant son installation réelle. Est un fait scientifique que la libération fonctionne bien, nous avons donc utilisé ISIS porteuse pour simuler la carte proposée.

Une fois le programme développé et écrit, nous avons simulé la partie détection, avec un module GPS, un module GSM/GPRS SIM900 et une carte Arduino UNO.

3.7.1. Les étapes de la simulation

Une fois que le logiciel ISIS PROTEUS lancé, on procède comme suit :

- ▶ Tout d'abord, on commence par télécharger la librairie Arduino pour Proteus et celle des modules SIM900 et GPS.
- ▶ Une fois ces fichiers téléchargés, on procède à leur ajout dans la librairie propre à Proteus, afin de pouvoir utiliser ces trois composants.
- ▶ Ensuite, on construit notre montage : pour ce faire, nous avons utilisé un terminal série pour voir l'affichage des résultats.

► Dans les fichiers du module SIM900 et GPS, on exporte le fichier HEX (hexadécimal) dans les modules.

► Pour exécuter la simulation, on aura besoin de programme développé auparavant grâce à l'IDE. Pour cela, on le charge aussi dans l'IDE Arduino de Proteus.

► Enfin, nous pouvons lancer notre simulation, et voir les résultats sur le terminal Série. Notre simulation s'est faite en deux parties

a. La première phase (La partie GPS et carte Arduino) :

Ce dernier est directement relié à la carte comme suit : le TX du GPS est relié au RX de la carte, le TX de la carte est relié au RX du terminal Série (**Figure 3.10**).

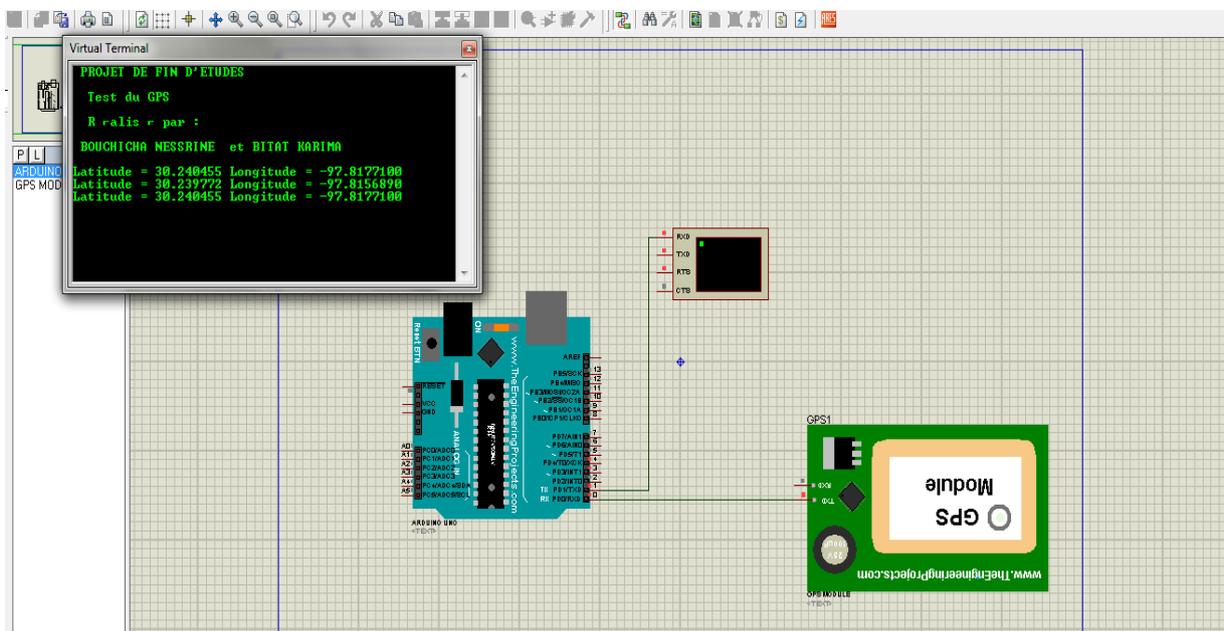


Figure 3.10 : Liaison entre l'Arduino et le GPS sur ISIS Professional.

Donc, suivant le fonctionnement et le programme élaboré sur l'Arduino, le GPS capte des signaux d'au moins quatre satellites ensuite il est en mesure de calculer sa propre latitude, longitude et altitude à un instant 't'. Pour notre réalisation, nous nous sommes limités à seulement deux variables. Soient la latitude et la longitude.

b. La deuxième phase (La partie GSM et Arduino) :

Le TX du GSM est relié au RX (pin 7) de la carte, le RX du GSM est relié au TX (pin8) de la carte et TX de la carte est relié au RX du terminal Série (**Figure 3.11**).

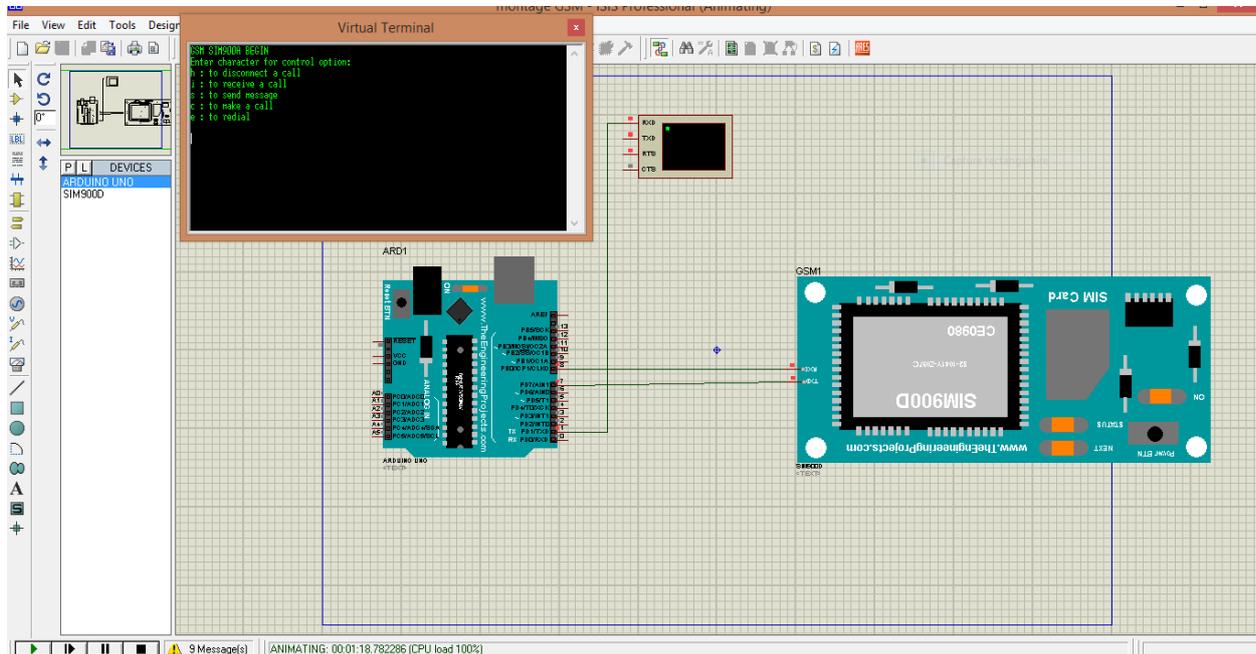


Figure 3.11 : *Liaison entre l'Arduino et le module GSM sur ISIS Professional.*

Le module GSM que nous avons utilisé est le SIM900, c'est un module puissant qui démarre automatiquement et recherche automatiquement le réseau. Il permet d'échanger des SMS, de passer des appels mais aussi de récupérer des données en GPRS 2G+.

La fonction principale du GSM dans notre cas est d'envoyer les coordonnées de la géo localisation de notre objet (voiture, sac à dos et téléphone portable...) sous forme de message donnant les coordonnées (latitude et longitude de la position actuelle).

c. La partie finale

Le TX du GPS est relié au RX de la carte, le RX du GSM est relié au TX (pin8) de la carte et TX de la carte est relié au RX du terminal Série (**Figure 3.12**).

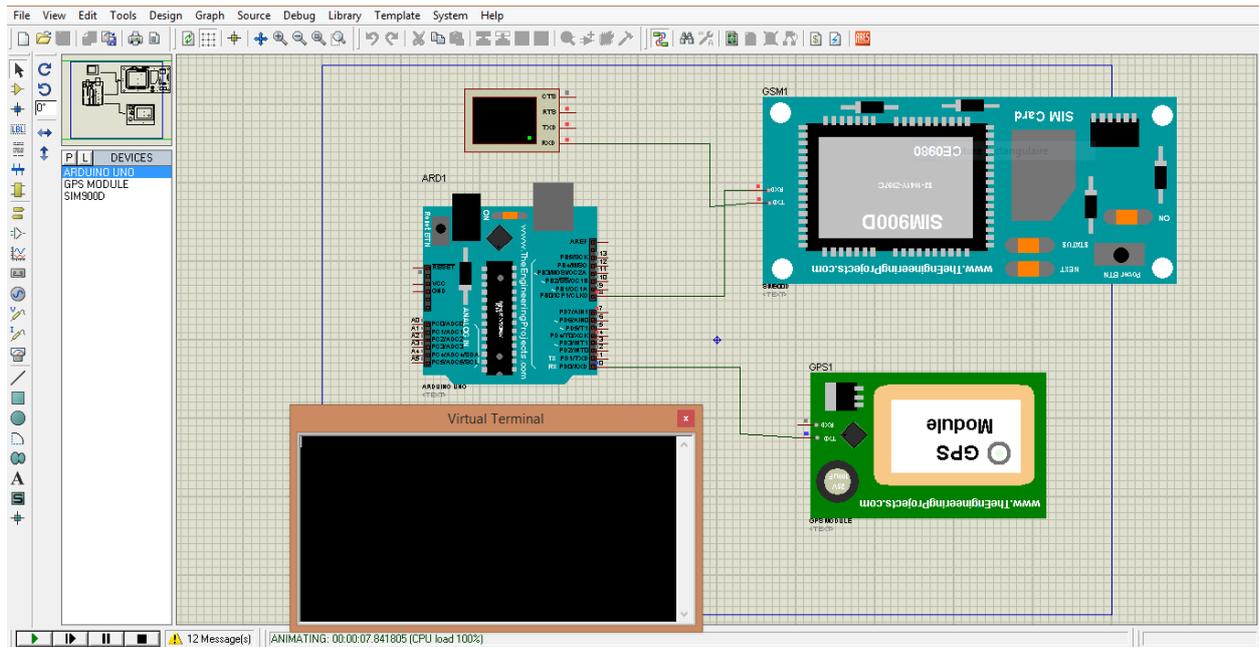


Figure 3.12 : Image illustrant le résultat du montage avec le module SIM 900 et le Module GPS.

Dans la phase finale, la carte Arduino analyse les données reçues, et selon le type de donnée (message, appel vocal,...). Une lettre s'affiche dans le module terminal.

3.8. Conclusion

La carte Arduino proposée permet l'estimation de la position en commençant tout d'abord par détecter le signal en utilisant le réseau GPS/GSM. Pour cela, les parties transmissions et réceptions des modules GPS et GSM sont connectés avec la carte Arduino. Le module GPS permet de localiser un corps mobile ou d'avoir une aide à la navigation, et, de ce fait, géolocaliser un terminal mobile, ce qui est indispensable pour la prédiction de la mobilité. Les résultats de simulations obtenus sont très encourageants pour entamer la réalisation pratique.

Conclusion générale

De nos jours, les services de localisation sont de plus en plus utilisés par les utilisateurs de la téléphonie mobile. A cet effet, le développement technologique a permis le lancement de plusieurs applications dans divers domaines afin de faciliter la vie quotidienne des utilisateurs. En effet, des services comme les systèmes de navigations pour automobiles assistent les conducteurs dans leurs trajets quotidiens, les marins pêcheurs, ou plus simplement les services de localisation permettent à un individu de savoir où il se trouve et ainsi connaître ce qui l'entoure (commerces, sites touristiques, bâtiments publics etc.). La localisation mobile ouvre donc la porte à de nombreuses opportunités d'applications et représente également une nouvelle source de revenu pour beaucoup d'entreprises.

Dans ce mémoire de Master, on a présenté Le Global Positioning System (GPS). En particulier, on s'est accentué sur l'étude de la géolocalisation en temps réel dans le réseau GSM/GPRS en utilisant une carte Arduino.

La géolocalisation est réalisée par des systèmes de géolocalisation par satellite.

Globalement, ils existent trois approches utilisées pour localiser et/ou positionner des objets mobiles en espace libre :

- Positionnement basé sur les satellites : l'objet mobile est localisé à l'aide de récepteurs de signaux satellitaires. On peut citer le système américain GPS, le système européen Galileo ou le système russe GLONASS.
- Localisation/positionnement basé sur les réseaux cellulaires (ou solutions terrestres): l'objet mobile est localisé à l'aide des signaux qu'il transmet au réseau cellulaire de type GSM par exemple ou trouve sa position à l'aide des signaux reçus. Les méthodes hybrides ou coopératives associent les réseaux cellulaires terrestres et satellitaires.

L'élaboration de ce projet regroupe plusieurs parties, la première était de donner quelques généralités sur les différents composants constituant notre projet de fin d'études.

La seconde étape était consacrée à l'étude théorique de notre projet, où on a présenté le schéma synoptique de notre réalisation et le matériel utilisé.

La troisième étape a été consacrée à la simulation et à la réalisation pratique et. Après avoir commencé par simuler notre montage sur Proteus pour s'assurer bon déroulement du programme élaboré, nous sommes passés à la partie réalisation pratique. Faute de manque de temps et, étant

donné que le module GPS n'est pas disponible en laboratoire et vu son prix élevé (15000DA) on s'est donc contenté des résultats de simulations.

Une proposition comme perspective serait de compléter le montage, de telle façon, qu'une fois reçus les coordonnées GPRS sur téléphone, on puisse alors commander notre montage à distance pour réaliser un travail bien déterminé.

Bibliographies

- [1]. <http://www.gpsZapp.net/comment-le-gps-fonctionne-sur-i-phone/>
- [2]. M. H. Kamal 'Estimating and Learning the Trajectory of Mobile Phones'. These de Master. NOKIA research Center-Lausanne Signal Processing Laboratory 2 (LTS2) Ecole Polytechnique Federal de Lausanne, 2010.
- [3]. <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/systeme-gps.pdf>
- [4]. <http://gps-rs.scg.ulaval.ca/Fr/cours/survolGPS/introductionGPS.htm>
- [5]. A. Goundafi. Développement d'un Modèle de Gestion d'objets GEO-Localisables Centralise Utilisant Différents Moyens de Communication dans un Environnement OSGI'. Maitrise en informatique. L'université du Québec à Chicoutimi .55-56 2010.
- [6]. <http://www.geod.nrcan.gc.ca/>
- [7]. <http://xymaths.free.fr/MathAppli/GPS/Principe-Fonctionnement-GPS.php>
- [8]. P. Brisson, P. Kropf "Global System for Mobile communication (GSM) ", Université de Montréal, <http://www.iro.umontreal.ca/~kropf/ift-6052/notes/gsm.pdf>
- [9]. https://www.technologuepro.com/gsm/chapitre_2_GSM.htm
- [10]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications.
- [11]. C. Doumlin, M. Van Drogen Broeck, "Principe de fonctionnement du réseau GSM", revue de l'AIM p.3N-18. 2004.
- [12]. J.P. Muller, " Le réseau GSM ", Cours physique appliquée, 2007.
- [13]. GSM, GPRS and EDGE Performance/ Evolution Towards 3G\UMTS/By Timo HALONEN.
- [14]. M. HASSANE Mohammed, PFE : Le GSM-IGE27/Institut d'Oran/ (2005,2006).
- [15]. Jean Philippe MULLER, Structure et Fonctionnement d'un réseau GSM\ \ Techno Assistance Formation Année 2000.
- [16]. T. Lucidarme, "principe de fonctionnement du réseau GSM, 3G, GPRS", Vuibert informatique, 2002.
- [17]. <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-uno-12420.htm>
- [18]. <http://tpelftmtyb.e-monsite.com/pages/partie-2-prevention-des-catastrophes-naturelle>