RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÈRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DR. YAHIA FARES DE MÉDÉA

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Département Du Génie Electrique et de l'Informatique



MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master

Filière :

Génie Electrique

Option :

Systèmes Intelligents et Communicants

LOCALISATION DE MULTI-CIBLES COOPERATIVES ET MOBILES DANS UN RESEAU DE COMMUNICATION GSM

Proposé et dirigé par :

M. MIMEN Bakhti

M. DJEBBOURI Senouci

Préparé et présenté par :

M. BENZINEB Abed

Année Universitaire 2015-2016

DÉDICACES

Je dédie ce travail

A mes chers parents,

Pour tous les sacrifices qu'ils ont faits et pour tout le soutien qu'ils ont offert tout au long de mes études.

A toute ma famille,

Pour leur aide et leur soutien moral.

A tous mes amis,

Pour leurs encouragements et pour tous les bons moments qu'on a vécus ensemble. J'espère que notre amitié durera éternellement.

Abed

REMERCIEMENTS

Mes remerciements en premier lieu vont au DIEU le tout puissant de m'avoir aider à terminer ce modeste travail.

Mes remerciements les plus sincères à M. ***BERROUMANA Sid Ahmed****, le Directeur Général de l'INCC-GN, pour son soutien afin de me permettre de continuer mes études.*

Je voudrais sincèrement exprimer mes plus vifs remerciements et ma gratitude à mon promoteur, M. ***Bakhti MIMEN****, ainsi qu'à mon co-promoteur, M.* ***Senouci DJEBBOURI****, pour leur disponibilité, précieuse aide et bonne humeur durant tout le déroulement de ce projet.*

Mes vifs remerciements et respect vont également aux membres du jury qui ont accepté de juger ce présent travail.

Enfin, je tiens à remercier M. ***Noureddine MEHALLEGUE*** *et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

Table des matières

Abréviations et Acronymes **x**

Introduction générale **1**

I Généralités sur les systèmes GPS et GSM **4**

I.1 Introduction 5

I.2 Le système GPS 5

I.2.1 Principe de positionnement 7

I.2.2 Les facteurs susceptibles d'affecter les mesures du système GPS 7

I.2.3 Le système DGPS (Différentiel GPS) 8

I.2.4 Applications du système GPS 9

I.2.4.1 Secteur civil 9

I.2.4.2 Secteur militaire 9

I.3 Le système GSM 9

I.3.1 Architecture d'un réseau GSM 10

I.3.1.1 Sous système radio (BSS) 10

I.3.1.2 Sous système réseau (NSS) 11

I.3.1.3 Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS) . . . 12

I.3.1.4 La station mobile (MS) 13

I.4 Applications du système GSM 13

I.5 Conclusion 13

II Les systèmes et les techniques de localisation **14**

II.1 Introduction 15

II.2 Les systèmes de géolocalisation 15

II.2.1 La géolocalisation par satellite(GPS) 15

II.2.2 La localisation par réseau terrestre de communication(GSM) 16

II.2.3 La localisation par réseau local (wifi) . . . 16
II.3 Les méthodes de géolocalisation . . . 16
II.3.1 La trilatération . . . 17
II.3.2 La triangulation . . . 18
II.3.3 La multilatération . . . 19
II.4 Les mesures nécessaires à la localisation . . . 20
II.4.1 Mesure de puissance du signal reçu . . . 20
II.4.2 Mesure des angles d'arrivée . . . 21
II.4.3 Mesure du temps d'arrivée (TOA) et de la différence des temps d'arrivée (TDOA) . . . 22
II.4.4 Cell ID (identifiant de cellule) . . . 23
II.4.5 Synthèse des mesures nécessaires à la localisation . . . 23
II.5 Géolocalisation hybrides . . . 24
II.5.1 Géolocalisation GPS-GSM . . . 24
II.5.2 Exemples de quelques services et solutions de localisation . . . 25
II.6 Conclusion . . . 25

III Approche adoptée **26**
III.1 Introduction . . . 27
III.2 Fonctionnalités de la solution proposée . . . 27
III.3 Description de l'approche adoptée . . . 27
III.3.1 La station mobile . . . 28
III.3.1.1 L'antenne GPS . . . 29
III.3.1.2 L'unité de traitement . . . 30
III.3.1.3 Le modem GSM . . . 31
III.3.1.4 Les commandes AT . . . 31
III.3.1.5 L'alimentation . . . 33
III.3.2 La station de contrôle . . . 33
III.3.2.1 Le modem GSM . . . 34
III.3.2.2 Le dispositif de contrôle . . . 34
III.3.3 Moyen de transmission de l'information . . . 35
III.3.3.1 Le service SMS . . . 35
III.3.3.2 Le SMSC (SMS Center) . . . 35
III.3.3.3 Qualité du service SMS . . . 41

III.4 Conclusion 41

IV Implémentation de l'approche adoptée 42

IV.1 Introduction 43

IV.2 Implémentation de l'approche proposée 43

IV.2.1 Développement sous plateforme Android 44

IV.2.1.1 Généralités sur l'Android 44

IV.2.1.2 Le kit de développement SDK (Software Development Kit) . 44

IV.2.1.3 L'émulateur 45

IV.2.2 Application installée sur la station mobile 45

IV.2.2.1 Moyens logiciels 45

IV.2.2.2 Moyens matériels 46

IV.2.2.3 Fonctions de l'application 46

IV.2.2.4 Activités du programme 46

IV.2.2.5 Organigramme de l'application Android 49

IV.2.2.6 Installation de l'application sur un Smartphone 50

IV.2.3 Application installée sur la station de contrôle 52

IV.2.3.1 Présentation de l'interface de l'application développée 53

IV.3 Approche adoptée pour le cas de deux cibles 57

IV.4 Conclusion 60

Conclusion générale 61

ANNEXE A i

A.1 Les Trames NMEA ii

A.2 Les modems HUAWEI E173 et LONSAI LS100 iv

BIBLIOGRAPHIE i

Liste des tableaux

II.1 Résumé des principales techniques de localisation. 23
II.2 Exemples de quelques services et solutions de localisation 25

III.1 Exemple d'une trame GPRMC 30
III.2 Manières d'envoyer une commande AT 32
III.3 Quelques commandes AT 33

A.1 Caractéristiques du modem HUAWEI E173 iv
A.2 Caractéristiques du modem LONSAI LS100 iv

Table des figures

I.1 Le secteur spatial [1] 6
I.2 Le secteur utilisateur 6
I.3 Le principe de positionnement 7
I.4 Architecture du réseau GSM [3] 10

II.1 Localisation par trilatération en 2-D 18
II.2 Localisation par triangulation en 2-D 19
II.3 Localisation par multilatération en 2-D 19
II.4 Incidence d'une onde plane sur deux récepteurs composés d'un réseau d'antennes. 21
II.5 Combinaison des techniques de géolocalisation [16] 24

III.1 Aperçu global de la solution proposée 28
III.2 La station mobile 29
III.3 Communication d'un TE avec le modem GSM à travers les commandes AT . . 32
III.4 La station de contrôle 34
III.5 Architecture de base du service SMS 36
III.6 Le service de messages SMS 37
III.7 Le processus de cheminement logique du service SM-MO 38
III.8 Le processus de cheminement logique du service SM-MT 39

IV.1 Organigramme résumant les différentes parties implémentées 43
IV.2 Aperçu de l'émulateur 45
IV.3 Samsung Galaxy-S4, *réf : GT-I9505* 46
IV.4 Mise à jour de la distance entre les positions envoyées 47
IV.5 L'organigramme de changement de la distance entre les positions envoyées . . 48
IV.6 Activités du programme 49

IV.7 L'organigramme de l'application Android 50
IV.8 Aperçu du menu du smartphone après l'installation de l'application (Localisation GPS) 51
IV.9 Aperçu sur l'interface de l'application 51
IV.10 Le dispositif de la station de contrôle 52
IV.11 Enchainement des différentes tâches réalisées 53
IV.12 Fenêtre d'authentification de l'administrateur 54
IV.13 Onglet de configuration du port 54
IV.14 Onglet de l'état du système 55
IV.15 0nglet du message de contrôle 55
IV.16 Onglet de la visualisation sur Google Maps 56
IV.17 La base de données après l'extraction des données à partir des messages SMS reçus 56
IV.18 Enchainement des différentes tâches réalisées, cas de multi-cibles 57
IV.19 Interface graphique de l'application, cas de deux cibles 58
IV.20 Mise à jour de la distance, cas de deux cibles 58
IV.21 Onglet de l'état du système, cas de deux cibles 59
IV.22 Visualisation sur Google Maps du déplacement de deux cibles 59
A.1 Modem HUAWEI E173 iv
A.2 Modem LONSAI LS100 iv

Abréviations et Acronymes

AOA	Angle Of Arrival
RSS	Received Signal Strength
TDOA	Time Difference Of Arrival
TOA	Time Of Arrival
ADT	Android Development Tools
A-GPS	Assisted Global Positioning System
API	Application Programming Interface
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AuC	Authentification Center
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-System
BTS	Base Tranceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
DCS	Digital Cellular System
DDMS	Dalvik Debug Monitor Server
EIR	Equipement ldentity Register
GMSC	Gateway MSC
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
IDE	Integrated Development Environment

IMEI	International Mobile Equipement Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IWMSC	Inter Working Mobile Switching Centre
JDK	Java Development Kit
JDT	Java Development Tools
LAI	Location Area Identity
MS	Mobile Station
MSC	Mobile-service Switching Center
MSISDN	Mobile Station Integrated Services Digital Network
MWD	Message Waiting Data
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing And Ranging
NSS	Network Sub System
OMC	Operation and Maintenance Center
OSS	Operation Sub-System
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
RTCP	Réseau Téléphonique Commuté Public
SDK	Software Development Kit
SIM	Subscriber Identity Module
SM-MO	Short Message - Mobile Originated Point to Point
SM-MT	Short Message - Mobile Terminated Point to Point
SMS	Short Message Service
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
VLR	Visitors Location Register
VMSC	Visited Mobile Station Center

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis les temps préhistoriques, l'homme a toujours essayé de trouver un outil fiable qui lui permettrais de connaître sa position et qui pourrait le guider vers un lieu précis. Pour cela, différents moyens se succédèrent (repères visuels, boussoles,...etc). De plus en plus nombreuses sont les personnes qui ressentent la nécessité, dans leur vie professionnelle ou dans leurs loisirs, de connaître leur position géographique en temps réel. Pour répondre aux divers besoins provenant de la multitude d'utilisateurs, il existe depuis quelques années des outils capables de leur fournir les indications nécessaires en les situant dans l'espace et dans le temps. Il s'agit du système de positionnement par satellites et le système de positionnement cellulaire.

Avec l'apparition des Smartphones, les applications mobiles ont été initialement proposées pour la productivité et la récupération d'information, comprenant courrier électronique, calendrier électronique, contacts, marché boursier et informations météorologiques. Toutefois, la demande du public et la disponibilité d'outils de développement ont conduit une expansion rapide dans d'autre domaines, comme les jeux mobiles, les GPS et services basés sur la localisation.

C'est dans ce cadre que se situe notre thème d'étude, dont l'objectif est de concevoir une solution de localisation des cibles mobiles coopératives dans un réseau de communication GSM. Cette dernière est composée de deux applications informatiques : la première dédiée aux équipements portatifs dotés de la plateforme Android (Smartphone, tablette,...etc) qui permet à l'utilisateur de profiter de ce service grâce aux outils et techniques de géolocalisation et d'orientation offerts par cette plateforme . Dans notre travail ces équipements sont considérés comme étant des objets mobiles à localiser.

La deuxième application, développée sur une station de contrôle, permet au superviseur disposant d'un terminal web de suivre en temps réel les trajectoires parcourues par les objets mobiles.

Le travail réalisé dans ce mémoire porte sur deux parties principales. La première concerne le développement d'une application Androïde qui sert à récupérer et à transmettre par la suite des informations (position GPS, état de système, ...etc) vers un opérateur, et ceci en utilisant un Smartphone comme étant un objet mobile à localiser. La deuxième est relative à la conception et la réalisation d'une application sous station de contrôle, permettant d'exploiter les données envoyées par l'objet mobile. Un protocole de communication (émission /réception) est mis en place entre l'objet mobile et la station de contrôle.

Le présent mémoire est organisé en quatre chapitres ; le premier traite deux points essentiels : généralités sur le système de positionnement GPS, où nous définissons leur architecture et le second décrit le réseau GSM et ses applications.

Le second chapitre est consacré à exposer un état de l'art sur les techniques et les systèmes de localisation existants, nous l'entamons par décrire les principaux systèmes de localisation. Ensuite, nous rappelons des méthodes de base de localisation et nous y exposons le procédé mathématique utilisé pour estimer des mesures qui sont, généralement, exploitées par ces méthodes de localisation.

Le troisième chapitre présente d'une manière approfondie l'approche de localisation adoptée d'un objet mobile, cette approche s'appuie sur le système de positionnement GPS pour l'acquisition des données nécessaires à la localisation et le réseau GSM pour la transmission de ces données. Notre solution se constitue de deux parties dont la première représente la partie à intégrer dans l'objet mobile à localiser, la deuxième concerne la station de contrôle. En premier lieu, nous définissons le concept général de la solution proposée, ensuite nous détaillons le principe de fonctionnement des deux parties. Enfin, nous expliquons leurs aspects techniques.

Le dernier chapitre est relatif à la présentation de l'implémentation de l'approche de localisation adoptée, nous y abordons l'explication de l'architecture de la solution proposée ainsi que les outils et l'environnement de développement.

Enfin, nous terminons ce travail par une conclusion générale qui résume les résultats obtenus et qui présente les perspectives éventuelles pour la suite de ce travail.

Chapitre I

GÉNÉRALITÉS SUR LES SYSTÈMES GPS ET GSM

I.1 Introduction

La géolocalisation est une technologie avancée qui permet de collecter des informations permettant de positionner un objet ou une personne sur une carte, à l'aide de coordonnées géographiques.

Le géopositionnement est un réel besoin dans le monde de mobilité où nous vivons. Il est encore plus important avec la multiplication des applications qui ont un réel besoin de positions pour fonctionner.

Dans cette optique, on constate l'existence de plusieurs systèmes de géolocalisation qui se distinguent par leurs infrastructures déployées, à savoir : les systèmes de positionnement par satellites (GPS, Galileo, Glonass,...etc) et les systèmes de localisation basés sur les réseaux de télécommunication terrestre (GSM, LORAN, TNT,...etc).

I.2 Le système GPS

A l'origine, le GPS (Global Positioning System) a été conçu afin de fournir aux forces armées un système de repérage global de très bonne précision car les systèmes similaires de l'époque n'avaient pas la disponibilité et la sécurité requise pour leur exploitation opérationnelle.

Dès le début, les États Unis voulaient s'assurer la maîtrise totale quant à l'exploitation du système GPS, mais ne voulaient pas exclure les applications civiles. De ce fait, les deux modes d'exploitation qui ont été mis en évidence sont :

- Le mode PPS (Precise Positioning System) de grande précision, réservé au domaine militaire.
- Le mode SPS (Standard Positioning System) de moindre précision destiné au grand public.

L'architecture d'un système GPS est constituée de trois éléments fondamentaux, souvent désignés par segments ou secteurs. Dans ce qui suit, nous allons décrire brièvement ces trois segments.

Le segment spatial : Le système complet comporte 24 satellites répartis de façon à assurer en tout lieu une visibilité simultanée de 4 à 8 satellites avec une élévation d'au moins 15^0. Les satellites sont répartis sur 6 plans orbitaux, ayant tous une inclinaison d'environ 55^0 sur l'équateur.

L'orbite des satellites est quasi-circulaire, leur altitude est d'environ 20 000 km et leur période d'environ 12 heures.

Chaque satellite est muni d'un émetteur-récepteur, d'horloges atomiques, d'ordinateurs et d'équipements auxiliaires destinés au fonctionnement du système. L'énergie utile à l'équipement est fournie par 7 m^2 de cellules solaires, tandis qu'un système de fusée d'appoint permet de réajuster la position du satellite sur son orbite et de contrôler sa stabilité.(Voir figure I.1).



FIGURE *I.1* — Le secteur spatial [1]

Le segment de contrôle : Le segment de contrôle est composé de 5 stations au sol (Hawaii, Colorado Springs, Ascencion, Diego Garcia, Kwajalein) qui enregistrent en continu les signaux GPS sur les deux fréquences, effectuent des mesures météorologiques et envoient les données à la station principale de Colorado Springs.

Au niveau de cette dernière, les éphémérides des satellites ainsi que les paramètres d'horloge sont calculés, prédits et envoyés aux stations de transmission (Hawaii, Ascencion, Diego Garcia, Kwajalein) qui retransmettent les informations du message GPS aux satellites.



FIGURE *I.2* — Le secteur utilisateur

Le segment utilisateur : Le segment utilisateur présente la communauté d'utilisateurs lesquels, à partir des informations fournies par les satellites et à l'aide d'un récepteur GPS, pourront connaître leur position spatio-temporelle déduite soit par positionnement absolu ou relatif.

I.2.1 Principe de positionnement

La méthode la plus couramment utilisée pour déterminer la position d'un point à la surface du globe repose sur le principe de la triangulation. La triangulation permet, par exemple, de localiser un objet en connaissant la distance qui le sépare de 3 points de référence. En 3-D, il est nécessaire de rajouter une quatrième distance reliant l'objet à un autre point de référence pour connaître l'altitude. Extrapolée à la géolocalisation d'un récepteur à la surface du globe, il est possible de définir les coordonnées X, Y et Z d'un point si l'on connaît les distances qui le séparent de quatre satellites. Les coordonnées du point d'intersection des sphères représentant les signaux émis par les différents satellites seront d'autant plus précises que le nombre de satellites captés sera important.

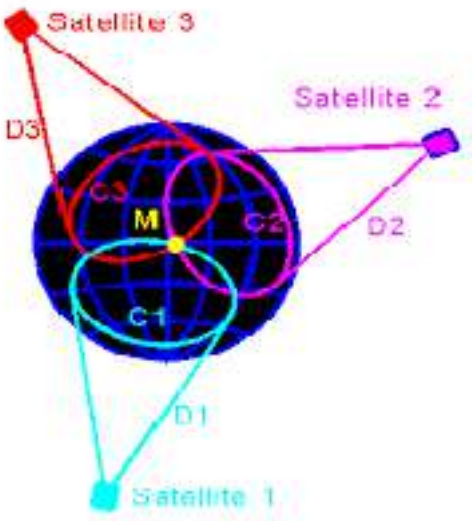


FIGURE *I.3* — Le principe de positionnement

I.2.2 Les facteurs susceptibles d'affecter les mesures du système GPS

Les facteurs qui peuvent dégrader la qualité du signal GPS et affecter l'exactitude des mesures de la position sont :

1. **Les délais de l'ionosphère et de la troposphère :** ceci est interprété par le phénomène de diminution de la vitesse de propagation du signal satellite pendant qu'il traverse la

couche atmosphérique, ce qui implique un retard sur le temps d'arrivée.

2. **Le Signal par trajets multiples :** ceci se produit lorsque le signal GPS est reflété par des objets tels que les grands bâtiments ou les grandes surfaces de roche avant qu'il atteigne le récepteur. Ceci augmente la période de voyage du signal, causant de ce fait des erreurs.
3. **Les Erreurs d'horloge du récepteur :** l'horloge intégrée d'un récepteur n'est pas aussi précise que les horloges atomiques à bord des satellites GPS. Par conséquent, elle peut avoir des erreurs très légères de synchronisation.
4. **Les Erreurs orbitales :** connues sous le nom d'erreurs d'éphémèris, sont des inexactitudes de positionnement du satellite.
5. **Le Nombre de satellites visibles :** c'est le nombre de satellites qu'un récepteur GPS peut intercepter. L'erreur de calcul sur la position diminue avec l'augmentation du nombre des satellites captés.
6. **La Géométrie satellite :** elle est liée à la position relative des satellites à n'importe quel temps donné. La géométrie satellite idéale existe lorsque les satellites sont situés à angles larges l'un par rapport à l'autre. Dans la situation où les satellites sont alignés ou rapprochés, on parle de la géométrie faible.
7. **La Dégradation intentionnelle du signal satellite :** la disponibilité sélective (SA) est une dégradation intentionnelle du signal imposé par le département de la défense des États-Unis. SA a été prévue pour empêcher les adversaires militaires d'employer les signaux GPS fortement précis. Le gouvernement a arrêté SA au mois de mai de l'année 2000, par conséquence, la précision des récepteurs GPS civils a connu une amélioration significative.

I.2.3 Le système DGPS (Différentiel GPS)

La précision du système GPS dépend surtout du nombre de satellites en visibilité et leur distribution géométrique relativement à l'utilisateur. Les erreurs commises peuvent être facilement compensées en les évaluant à un emplacement connu et de les enlever pendant les calculs dans d'autres endroits. Un récepteur de référence calcule des corrections pour chaque signal satellite qu'il détecte et rend ces évaluations disponibles (par l'intermédiaire d'une liaison hertzienne en temps réel) aux récepteurs GPS qui naviguent dans son secteur, afin d'intégrer ces corrections différentielles dans les calculs. Le DGPS peut fournir des précisions de l'ordre d'un mètre, selon la distance entre les récepteurs et la station de référence, ainsi que la fréquence avec laquelle les corrections sont mises à jour [2].

Cette technique compense seulement les erreurs communes entre la référence et les récepteurs à distance. Les erreurs sont uniques à chaque récepteur, par exemple, les erreurs dûes aux multi-trajets, le bruit et les interférences, ne peuvent pas être éliminées. Un récepteur DGPS nécessite une puce radio supplémentaire afin d'admettre les corrections, ce qui augmente son coût, sa taille et la consommation de sa batterie.

I.2.4 Applications du système GPS

I.2.4.1 Secteur civil

ses applications sont nombreuses. Elles concernent la plupart des secteurs d'activités civiles, dont on peut citer :

- Les programmes spatiaux. Par exemple, le retour des navettes dans l'atmosphère est assisté par GPS.
- La géophysique et la tectonique.
- L'exploration des plates-formes pétrolières.
- Les opérations de sauvetage.
- La navigation routière.

I.2.4.2 Secteur militaire

Les applications militaires permettent, à faible coût, d'optimiser les missions tactiques à haute précision, à savoir :

- La détection et la poursuite des cibles,
- Le guidage des missiles,
- La coordination de bombardements et toutes les opérations à distance de commandement,
- Le contrôle et la surveillance des engins.

I.3 Le système GSM

Le GSM (Global System for Mobile communications) est un standard utilisé pour la téléphonie mobile. Cette norme de deuxième génération a réellement vu le jour vers 1991 pour pallier à la demande de plus en plus croissante en communications mobiles et pour élaborer une norme unique. Son premier rôle est de permettre des communications entre abonnés tout en assurant la mobilité entre ces derniers [3].

I.3.1 Architecture d'un réseau GSM

Le réseau GSM a pour rôle d'assurer la mobilité tout en conservant l'accès au réseau fixe. La figure I.4 montre les entités principales du réseau GSM.

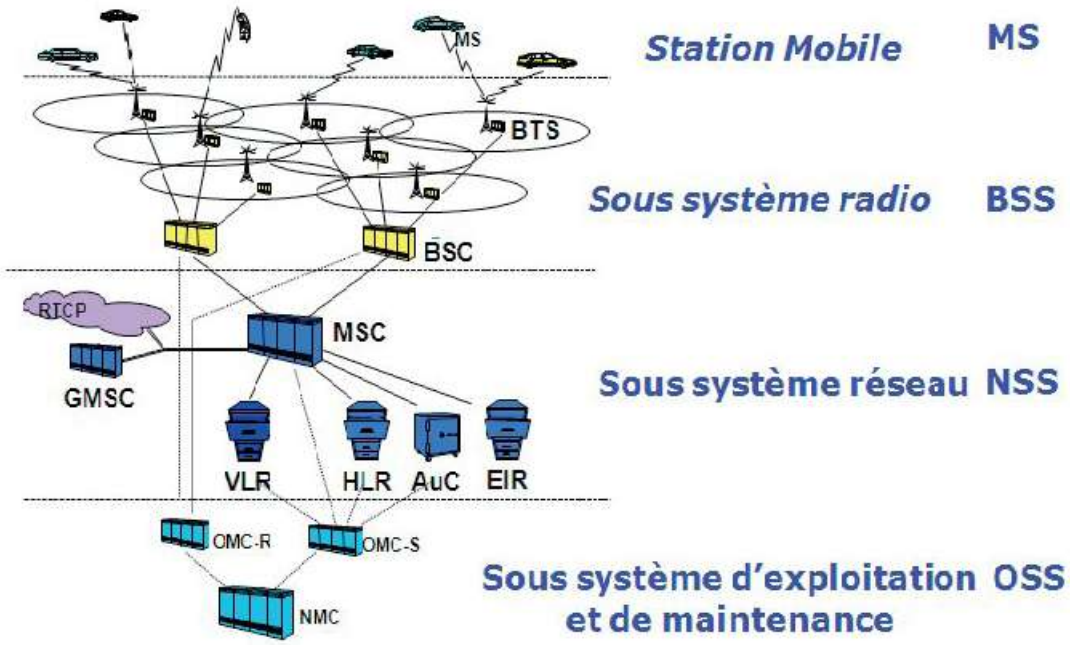


FIGURE *I.4* — Architecture du réseau GSM [3]

Un réseau GSM est constitué de trois sous réseau :

- Un sous système radio, le BSS (Base Station SubSystem)
- Un sous système réseau, le NSS (Network SubSystem)
- Un sous système d'exploitation et de maintenance, l'OSS (Opération Support SubSystem).

I.3.1.1 Sous système radio (BSS)

C'est le réseau d'accès radio qui assure la transmission radioélectrique et gère la ressource radio. Il contient la station de base BTS (Base Tranceiver Station) qui assure la couverture radioélectrique d'une cellule et le contrôleur de station de base BSC (Base Station Controller) qui supervise une ou plusieurs stations de base et joue le rôle de passerelle entre les stations de base et le centre de communication du service mobile MSC [4].

Station de base (BTS) : La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs. Elle réalise aussi des mesures radio pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement

(évaluation de la distance et de la puissance du signal émis par le terminal de l'abonné). Ces mesures sont directement transmises à la BSC. elle gère aussi toute la couche physique (multiplexage TDMA, chiffrement, sauts de fréquences,...etc).

La capacité d'une BTS est typiquement de 12 porteuses, chaque porteuse est divisée en 8 slots dont 7 sont alloués aux utilisateurs.

Contrôleur de station de base (BSC) : Administre un ensemble de stations de base BTS et communique avec elles par le biais de l'interface Abis (Organe intelligent du BSS) qui gère la ressource radio (commande l'allocation des canaux, utilise les mesures effectuées par la BTS pour contrôler les puissances d'émission du mobile et/ou de la BTS et prend la décision de l'exécution d'un Handover).

I.3.1.2 Sous système réseau (NSS)

Le sous système d'acheminement appelé NSS ou SMSS (Switching and Management Sub-System) qui comprend l'ensemble des fonctions nécessaires à l'établissement des appels et la gestion de la mobilité. Le NSS est donc le réseau coeur GSM, il contient :

Commutateur (MSC) : Le MSC (Mobile- service Switching Centre) est parfois appelé centre de commutation des mobiles, généralement, il est associé aux bases de données VLR. Ces entités sont responsables de l'acheminement des communications dans le réseau et assurent également l'interconnexion entre le réseau de téléphone cellulaire et le réseau fixe traditionnel, ainsi que la transmission des messages courts. Il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers (transfert des informations de localisation,...etc).

Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) : Le VLR (Visitor Location Register) est une station de base données associée à un MSC. Il mémorise les informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans une zone du réseau appelée zone de localisation (LA : Location Area). Cette gestion est importante pour connaitre dans quelle cellule se trouve un abonné pour l'acheminement d'appel, et à chaque changement de la cellule par un abonné, le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité.

Enregistreur de localisation nominale (HLR) : Le HLR est la base de données centrale contenant toutes les informations administratives relatives aux abonnés d'un réseau donné utilisant deux clés d'entrée :

- IMSI (International Mobile Subscriber Identity) : c'est un numéro unique alloué à chaque abonné stocké dans la carte SIM et utilisé par le réseau pour la transmission des données de l'abonné.
- MSISDN (Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network) : c'est le numéro d'appel de l'abonné lié à l'IMSI dans l'HLR. Les appels destinés à l'abonné sont transcrits en numéro d'IMSI, ce qui permet sa recherche et l'établissement de la communication GSM.

Centre d'authentification (AuC) : Un AuC (Authentication Center) est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité du réseau GSM :

- L'authentification de l'IMSI de l'abonné.
- Le chiffrement de la communication.

Ces deux fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement d'appel avec l'abonné. En cas d'échec de l'une ou l'autre des procédures, l'appel est rejeté. L'AuC est couplé au HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification lui permettant d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

Enregistreur des identités des équipements (EIR) : L'EIR (Equipement Identity Register) est un équipement optionnel des réseaux GSM destiné à lutter contre le vol des terminaux mobiles. L'EIR est en fait une base de données contenant la liste des mobiles interdits, appelée Black List. Lors de l'établissement d'un appel, le réseau demande au terminal son identité, ou IMEI. Si l'IMEI retourné par le terminal fait partie de la liste des mobiles interdits, l'appel ne peut être établi. Bien entendu, pour être totalement efficace, cette fonction suppose que tout abonné ayant perdu son terminal signale à son opérateur la perte ou le vol de son équipement. Il faut également que l'opérateur effectue une mise à jour de la base de données de son EIR et active dans son réseau la procédure d'identification.

I.3.1.3 Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS)

L'OSS permet d'administrer le réseau d'un opérateur. Selon la norme GSM 12.00, l'OSS présente deux niveaux :

- Le NMC (Network Management Centre) permet l'administration générale de l'ensemble du réseau d'un opérateur par un contrôle centralisé.
- Les OMC (Operations and Maintenance Centre) permettent une supervision locale des équipements (BSC/MSC/VLR) et transmettent au NMC les incidents majeurs survenus

sur le réseau. Les OMC sont composées des OMC-R (OMC-Radio) qui supervisent le sous système radio et des OMC-S (OMC-System) qui supervisent le sous système réseau.

I.3.1.4 La station mobile (MS)

La station mobile est constituée du téléphone portable à proprement parler mais aussi d'une carte appelée carte SIM, qui est indispensable pour accéder au réseau. Cette carte contient, sur un microprocesseur, les informations personnelles de l'abonné. Ce dernier peut donc, par insertion de la carte SIM dans n'importe quel téléphone portable, recevoir des appels, en donner et avoir accès à tous les services qu'il a souscrit : le téléphone portable et l'utilisateur sont totalement indépendants.

Le téléphone portable est identifié par le numéro IMEI. Ce numéro renseigne sur le type d'équipement, l'identité du constructeur et le numéro de série.

La carte SIM contient le numéro IMSI, mais aussi une clé secrète pour la sécurité, ainsi que d'autres informations. Les numéros IMEI et IMSI sont indépendants, ce qui permet la séparation du téléphone portable et de l'utilisateur. De plus, la carte SIM protège l'abonné des connections frauduleuses par l'introduction d'un numéro d'identité personnel (code PIN) lors de l'accès au réseau.

I.4 Applications du système GSM

Les applications du système GSM sont nombreuses dont on peut citer :

- L'échange des données (voix, SMS, vidéos, data) entre les abonnés.
- Le géo-référencement des utilisateurs du réseau GSM.
- Optimisation des coûts des déplacements inutiles.
- Facilités d'accès aux informations en temps réel.

I.5 Conclusion

Après avoir défini les systèmes GPS et GSM, décortiquer leurs architectures et citer leurs applications, nous allons présenter, dans le chapitre suivant, les systèmes et les techniques de localisation.

Chapitre II

LES SYSTÈMES ET LES TECHNIQUES DE LOCALISATION

II.1 Introduction

L'être humain a toujours eu besoin de localiser les objets et de se situer dans l'environnement. Pour répondre à cette nécessité, plusieurs techniques ont été utilisées.

Au début de l'Humanité, l'homme utilisait les pierres (ou montagnes) pour se repérer. Ensuite, les techniques de localisation à l'aide des corps célestes ont été utilisées comme points de référence, à savoir : le soleil, la lune et les étoiles.

Ces éléments naturels ont défini le cap à suivre pour rejoindre leur point de destination. Plus tard, Dans les années 1950, les premières techniques de localisation par les ondes radio sont apparues. Ainsi, afin d'offrir une couverture totale de la planète par ce type de service, l'idée d'un système de localisation par satellite s'est imposée, ceci a été satisfait avec le système GPS [5].

Cependant, les technologies de localisation ont connu un essor important avec le développement de la radio émission. Plusieurs systèmes de localisation basés sur les radars et les balises électromagnétiques ont été développés pour les besoins militaires et la navigation maritime et aérienne.

II.2 Les systèmes de géolocalisation

La détection et la géolocalisation sont devenues des enjeux de taille sur les théâtres d'opération actuels. Cette réalité est bien comprise par les industriels qui proposent certaines solutions techniques. Généralement, les solutions de localisation, actuellement mis en œuvre et commercialement disponibles, peuvent être classifiés comme suit :

- Localisation en utilisant les systèmes satellitaires (GPS, GLONASS, Galileo).
- Localisation en exploitant les réseaux terrestres de communications (GSM/UMTS, LORAN, TNT).
- Localisation en exploitant les réseaux locaux (WiFi, Bluetooth, Infra rouge, Ultra son, ULB,...etc)[6]

II.2.1 La géolocalisation par satellite(GPS)

La technique de la géolocalisation par satellite est la technologie la plus répandue actuellement, elle permet à un équipement de calculer sa position en utilisant les signaux émis aux différents satellites. Pour calculer sa position, une puce GPS doit mesurer sa distance à l'aide de trois satellites. La position du récepteur est alors traduite en termes de latitude, longitude et

peut être représentée sur une carte. Ce système est assez précis (une dizaine de mètres) mais les puces présentes sur les Smartphones sont très petites et ne reçoivent donc qu'un signal très atténué provenant des satellites , ce qui fait que la géo-localisation par satellite n'est possible qu'en extérieur et elle est assez lente [5].

II.2.2 La localisation par réseau terrestre de communication(GSM)

La géolocalisation par GSM a été utilisée avant la démocratisation des puces GPS dans les Smartphones. Cette technique permet le positionnement d'un terminal par rapport aux informations relatives aux antennes GSM aux quelles le terminal est connecté. La précision du positionnement par GSM peut aller de deux cents mètres à plusieurs kilomètres, selon la densité des antennes, dont le nombre est supérieur en ville par rapport au milieu rural.

II.2.3 La localisation par réseau local (wifi)

La géo-localisation utilisant les points d'accès Wifi est une technologie beaucoup plus récente, particulièrement adaptée à la ville. Pour se localiser, un Smartphone commence par dresser la liste de tous les BSSID présentes autour de l'appareil (les BSSID sont les adresses MAC des cartes réseaux wifi des points d'accès). Pour permettre cette géolocalisation à l'aide de points d'accès wifi, il faut préalablement établir la liste la plus complète possible des bornes wifi avec leurs coordonnées géographiques. Afin de créer ces derniers ou bien de les enrichir, il est possible d'utiliser des données envoyées par les téléphones mobiles de deux manière : soit lorsqu'ils essayent de se localiser, soit en envoyant régulièrement les points d'accès qu'ils ont rencontrés [5].

II.3 Les méthodes de géolocalisation

La majorité des systèmes de géolocalisation, cité précédemment, exploitent des ondes électromagnétiques ou bien acoustiques générées. Deux techniques de base sont généralement utilisées pour l'estimation de la position d'un récepteur à localisé : la trilatération et la triangulation, ces techniques s'appuient sur des propriétés géométriques primaires et connues des triangles. La trilatération consiste à employer un ensemble d'émetteurs de référence, dont les positions sont connues par rapport à un repère fixé a priori. La position estimée correspond alors au point d'intersection des cercles ayant comme centres les positions des émetteurs et comme rayons les distances qui les s'éparent du récepteur. La triangulation est similaire à la trilatération

puisqu'elle s'appuie aussi sur des émetteurs de référence. La position du récepteur est calculée à partir des angles d'incidence en provenance de chaque émetteur.

Ces techniques de base exploitent des mesures récoltées durant l'acquisition du signal en présence d'un récepteur dont nous cherchons à estimer la position. La première mesure est le temps de propagation de ce signal de différents émetteurs. En effet, si l'instant d'émission est connu, en regardant à quel instant le signal est capté et connaissant la vitesse de propagation, on peut calculer les distances qui séparent le récepteur de l'émetteur. Lorsque la source de signal et le récepteur sont parfaitement synchronisés, ce procédé s'appelle le temps d'arrivée (TOA : Time Of Arrival). Par contre, lorsqu'il n'y a pas de synchronisation, on parle de la différence des temps d'arrivée (TDOA : Time Difference Of Arrival) et il s'agit alors d'effectuer le calcul sur les TOA estimés.

L'une des mesures utilisées par quelques techniques de localisation, est l'angle d'incidence ou l'angle d'arrivée (AOA : Angle Of Arrival). Si on connait deux angles d'incidence sur un récepteur, on peut alors effectuer une triangulation puis estimer la position de ce récepteur.

Une autre mesure utilisée pour calculer une position avec une trilatération est la puissance du signal reçu (RSS : Received Signal Strength), qui dépend de la puissance d'émission et de la distance. Donc à partir de l'atténuation du signal, on peut obtenir les distances qui séparent le point d'émission au récepteur.

En outre, un paramètre à mesurer afin d'estimer la position est l'identifiant cellulaire. Ce paramètre est le plus utilisée dans le système de localisation GSM.

Dans ce qui suit, nous allons décortiquer ces méthodes ainsi que les mesures nécessaires à la localisation.

II.3.1 La trilatération

La trilatération est une méthode permettant de déterminer une position relative de la source (objet à localiser) en utilisant la géométrie des triangles. Le procédé repose sur la distance de la source à localiser par rapport à un ensemble de capteurs (récepteur/émetteur) dont les positions sont connues. Trois points de référence (capteurs) sont nécessaires pour déterminer une position en 2-D.

Soient (x, y) les coordonnées cartésiennes de la source et (x_i, y_i) les coordonnées du $i^{\text{ème}}$ capteur, $i \in \{1, ..., N\}$ où N est le nombre de capteurs. La position en 2-D de cette source est donnée par le point d'intersection de tous les cercles de centres (x_i, y_i) et de rayons d_i comme indiqué dans la figure II.1.

Plus précisément, cette position peut être déterminée par la résolution du système d'équations suivant [7] :

$$\begin{cases} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 = d_1^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 = d_2^2 \\ (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 = d_3^2 \end{cases} \tag{II.1}$$

Dans le cas où le premier capteur est pris comme origine du repère, les coordonnées de la source sont données alors par :

$$\begin{cases} x = \frac{x_2^2 + d_1^2 - d_2^2}{2x_2} \\ y = \frac{x_3^2 + y_3^2 - d_3^2 - 2xx_3}{2y_3} \end{cases} \tag{II.2}$$

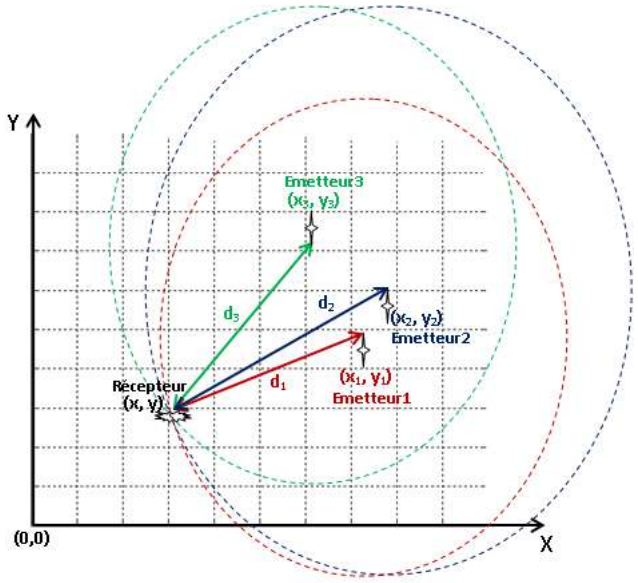


Figure *II.1* — Localisation par trilatération en 2-D

II.3.2 La triangulation

Cette méthode permet de déterminer la position de la source par la mesure de deux angles d'un triangle et de l'un des côtés de ce triangle comme indiqué dans la figure II.2. En utilisant les propriétés géométriques du triangle, nous obtenons [8]

$$\begin{cases} d^2 = d_1^2 + d_2^2 - 2d_1 d_2 \cos(\theta) \\ x = x_1 + d_1 \cos(\alpha_1) \\ y = y_1 + d_1 \sin(\alpha_1) \end{cases} \tag{II.3}$$

Après quelques développements mathématiques, les coordonnées de la source sont données par :

$$\begin{cases} x = \frac{\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)+\tan(\alpha_2)} d_{12} \\ y = \frac{\tan(\alpha_1)\tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_1)+\tan(\alpha_2)} d_{12} \end{cases} \tag{II.4}$$

L'avantage de cette méthode, contrairement à la trilatération, est qu'elle ne nécessite que deux capteurs pour une localisation en 2-D.

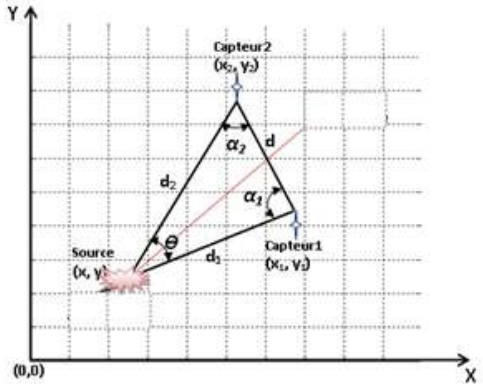


FIGURE *II.2* — Localisation par triangulation en 2-D

II.3.3 La multilatération

La multilatération est un procédé basé sur l'intersection des hyperboles dont les équations sont obtenues à partir de TDOA. L'utilisation de N capteurs permet d'obtenir les équations de $N-1$ hyperboles, la position à déterminer est donnée par le point d'intersection de ces hyperboles[9]. Cette méthode est illustrée dans la figure II.3 :

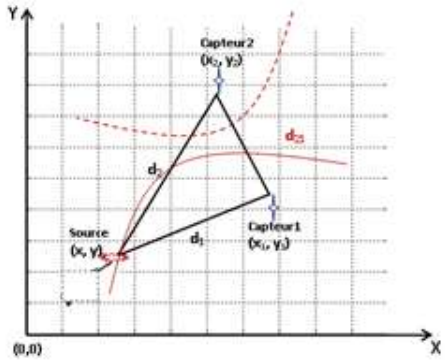


FIGURE *II.3* — Localisation par multilatération en 2-D

Le système d'équations pour une configuration avec trois capteurs est basé sur les différences

entre les retards mesurés au niveau du chaque capteur, qui sont exprimés en 3-D par :

$$\begin{cases} \tau_1 = \frac{1}{v}\sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} \\ \tau_2 = \frac{1}{v}\sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2} \\ \tau_3 = \frac{1}{v}\sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2} \end{cases} \tag{II.5}$$

Pour chaque paire de capteurs (i, j), connaissant la distance D_{ij} qui les sépare, la TDOA appartient à une hyperbole dont l'équation est donnée par :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \tag{II.6}$$

Où $a = \frac{d_i - d_j}{2\pi}$ et $b = \sqrt{D_{ij}^2 - a^2}$, avec d_i la distance entre le $i^{\text{ème}}$ capteur et la source. L'intersection des hyperboles résultant des différents couples de capteurs conduit à l'estimation de la position de la source.

II.4 Les mesures nécessaires à la localisation

Les algorithmes de localisation permettent, à partir d'un ensemble de paramètres (mesures), de déterminer la position d'un objet d'intérêt à l'aide de la résolution de systèmes d'équations (linéaires ou non linéaires) qui relient les paramètres des signaux reçus aux coordonnées des antennes et de l'objet d'intérêt.

Dans ce qui suit, nous mettons l'accent sur les mesures utilisées par les méthodes de la localisation citées précédemment et exploitées dans certains systèmes de localisation.

II.4.1 Mesure de puissance du signal reçu

La distance entre l'objet d'intérêt et l'antenne peut être évaluée à partir de la puissance du signal reçu (Received Signal Strength : RSS) associée à un modèle de propagation dans l'environnement. Cette technique dépend du milieu dans lequel le signal se propage, la validité du modèle de propagation joue alors un rôle très important dans la précision de la localisation.

Les puissances sont mesurées au niveau d'au moins trois capteurs pour déterminer les coordonnées de l'objet d'intérêt en 2-D, la position de chaque capteur représente le centre d'un cercle de rayon égal à la distance estimée. La zone possible pour la localisation de la source est déduite par exemple par trilatération.

Une autre méthode basée sur les puissances reçues est appelée méthode des signatures. C'est notamment le cas de la technique de cartographie radio (ou techniques des empreintes dans un réseau de capteurs). Cette technique consiste à identifier la signature du signal reçu parmi ceux stockés dans une banque de données. Le procédé comporte deux étapes [10] :

- La première, dénommée phase hors ligne, est dédiée à la création d'une base de données avec les caractéristiques mesurées pour chaque capteur du réseau à un ensemble de positions possibles et représentatives de la source.
- La deuxième phase, appelée phase en ligne, consiste à trouver, à partir des caractéristiques mesurées de la source (mesure de puissance), un correspondant dans la base de données à l'aide d'une méthode de localisation.

II.4.2 Mesure des angles d'arrivée

Cette technique est basée sur l'exploitation des angles d'incidences ou d'arrivées (Angle Of Arrival : AOA) de l'onde émise par la source au niveau d'au moins deux capteurs. Il est défini par l'angle entre la direction de propagation de l'onde et la normale au réseau d'antennes constituant un capteur (point de réception) [11]. Comme on peut le constater sur la figure II.4 :

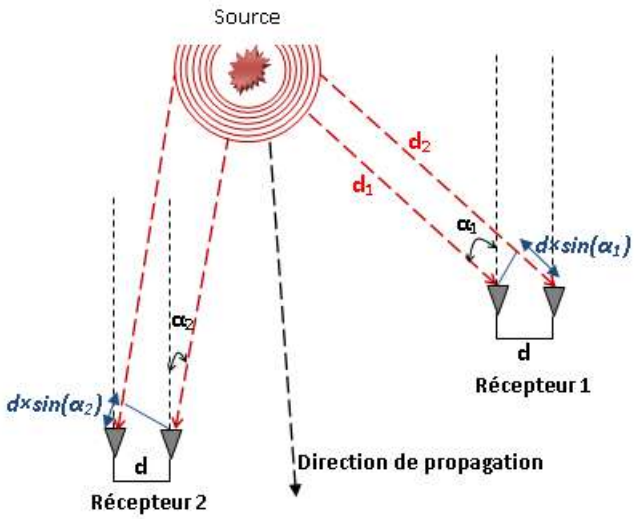


FIGURE *II.4* — Incidence d'une onde plane sur deux récepteurs composés d'un réseau d'antennes.

Cette technique nécessite deux récepteurs au minimum pour une localisation en 2-D, mais pour plus de précision d'autres points de réception peuvent être utilisés. Pour le calcul de l'angle d'arrivée des signaux, chaque récepteur doit être équipé d'un réseau d'antennes utilisé conjointement avec des méthodes à haute résolution. Les angles α_1 et α_2 représentent les AOA d'un signal émis par une source vers les récepteurs 1 et 2, la position de la source peut être déterminée par triangulation.

L'inconvénient majeur de cette technique est lié à la nécessité de disposer de réseaux

d'antennes qui augmentent la taille des équipements utilisés et qui impliquent des coûts supplémentaires. De plus, dans le cas réel en présence des signaux de réflexions, l'estimation des angles d'arrivée est affectée par des erreurs pouvant être d'un ordre important.

II.4.3 Mesure du temps d'arrivée (TOA) et de la différence des temps d'arrivée (TDOA)

Cette technique consiste à mesurer le temps que met une onde pour aller de la source à un capteur du réseau. Pour cela le temps de début de la transmission doit être précisément connu et tous les capteurs doivent avoir une horloge temporelle commune (ils doivent être synchronisés).

En connaissant la vitesse de propagation des ondes, les distances de l'objet d'intérêt aux antennes sont déduites à partir du TOA estimés et elles s'expriment par [12] :

$$d_i = (t_i - t_0)v = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \tag{II.7}$$

Où t_i est l'instant d'arrivée de l'onde associée au $i^{\text{ème}}$ capteur, t_0 représente l'instant d'émission du signal par l'objet d'intérêt, (x_i, y_i) sont les coordonnées du $i^{\text{ème}}$ capteur et (x, y) sont les coordonnées géographiques de l'objet d'intérêt.

Dans des scénarios où des signaux de réflexions se présentent, la précision est dégradée comme dans le cas de la mesure d'angle d'arrivée (II.4.2). Dans ce cas, La position de l'objet d'intérêt est estimée par la méthode de trilatération expliquée précédemment.

Il est possible de considérer un autre système d'équations, dit hyperbolique, basé sur les différences de temps d'arrivée $t_{ij} = t_i - t_j$ (Time Difference Of Arrival : TDOA) qui présente l'avantage de s'affranchir des erreurs de synchronisation. Cette technique ne nécessite pas une synchronisation entre les antennes et l'objet d'intérêt, mais uniquement entre les antennes. Le système d'équations est alors donné par :

$$\begin{cases} d_{ij} = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2} \\ d_{ij} = v(t_i - t_j) \end{cases} \tag{II.8}$$

Géométriquement, à chacune de ces équations, on peut associer une hyperbole dont les foyers sont les deux capteurs considérés. C'est pourquoi, deux mesures de TDOA (correspondant à trois mesures de TOA) permettent de déterminer la position de l'objet d'intérêt comme l'intersection de deux hyperboles.

Cependant, les temps d'arrivée étant souvent entachés d'erreurs (erreurs de mesure, d'estimation, ou encore présence de signaux de réflexions), il est préférable de disposer de plus de trois mesures de TOA ou également de plus de deux mesures de TDOA. En effet, cela permet, généralement d'améliorer la précision de la localisation, en atténuant l'effet de certaines mesures erronées.

II.4.4 Cell ID (identifiant de cellule)

Cell ID est la méthode de localisation GSM la plus utilisée. Cette méthode consiste à récupérer les identifiants des antennes GSM auxquelles le terminal est connecté. Par la suite, grâce à une base de données faisant le lien entre les identifiants des cellules et les positions géographiques des antennes, le terminal est capable de déterminer sa position et d'émettre une estimation [13].

Ces bases de données peuvent être mises à disposition par les opérateurs pour leurs abonnés, ou par des sociétés privées qui recensent les antennes GSM ou ayant des partenariats avec les opérateurs. Des bases de données communautaires existent et sont le plus souvent alimentées par les utilisateurs eux-mêmes [14].

Étant donné que les bases de données Cell ID ne sont pas stockées localement dans le terminal, une connexion internet de type GPRS/EDGE ou 3G peut être nécessaire afin d'émettre une requête pour obtenir la correspondance Cell ID / longitude latitude.

II.4.5 Synthèse des mesures nécessaires à la localisation

Ci-après, nous résumons dans un tableau les principales techniques de localisation associées aux mesures décrites précédemment :

Techniques de localisation	Avantages	Inconvénients
Technique basée sur les RSS	- Coût d'implantation peu élevé. - Algorithme de positionnement simple.	- Nécessité d'avoir le signal direct. - Mauvaise performance en cas de présence des réflexions.
Technique basée sur les AOA	- Nécessite moins de capteurs. - Algorithme de positionnement simple.	- Nécessité d'avoir le signal direct. - Coût d'implantation élevé. - Mauvaise Performance en cas de présence des réflexions.
Technique basée sur les TOA	- Paramètres généralement bien estimés. - Algorithme de positionnement simple. - Précision plus élevée.	- Synchronisation d'horloge nécessaire entre la source et les capteurs. - Nécessité d'avoir le signal direct. - Nécessité d'une résolution temporelle élevée à la réception.
Technique basée sur les TDOA	- Paramètres généralement bien estimés. - Algorithme de positionnement simple. - Pas besoin de synchronisation d'horloge entre la source et les capteurs.	- Nécessité d'avoir le signal direct. - Synchronisation d'horloge nécessaire. - Nécessité d'une résolution temporelle élevée à la réception entre les capteurs.
Technique basée sur la signature	- Implantation facile - Prise en compte du profil de propagation de signaux de réflexion. - Précision généralement plus élevée en milieu stable.	- Ne peut être utilisée que dans un espace limité. - Performance mauvaise en cas de présence des réflexions. - Les signatures ne sont pas toujours uniques et répétitives.

TABLE *II.1* — Résumé des principales techniques de localisation.

II.5 Géolocalisation hybrides

Aucune technique n'est parfaite. Chacune a ses propres faiblesses, généralement liées à leur dépendance à un certain réseau. Ainsi, la géolocalisation par GPS est impossible à utiliser à l'intérieur et elle nécessite un temps de repense à l'allumage. La géolocalisation par GSM a une couverture géographique limitée. Enfin, la géolocalisation par WiFi souffre, quant à elle, d'une dépendance à la présence de bornes d'accès WiFi, plus complexe en milieu rural [15].

Il existe certains dispositifs qui combinent ces trois techniques pour limiter leurs faiblesses. Ce type de dispositif peut permettre, par exemple, de géolocaliser un individu à l'extérieur en utilisant le GPS et de garder sa trace à l'intérieur grâce aux techniques GSM et WiFi.(Voir figure II.5).



FIGURE *II.5* — Combinaison des techniques de géolocalisation [16]

II.5.1 Géolocalisation GPS-GSM

Certains constructeurs d'automobiles ont intégré un récepteur GPS à certains véhicules interfacé avec un écran LCD (Liquid-Crystal Display) qui vous propose une carte géographique interactive et la position de votre véhicule en temps réel. Cependant, la localisation d'un véhicule nécessite en plus du récepteur GPS, un émetteur qui permet d'envoyer la position en temps réel à une station réceptrice [6]. Le réseau cellulaire ou GSM peut constituer une solution convenable, car il permet un accès au réseau sans avoir à manipuler ou à intervenir sur des équipements radio sensibles ayant des fonctionnalités bien définies.

II.5.2 Exemples de quelques services et solutions de localisation

Le tableau II.2 montre un ensemble de services et solutions de localisation à titre indicatif. Certains sont basés uniquement sur la technologie Cell-ID et d'autres sont basés sur le GPS seulement. Il existe des solutions hybrides basées sur le réseau GSM et le système GPS.

Système	**Technologie**	**Description**
GEO 3000 [17]	Cell-ID	Le service permet de localiser un porteur de téléphone portable partout en France.
Tom Tom webfleet logbook [18]	GPS	Une application de géolocalisation sur smartphone permettant de garder le tracé des trajets parcourus et de simplifier la gestion des Kilomètres professionnels.
GPS Track [19]	GSM-GPS	C'est un système qui permet de suivre en temps réel la position des boitiers GPS, d'accéder à l'historique de localisation et de recevoir des rapports de trajets.

TABLE *II.2* — Exemples de quelques services et solutions de localisation

II.6 Conclusion

Dans de ce chapitre, nous avons présenté les principaux systèmes et les différentes techniques de localisation, pouvant être utilisé de manière combinés (hybrides) afin d'obtenir une meilleure précision.

Nous avons étudié les deux moyens (le GPS et le GSM) de positionnement les plus utilisés actuellement. Le premier possède une bonne qualité des résultats et son usage est bien répondu dans les systèmes embarqués. Le second présente l'avantage de se baser sur des informations déjà stockées dans les réseaux cellulaires existants.

Ainsi, nous avons réservé une grande partie de ce chapitre pour détailler les mesures nécessaires à la localisation. Ensuite, nous avons terminé cette partie par une comparaison entre ces mesures.

Enfin, nous avons fini notre chapitre par un tableau illustrant des exemples de quelques techniques de localisation et offres associées déployées à grande échelle à travers le monde.

L'approche de localisation adoptée dans notre travail sera entamée dans le chapitre qui suit.

Chapitre III

APPROCHE ADOPTÉE

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'approche adoptée, dans notre travail, pour la localisation des objets mobiles par l'exploitation du réseau de communication GSM en utilisant la méthode de géopositionnement par le système satellitaire GPS.

Nous allons également nous intéresser aux différents modules constituants notre solution. Ensuite, nous présenterons en détaille les principales composantes de chaque module assurant toutes les fonctionnalités requises de l'approche élaborée. Ainsi nous définirons des notions de base relatives aux moyens de transmission des données.

Dans notre travail, nous choisissons les équipements dotés d'une plateforme Android et des modules GPS et GSM comme étant des cibles d'intérêt de la localisation.

III.2 Fonctionnalités de la solution proposée

Ce projet vise en premier lieu l'implémentation d'une solution permettant la localisation, le suivi et le contrôle des cibles Coopératives en mouvement (véhicule, personne,...etc.) par l'utilisation du réseau de communication GSM. En second lieu, la visualisation sur une carte géographique des positions estimées ainsi que les trajets parcourus. A ce titre, cette solution offre les fonctionnalités suivantes :

- L'acquisition des données spatio-temporelles des cibles en mouvements (coordonnées GPS, date et heure) ;
- L'acquisition des données relatives à l'état des cibles mobiles (niveau de la batterie, force du signal GSM) ;
- Le cryptage/décryptage des données transmises ;
- La transmission des données vers une station fixe de contrôle.
- Le stockage des données ;
- La visualisation sur une carte géographique.

III.3 Description de l'approche adoptée

L'approche adoptée dans ce travail relative à la localisation des cibles mobiles (Smartphones) en utilisant le réseau de communication GSM se compose de deux principales parties (stations) à savoir :

- Partie mobile : représente les objets mobiles à localiser.
- Partie fixe : représente la station de contrôle.

L'approche adoptée est une solution hybride entre deux systèmes de localisation satellitaire et cellulaire ; elle est basée sur l'exploitation du :

- Système GPS : pour l'acquisition des données nécessaires à la localisation des cibles mobiles ;
- Réseau GSM : pour la transmission des données acquises à la station de contrôle afin de les visualiser.

Par conséquent, les limites de la solution proposée dépendent de :

- La couverture du réseau de communication GSM utilisé.
- La disponibilité et la qualité du signal GPS.

Un aperçu global de la solution proposée est illustré sur la Figure III.1.

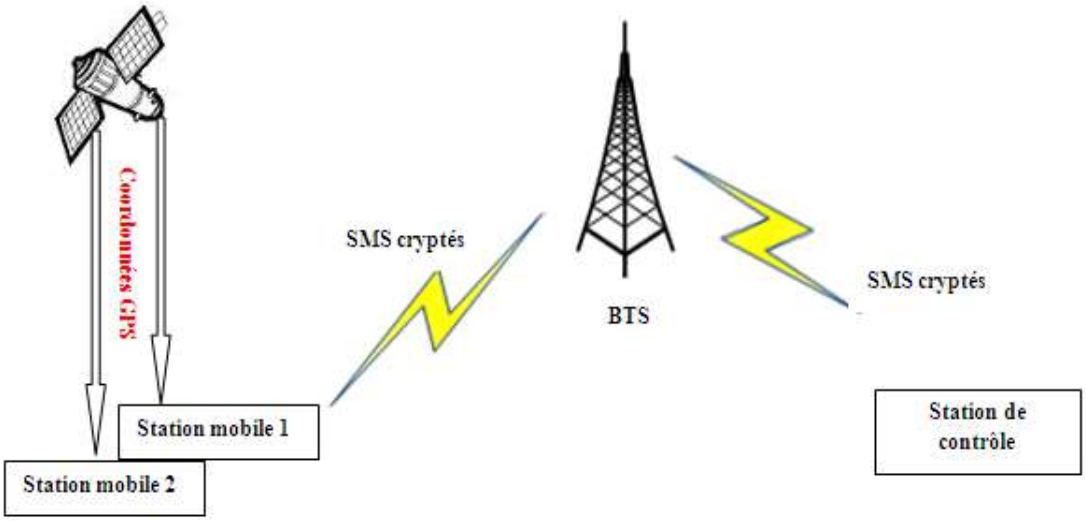


FIGURE *III.1* — Aperçu global de la solution proposée

III.3.1 La station mobile

Elle représente le dispositif à intégrer sur l'objet mobile (personne, véhicule...etc.). Elle se compose d'un récepteur GPS, une unité de traitement et un modem GSM, comme le montre la Figure III.2.

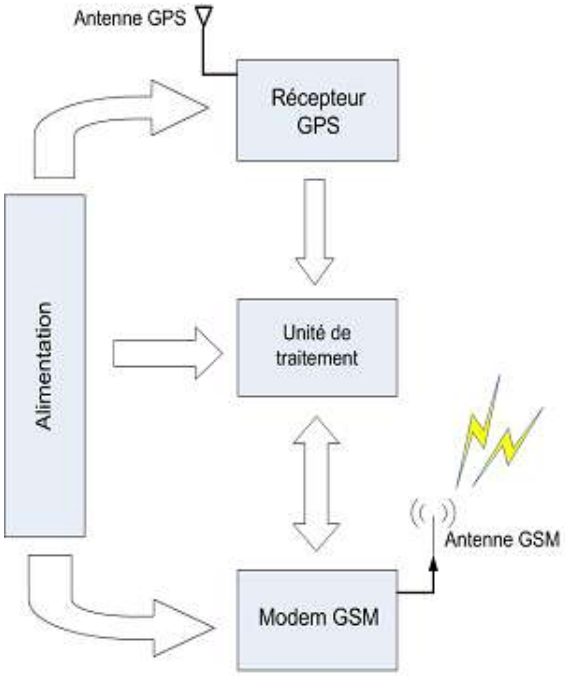


FIGURE *III.2* — La station mobile

III.3.1.1 L'antenne GPS

L'antenne GPS reçoit les signaux transmis par les satellites. Il assure les tâches suivantes :

- La réception des trames GPS (selon le standard NMEA : National Marine and Electronics Association).
- L'interprétation des signaux reçus pour calculer la position du récepteur (latitude, longitude et altitude,...etc).

Les trames NMEA sont définies comme étant le protocole standard de transmission des données entre les différents équipements liés au système GPS. Dans ce standard, toutes les données sont transmises par paquet sous la forme des caractères ASCII. Chaque trame GPS débute par le caractère $, suivi par deux lettres pour l'identifiant du récepteur. A titre d'exemple, nous citons :

- GP : Pour le système GPS.
- LC : Le récepteur Loran-C.
- OM : Le récepteur de navigation OMéga (OMéga navigation receiver).
- II : Instrumentation Intégrée (Integrated Instrumentation).

Puis un groupe de trois lettres pour l'identifiant de la trame :

- GGA : pour la position GPS et la Date.
- GLL : pour la position géographique (longitude, latitude).

- GSA : pour les satellites actifs.
- GSV : pour les satellites visibles.
- VTG : pour la vitesse de déplacement (en Km/h).
- RMC : pour les données minimales exploitables spécifiques.

Ensuite, un certain nombre de champs séparés par une ”virgule”. Dans notre cas, nous nous intéressons au contenu de la trame GPRMC dont un exemple est illustré dans le tableau III.1 Des exemples sur les autres types de trames GPS sont illustrés dans l'ANNEXE A.

GPRMC,053740.000,A,2503.6319,N,12136.0099,E,2.69,79.65,100106,,,A*53	
GPRMC	type de trame
053740.000	heure UTC exprimée en hh mmss.sss : 5h 37m 40s
A	état A=données valides, V=données invalides
2503.6319	Latitude exprimée en ddmm.mmmm : 25°03.6319' = 25°03'37,914”
N	indicateur de latitude N=nord, S=sud
12136.0099	Longitude exprimée en dddmm.mmmm : 121°36.0099' = 121°36'00,594”
E	indicateur de longitude E=est, W=ouest
2.69	vitesse sur le fond en nœuds (2,69 kn = 3,10 mph = 4,98 km/h)
79.65	route sur le fond en degrés
100106	date exprimée en jjmmaa : 10 janvier 2006
,	déclinaison magnétique en degrés (souvent vide pour un GPS)
,	sens de la déclinaison E=est, W=ouest (souvent vide pour un GPS)
A	mode de positionnement A=autonome, D=DGPS, E=DR
*53	somme de contrôle de parité au format hexadécimal

TABLE *III.1* — Exemple d'une trame GPRMC

III.3.1.2 L'unité de traitement

L'unité de traitement assure l'exécution des tâches suivantes :

- La lecture de la trame GPS reçue ;
- Le transfert des données (Latitude, Longitude, date et heure du Fix) au modem GSM ;
- Le cryptage des données reçues ;
- La transmission des données (Latitude, Longitude, date et heure du Fix) via le réseau GSM sous forme d'un SMS ;
- La lecture et l'exploitation des messages de contrôle provenant de la station de contrôle,

tel que le changement du pas de l'envoie des SMS.

Le pas de l'envoie des SMS est estimé par le superviseur, dont l'objectif d'étendre la durée de vie la batterie de la station mobile d'une part. D'autre part, il permet d'optimiser la fréquence d'envoi des messages SMS dans le cas où la cible n'effectue pas un changement significatif de la position.

Le pas d'échange des SMS : Le calcul de la distance entre deux positions s'effectue en utilisant la méthode de Haversine pour deux points sur une sphère (de rayon R) avec les latitudes et les longitudes $\Phi 1$ et $\Phi 1$, $\lambda 1$ et $\lambda 2$ successivement. La séparation de latitude et de longitude est formulé comme suit : $\Delta\Phi = \Phi 1 - \Phi 2$
$\Delta\lambda = \lambda 1 - \lambda 2$ où les angles sont en radians. la distance d entre les deux points est donnée par l'équation :

$$a = sin^2(\Delta\Phi/2) + \cos\Phi 1 \cdot \cos\Phi 2 \cdot sin^2(\Delta\lambda/2) \tag{III.1}$$

$$c = 2\arctan 2(\sqrt{a},\ \sqrt{1-a}) \tag{III.2}$$

$$d = R \cdot c \tag{III.3}$$

Tel que :

— c : C'est la distance angulaire en radians ;

— R : Rayon de la terre.

III.3.1.3 Le modem GSM

Le modem GSM est un équipement permettant la connexion de la station mobile au réseau GSM pour la transmission et la réception des données.

III.3.1.4 Les commandes AT

Les commandes AT sont définies dans la norme GSM 07.05. AT est l'abréviation d'ATtention. Chaque ligne d'instruction commence par «AT» et se termine par un retour chariot. Les commandes AT permettent la gestion complète des modems GSM/GPRS et les téléphones mobiles, à titre d'exemple :

- La lecture, l'écriture et la suppression des SMS ;
- L'envoi des SMS ;

- Contrôler la force du signal ;
- Contrôler le niveau de charge de la batterie ;
- La lecture, l'écriture et la recherche des entrées du répertoire téléphonique.

Dans la pratique, on retrouve les termes ME pour "Mobile Equipement" qui correspond par exemple à un téléphone portable, TE pour "Terminal Equipement" qui peut être un ordinateur ou un microcontrôleur et TA pour "Terminal Adaptator" qui assure la liaison entre le ME et le TE.

Dans le cas le plus fréquent, TA et ME forment une seule entité et TE forme une entité à part (Figure III.3).

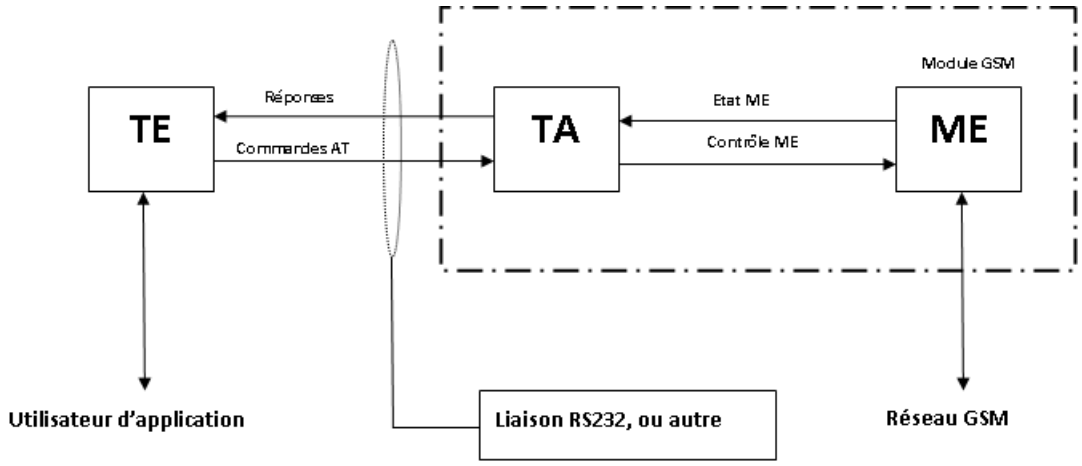


FIGURE *III.3* — Communication d'un TE avec le modem GSM à travers les commandes AT

Il existe trois manières d'envoyer une même commande AT comme illustré dans le tableau III.2

Commande de test	AT+CXXX= ?	Retourne la liste des paramètres utilisables avec la commande CXXX.
Commande de lecture	AT+CXXX ?	Retourne le ou les paramètres en cours associés à la commande CXXX.
Commande d'écriture	AT+CXXX=< *xxx* >	Applique le ou les paramètres < *xxx* > à la commande CXXX.

TABLE *III.2* — Manières d'envoyer une commande AT

Un exemple de quelques commandes AT est montré dans le Tableau III.3.

Commande	Fonction
AT+CSCA	Récupérer l'adresse du SMSC
AT+CMGS	Envoi d'un SMS
AT+CMGR	Lecture d'un SMS
AT+CMGL	Liste des SMS
AT+CMGW	Ecriture d'un SMS
AT+CMGD	Suppression d'un SMS
AT+CMGF	Sélection du format du SMS (PDU ou TEXT)
AT+CPMS	Sélection de la zone mémoire pour le stockage des SMS
AT+CGMI	Identification fabricant
AT+CGMM	Identification modèle
AT+CSQ	Qualité du signal

TABLE *III.3* — Quelques commandes AT

Il existe plusieurs types de modems GSM selon le mode de connexion :

- Modem GSM sous forme d'une carte PCMCIA de l'ordinateur ;
- Modem interne intégré au téléphone ;
- Modem externe pouvant se connecter à un ordinateur via un câble série ou un lien Bluetooth.

Le modem utilisé dans notre travail est de type HUAWEI E173, ces caractéristiques sont décrites dans l'ANNEXE A.

III.3.1.5 L'alimentation

La station mobile nécessite une alimentation pour son fonctionnement. Ceci peut se faire avec l'intégration d'une batterie adéquate pour l'ensemble de la station. La gestion de la consommation de l'énergie du système est très importante car cela influe considérablement sur la durée de fonctionnement de la station mobile dans le cas d'absence d'une source d'alimentation supplémentaire.

III.3.2 La station de contrôle

La station de contrôle permet le contrôle, la gestion et la visualisation de l'emplacement des stations mobiles sur une carte. Elle se compose de :

- Un modem GSM/GPRS ;
- Un dispositif de contrôle.

La Figure III.4 montre la composition de la station de contrôle.



FIGURE *III.4* — La station de contrôle

III.3.2.1 Le modem GSM

Le modem GSM permet la réception des données envoyées par la station mobile ainsi que la transmission des messages relatifs au changement de la fréquence d'envoi des SMS.

III.3.2.2 Le dispositif de contrôle

Le dispositif de contrôle peut être un ordinateur portable permettant l'exploitation des messages reçus afin de visualiser les positions de la station mobile sur une carte en utilisant un outil de visualisation approprié. Ce dispositif de contrôle assure les fonctionnalités suivantes :

- Identification de la source du message reçu. Ceci permet d'éliminer les sources non autorisées à communiquer avec la station de contrôle ;
- Déchiffrement des messages reçus de la station mobile ;
- Extraction des données nécessaires à l'affichage de la position de l'objet mobile sur une carte à chaque pas de SMS ;
- Stockage des données extraites pour chaque objet mobile pour permettre l'établissement d'analyses sur les différents déplacements effectués ;
- Changement des paramètres de configuration selon la demande de l'administrateur.

Après avoir présenté les différentes composantes des stations mobiles et de contrôle qui se communiquent entre elles en utilisant le service SMS du réseau GSM, il s'avère nécessaire d'explorer le fonctionnement de ce service dans la section suivante.

III.3.3 Moyen de transmission de l'information

L'approche adoptée suppose l'existence d'une communication sans fil entre les deux entités (la station mobile et la station de contrôle) pour assurer un échange permanent de données.

Dans ce cas, le réseau de communication utilisé est le GSM dont le service SMS est mis en œuvre pour l'envoie et la réception des messages.

III.3.3.1 Le service SMS

Le service des messages courts offert par le réseau GSM (SMS, pour Short Messages Service) permet à un utilisateur de composer un message textuel d'au plus 160 caractères (codés à l'aide d'ASCII 7 bits sur 140 octets) à partir de son terminal mobile et de l'envoyer à un destinataire possédant également un téléphone mobile GSM. Les messages SMS émis et reçus sont véhiculés par le réseau de signalisation sémaphore n°7 (SS7). Ils sont transmis directement au terminal destinataire du message dans le cas ou il est connecté au réseau et ce dernier n'est pas en état de saturation, soient stockés dans un serveur réservé aux messages courts appelé centre SMS (SMSC : SMS center). Les messages courts ne circulent pas dans les mêmes canaux logiques que la voix ou les données, il est ainsi possible à un utilisateur en communication téléphonique de recevoir simultanément des SMS [20].

III.3.3.2 Le SMSC (SMS Center)

Le centre des SMS est chargé du stockage des messages SMS, de la gestion et du transfert des SMS aux utilisateurs du réseau GSM ainsi que le traitement des dates de validité des messages. Dans le cas ou un abonné envoie un SMS vers un autre, le téléphone transmet en réalité le SMS vers le SMSC et ce dernier stocke ce message puis effectue sa transmission au destinataire lorsqu'il est connecté au réseau. Ce processus s'exécute de façon automatique sans aucune influence aux utilisateurs du réseau GSM [21].

Service SMS point à point : L'architecture de base du service SMS est démontrée en Figure III.5 avec toutes ces composantes [22].

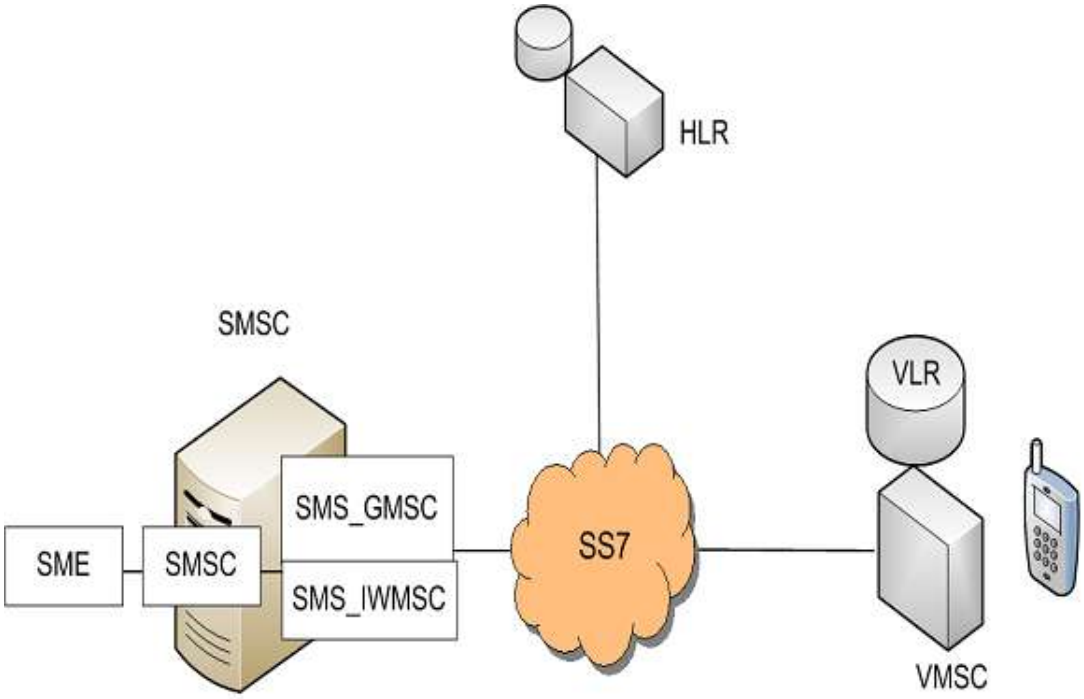


FIGURE *III.5* — Architecture de base du service SMS

- **SMS-GSMC** est une fonction capable de recevoir un message court d'une entité SMSC et d'interroger le HLR afin de déterminer la localisation de la station mobile destinataire. De plus, elle est chargée de délivrer le message SMS au MSC auquel est rattaché le mobile destinataire. Ce MSC de rattachement est aussi appelé VMSC (Visited MSC).
- **SMS-IWMSC** est une fonction chargée de recevoir un message SMS d'un MSC et de le soumettre à un SMSC ;
- **SMSC** est une fonction chargée de l'opération de stockage et de transfert d'un message SMS ;
- **SME** est une entité extérieure au réseau GSM pouvant émettre/ recevoir des messages courts. Il s'agit d'un serveur spécialisé ou d'un micro-ordinateur.

La procédure de transfert SMS point à point, est similaire à celles relatives à l'établissement des appels téléphoniques. L'opération de transfert des messages est prise en charge par le réseau SS7. Le service de messages SMS est constitué de deux principaux services : illustrés en Figure III.6

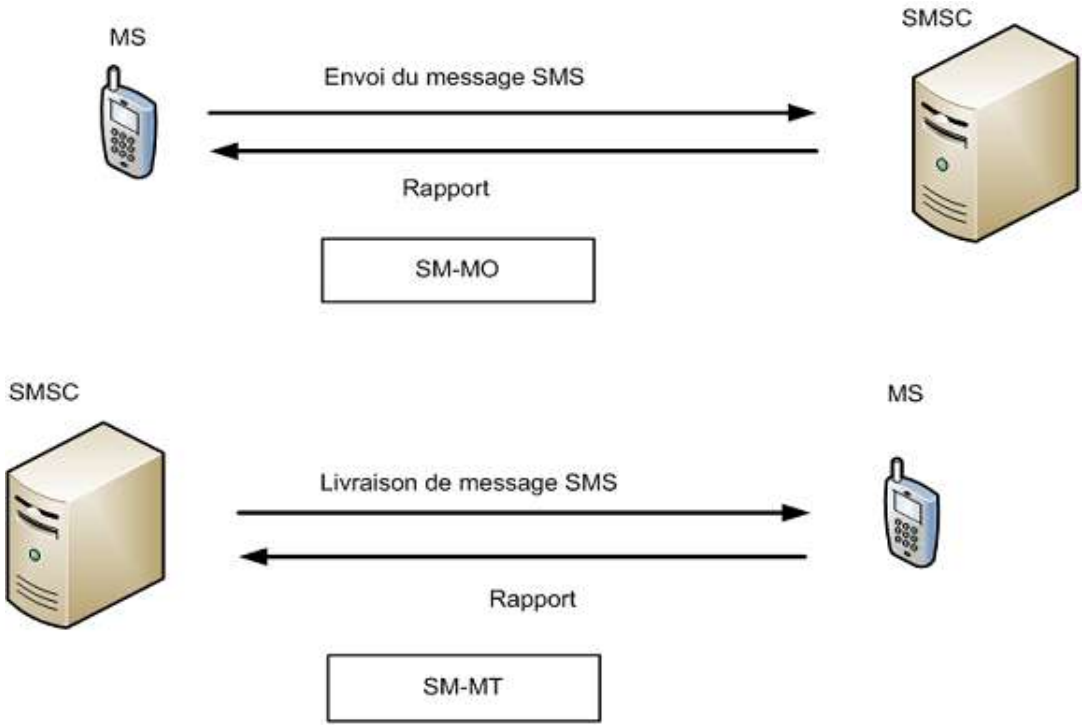


FIGURE *III.6* — Le service de messages SMS

- **SM-MO** (Short Message - Mobile Originated Point to Point) est chargé de transférer le message soumis par la station mobile à une autre station via le SMSC et de fournir un rapport de livraison indiquant la délivrance ou toute erreur pouvant être survenue.
- **SM-MT** (Short Message - Mobile Terminated Point to Point) est chargé de transférer le message soumis par le SMSC à une station mobile et de fournir un rapport de délivrance.

La transmission d'un message SMS d'un mobile à un autre est conditionnée par l'indication du numéro du destinataire mobile ainsi que l'adresse du serveur SMSC. En pratique, l'adresse de l'objet mobile représente son numéro de téléphone alors que l'adresse du SMSC est définie par l'opérateur de téléphonie mobile.

Exemple : Les adresses SMSC des opérateurs de téléphonie mobile en Algérie sont :

- +213 661 000 750 : Opérateur Mobilis ;
- +213 770 048 571 : Opérateur Djezzy ;
- +213 550 001 701 : Opérateur Nedjma.

Service SM-MO : Le processus de cheminement et l'ordonnancement logique des messages courts émis par la station mobile vers le SMSC sont le suivant : MS-MSC-IWMSC-SMSC comme le montre le diagramme de la Figure III.7. Les étapes du service SM-MO sont les suivantes [20] :

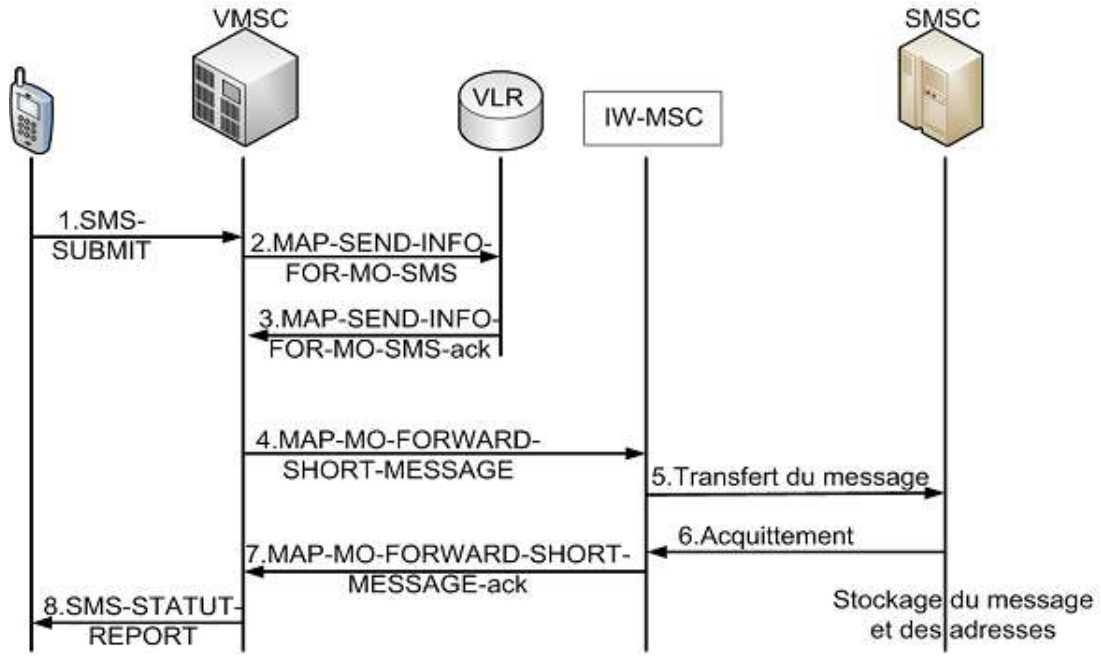


FIGURE *III.7* — Le processus de cheminement logique du service SM-MO

1. Le mobile soumet le message SMS à son MSC/VLR de rattachement (VMSC/VLR) à travers la demande SMS-SUBMIT.
2. Le MSC émet une requête (MAP-SEND-INFO-FOR-MO-SMS) à son VLR pour lui demander le numéro du mobile (MSISDN, Mobile Station Integrated Services Digital Network Number) pour vérifier qu'aucune restriction n'est imposée à ce terminal. Cette étape est nécessaire pour vérifier si l'utilisateur est autorisé pour accéder au service SMS du réseau :
3. Le VLR répond à la requête précédente (MAP-SEND-INFO-FOR-MO-SMS-ack). Cette réponse contient l'information sur le droit attribué à l'utilisateur (le droit d'accès au service SMS) ;
4. Si la réponse est positive, le MSC soumet le message (MAP-MO-FORWARD-SHORTMESSAGE) à la fonction SMS-IWMSC à travers le réseau SS7. Ce message comporte : l'adresse du SMSC, les numéros MSISDN de l'émetteur et du destinataire ainsi que le message SMS ;
5. La fonction SMS-IWMSC transfère le message SMS au SMSC. Le SMSC sauvegarde le message SMS avec les adresses dans sa mémoire (numéros de l'émetteur et du destinataire) ;
6. Le SMSC envoie un rapport de délivrance au SMS-IWMSC ;

7. Ce rapport sera inclus dans le message (MAP-MO-FORWARD-SHORT-MESSAGE ack) destiné au MSC (VMSC) ;
8. Finalement, le mobile reçoit une confirmation de délivrance du message (SMS-STATUTREPORT).

Toutes les étapes du processus de cheminement logique du service SM-MO se déroulent de façon transparente pour les utilisateurs de la téléphonie mobile et la durée de délivrance du SMS dépend de l'état du réseau ainsi que du destinataire.

Service SM-MT (Short Message Mobile Terminated) Le processus de cheminement et l'ordonnancement logique des messages SMS dans le cas du service de base SM-MT est le suivant : SMSC-SMS-GMSC-MSC-MS comme le montre le diagramme de la Figure III.8. Les étapes du service SM-MT sont les suivantes [20].

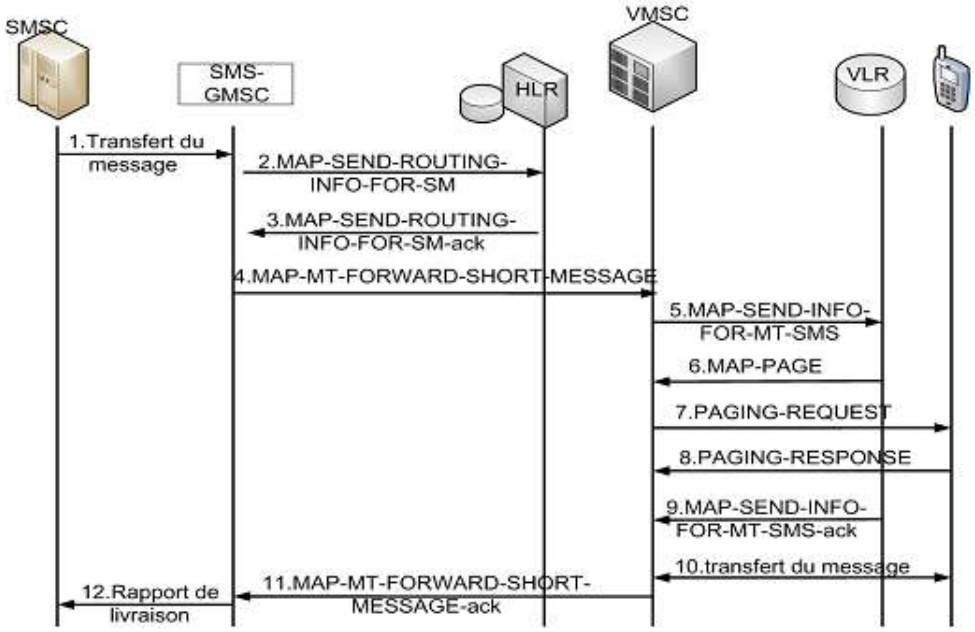


FIGURE *III.8* — Le processus de cheminement logique du service SM-MT

1. La fonction SMS-GMSC reçoit le message SMS du SMSC ;
2. Le SMS-GSMC lance une requête pour demander l'information de routage au HLR (MAPSEND- ROUTING-INFO-FOR-SM) ainsi que le numéro MSISDN du destinataire. Ces informations sont nécessaires pour permettre l'envoie du message SMS au MSC approprié (le MSC auquel est connectée l'objet mobile destinataire du SMS) ;
3. Le HLR exploite le MSISDN du destinataire pour définir le routage nécessaire pour la délivrance du message SMS. L'information de routage (IMSI du destinataire et l'adresse

du MSC de rattachement) sera incluse dans la réponse (MAP-SEND-ROUTING-INFOSM- ack).

4. Le SMS-GMSC transmet le message SMS au MSC dans la requête (MAP-MT-FORWARDSHORT- MESSAGE) ;
5. Le MSC lance la requête (MAP-SEND-INFO-FOR-MT-SMS) à son VLR pour demander les informations du destinataire. Cette requête contient le paramètre IMSI du destinataire.
6. En se basant sur le paramètre IMSI, le VLR retourne dans la requête (MAP-PAGE) la zone où il est possible de trouver le mobile destinataire ;
7. Le MSC lance une recherche sur la zone de présence possible du destinataire (PAGIN-GREQUEST) ;
8. Le mobile destinataire répond positivement à la requête (PAGING-RESPONSE) ;
9. Le VLR envoie une requête (MAP-SEND-INFO-FOR-MT-SMS-ack) au MSC contenant une autorisation pour transférer le message SMS au mobile destinataire ;
10. Le MSC envoie le message SMS au destinataire et reçoit un rapport de confirmation de délivrance (transfert du message) ;
11. Le MSC transmet une requête (MAP-MT-FORWARD-SHORT-MESSAGE-ACK) au SMSGMSC contenant le rapport de délivrance ;
12. La fonction SMS-GMSC transfère la réponse au SMSC.

Si la station mobile destinataire n'est pas connectée, le HLR indique cet état dans la réponse dans l'étape 8. Par ailleurs le HLR introduit le numéro MSISDN du destinataire dans un fichier de données des messages en attente.

Quand la station mobile destinataire est mise sous tension, elle se rattache auprès d'un MSC/VLR visité. Ce dernier informe le HLR correspondant. Si, le numéro MSISDN de la station mobile, qui s'est rattachée, est présent dans le fichier de données des messages en attente, le HLR envoie une notification au SMS-GMSC pour lui demander d'informer le SMSC de la présence du destinataire. Le SMSC relance alors complètement la procédure SM-MT.

Service SMS Cell Broadcast Le service Cell Broadcast (CBS, Cell Broadcast Service) est un service permettant la diffusion d'un certain nombre de messages sans rapport de délivrance à tous les terminaux mobiles dans une région déterminée appelée Cell Broadcast Area (CBA). La taille maximale d'un message CBS est de 82 octets (codés à l'aide d'ASCII 7 bits), ce qui correspond à 93 caractères. Il est également possible de concaténer jusqu'à 15 de ces messages pour former un macro-message [21].

III.3.3.3 Qualité du service SMS

La qualité du service SMS est étroitement liée au rendement du SMSC. En effet, les SMSC peuvent être saturés à cause de la cadence des messages arrivés qui dépasse la capacité du traitement des serveurs. Dans la majorité des cas de surcharge, le délai de traitement augmente avec la charge. De plus, les téléphones retransmettent deux ou plusieurs fois le même message, ceci cause une charge supplémentaire et produit un effet d'avalanche, provoquant le blocage du service [21].

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, une description des différentes composantes de la solution proposée pour la localisation des objets mobiles dans un réseau GSM a été présentée. Cette solution est basée sur :

- Le système GPS pour obtenir les données nécessaires à la localisation.
- Le réseau GSM pour établir la communication entre les cibles mobiles et la station et l'échange des données entre elles (les données relatives à la position et le pas de transfert des SMS).

Elle est composée principalement de deux stations :

- Une station mobile à intégrer dans l'objet mobile.
- Une station de contrôle et de visualisation.

L'implémentation de l'approche adoptée de la localisation mono ou multi-cibles sera développée dans le quatrième chapitre.

Chapitre IV

IMPLÉMENTATION DE L'APPROCHE ADOPTÉE

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons citer les étapes suivies pendant la conception et l'implémentation de l'approche adoptée, nous présenterons en parallèle les différentes modules et fonctions. Ensuite, nous exposerons les outils de développement utilisés softwares et hardwares, ainsi nous décrierons les applications informatiques réalisées et leurs interfaces graphiques.

Nous terminerons par présenter l'extension de l'approche adoptée pour le cas de deux cibles, ainsi d'expliquer le procédé de généralisation (cas de multi-cibles).

IV.2 Implémentation de l'approche proposée

Afin de bien comprendre l'enchainement de présentation de notre approche de localisation implémentée et testée, nous illustrons sur la figure IV.1 un organigramme résumant les deux parties de la solution proposée envisagés.

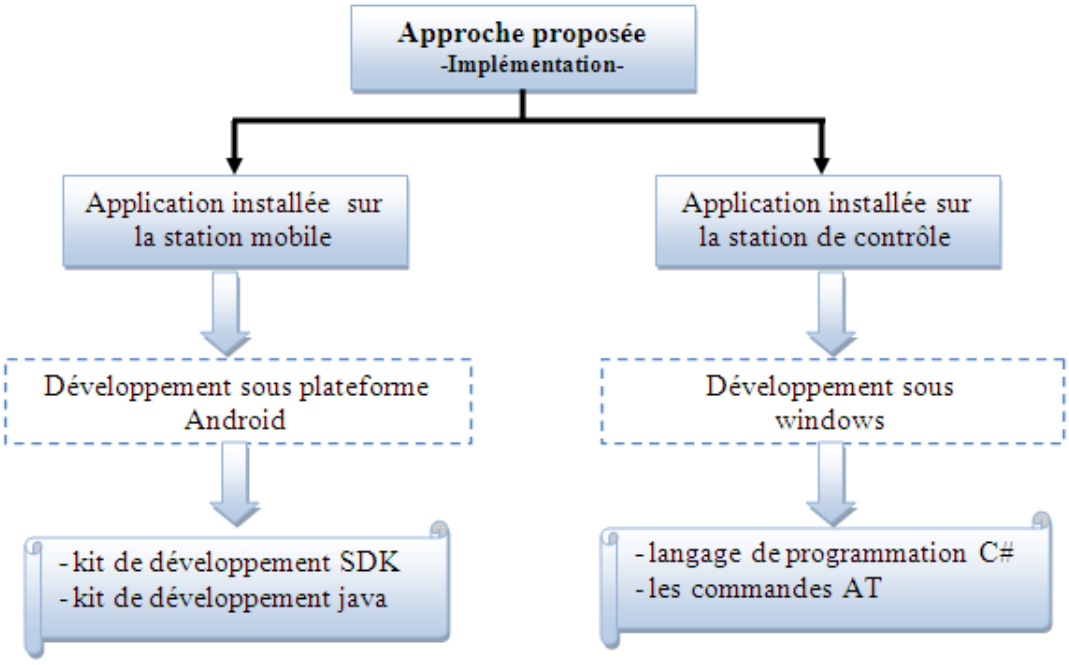


Figure *IV.1* — Organigramme résumant les différentes parties implémentées

IV.2.1 Développement sous plateforme Android

IV.2.1.1 Généralités sur l'Android

Android est la première plateforme mobile open source et entièrement paramétrable. Android a été crée afin de permettre au développeur de profiter au maximum de tout ce que peut offrir un appareil mobile. Android est entièrement ouvert, par exemple une application peut utiliser les fonctionnalités principales des téléphones portables tels que le Bluetooth, le GPS et l'appareil photo [23].

Le développeur peut accéder à toutes ces fonctionnalités et créer des applications plus riches afin d'offrir des services intéressants à l'utilisateur. Android en tant que plateforme[24].

- Elle est innovante, car toutes les dernières technologies de téléphonie sont intégrées : écran tactile, le GPS, l'appareil photo ;
- Elle est accessible, car en tant que développeur on n'a pas besoin d'acheter du matériel spécifique ;
- Elle est ouverte parce que la plateforme Android permet à tous les développeurs de consulter les sources et d'effectuer les modifications qu'ils souhaitent.

Pour développer une application Android, il est indispensable de disposer soit de :

- La plateforme Eclipse ;
- Le kit de développement SDK (Software Development Kit) ;
- Eclipse JDT plug-in (Java Development Tools) ;
- Outil de débogage DDMS (Dalvik Debug Monitor Server) ;
- Android Development Tools (ADT) ;
- JDK 5 ou JDK 6 ;
- L'émulateur Android.

Soit de l'environnement de développement Android Studio.

IV.2.1.2 Le kit de développement SDK (Software Development Kit)

Le SDK est un ensemble d'outils mis à la disposition d'un éditeur afin de permettre de développer des applications pour un environnement précis. Le SDK permet de développer des applications Android. Il est composé de plusieurs éléments pour aider les développeurs à créer et à maintenir des applications [24] :

- Des interfaces de programmation API (Application Programming Interface) ;
- Des exemples de code ;
- De la documentation.

IV.2.1.3 L'émulateur

L'émulateur permet l'exécution des programmes développés dans l'éditeur de code pour pouvoir les tester sans brancher un smartphone à l'ordinateur. Donc, on peut écrire des codes puis les tester et les approuver sur l'émulateur afin de les implémenter sur un Smartphone. Néanmoins, il y a certaines fonctionnalités qui ne peuvent pas être testées sur l'émulateur tel que le GPS, le service SMS et l'appareil photo. L'aperçu de l'émulateur est montré sur la Figure IV.2.



FIGURE *IV.2* — Aperçu de l'émulateur

IV.2.2 Application installée sur la station mobile

Le but de cette partie est de développer une application sous une plateforme Android pour assurer les fonctionnalités suivantes :

- L'acquisition des données nécessaires à la localisation ;
- L'envoi d'un message SMS crypté contenant les données acquises ;
- La réception et l'exploitation des messages SMS envoyés par la station de contrôle.

IV.2.2.1 Moyens logiciels

- L'environnement de développement Eclipse ;
- Le SDK de l'Android ;
- L'émulateur.

IV.2.2.2 Moyens matériels

Un Smartphone : Le Smartphone est un équipement mobile dans lequel l'application Android est installée. Nous avons utilisé un téléphone portable de type Samsung Galaxy-S4 (*réf :GT-I9505*), comme le montre la Figure IV.3. Ce dernier est doté d'un système d'exploitation Android avec les caractéristiques suivantes :

- Un processeur de 1,9 GHz ;
- Une mémoire vive de 2048 Mo ;
- Un système d'exploitation Android version 4.2.2 ;
- Un GPS intégré ;
- Fréquences : 850-900/1800-1900 MHz ;
- Une batterie : Jusqu'à 2600 mAh de capacité standard.



FIGURE *IV.3* — Samsung Galaxy-S4, *réf : GT-I9505*

IV.2.2.3 Fonctions de l'application

L'application à développer doit permettre de :

1. Obtenir les données nécessaires à la localisation ;
2. Transmettre ces données sous forme d'un message SMS crypté à travers le réseau GSM ;
3. Calculer la distance qui sépare deux positions à partir de leur latitude et longitude ;
4. Gérer les messages envoyés et les messages reçus provenant de la station de contrôle.

IV.2.2.4 Activités du programme

Le développement de l'application est basé sur les fonctions suivantes :

La fonction de l'écouteur : La fonction écouteur permet d'acquérir en permanence les signaux GPS provenant des satellites. Elle va signaler chaque changement de position afin de récupérer les nouvelles coordonnées GPS. D'ailleurs, cette fonction nécessite ; d'une part, la permission du système pour accéder à leur service de localisation, et d'autre part, des notifications indiquant le changement de la position.

Pour résumer, cette fonction donne comme paramètre de sortie les coordonnées (la latitude et la longitude) relatives à la position récente quand il y a un changement de situation.

La fonction de calcul de la distance : Comme il a été mentionné dans le chapitre précédent, on procède au calcule de la distance entre deux positions (la dernière position envoyée et la dernière position acquise) à l'aide de la formule de Haversine. Cette distance représente le pas d'envoi des messages SMS, c'est-à-dire la distance parcourue par le mobile après la dernière position envoyée.

La fonction de la mise à jour de la distance : La distance d'envoi des messages SMS (le pas) peut être modifiée par l'administrateur (la station de contrôle). Pour ce faire, un message SMS contenant la nouvelle distance est envoyé à la station mobile. La Figure IV.4 illustre la procédure de la mise à jour de la distance.

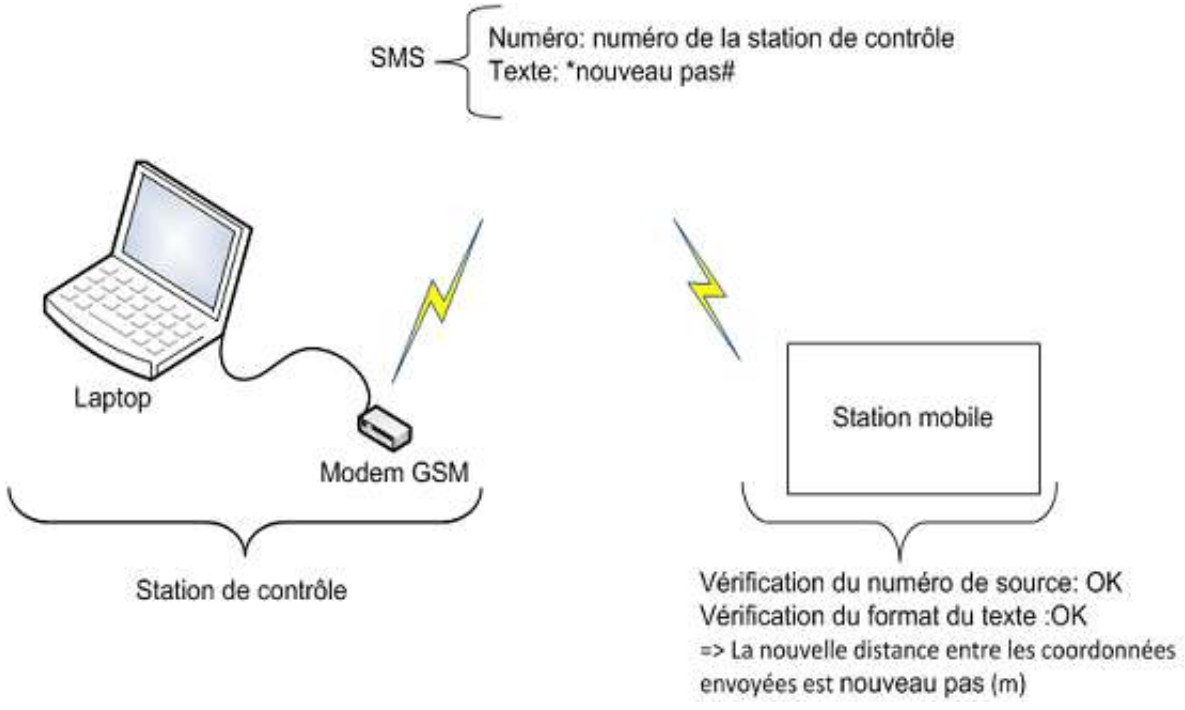


FIGURE *IV.4* — Mise à jour de la distance entre les positions envoyées

Pour protéger le système, on procède à la vérification du numéro de la source du message SMS ainsi que le format du texte. Dans le cas où le numéro de la source figure sur la liste des numéros autorisés et le format du message est conforme, le message est accepté et la distance est mise à jour. Par contre, le message est rejeté si le numéro de la source n'est pas autorisé ou bien le format du message n'est pas supporté. La Figure IV.5 indique l'organigramme de changement de la distance.

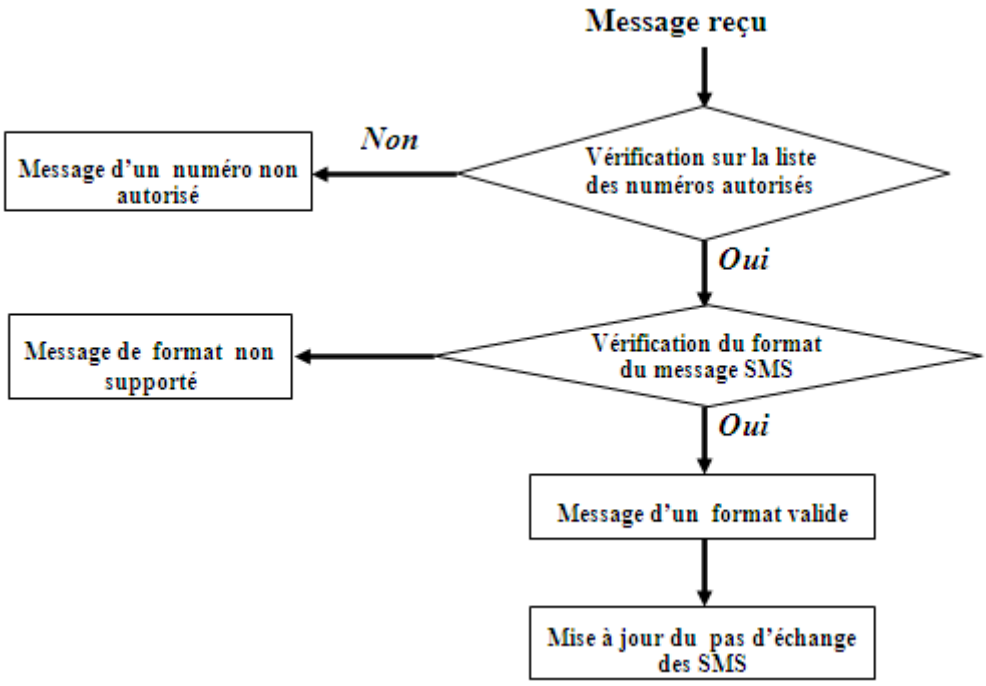


FIGURE *IV.5* — L'organigramme de changement de la distance entre les positions envoyées

La fonction de relevée du niveau de la batterie : Cette fonction permet de relever le niveau de la batterie de la station mobile.

La fonction de construction du message SMS : Pour faciliter l'extraction des messages SMS au niveau de la station de contrôle, nous avons adopté un format ajusté.

La fonction de cryptage du message SMS : Pour des mesures de sécurité, cette fonction permet de chiffrer le contenu du message SMS à envoyer. Pour ce faire, nous avons fait appel à des classes de cryptage prédéfinies avec une clé de chiffrement figée lors de la programmation de cette fonction.

La fonction de l'envoi du message SMS : Cette fonction permet d'envoyer un message SMS dans le réseau GSM. Elle a comme paramètre d'entré le numéro de la station de contrôle et le message texte contenant la position, le niveau de la batterie, la date et l'heure.

Les algorithmes du programme sont résumés dans la Figure IV.6

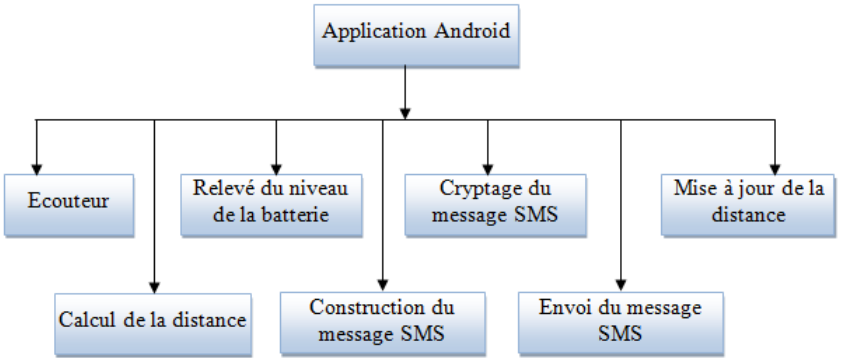


FIGURE *IV.6* — Activités du programme

IV.2.2.5 Organigramme de l'application Android

L'organigramme de l'application développée est illustré dans la Figure IV.7. Lors du lancement de l'application, l'initialisation de la distance d'échange de messages (le pas d'envoi des messages) s'effectue et la fonction écouteur s'exécute. Lorsque la première position est acquise, elle est envoyée à la station de contrôle dans un message SMS crypté. Puis, la fonction écouteur va reprendre son activité pour l'acquisition de la nouvelle position. Par la suite, le calcul de la distance entre deux positions s'effectue (entre la dernière position envoyée et la dernière position acquise par l'écouteur). Dans le cas où cette distance est supérieure ou égale à la distance prédéfinie par l'administrateur, les fonctions suivantes sont exécutées successivement : le relevé du niveau de la batterie de la station mobile, la construction du message SMS sous le format prédéfinit, le chiffrement du SMS puis l'envoi de ce message à la station de contrôle et l'enregistrement des coordonnées envoyées pour le calcul de la nouvelle distance. Dans le cas contraire, la fonction écouteur va reprendre son activité.

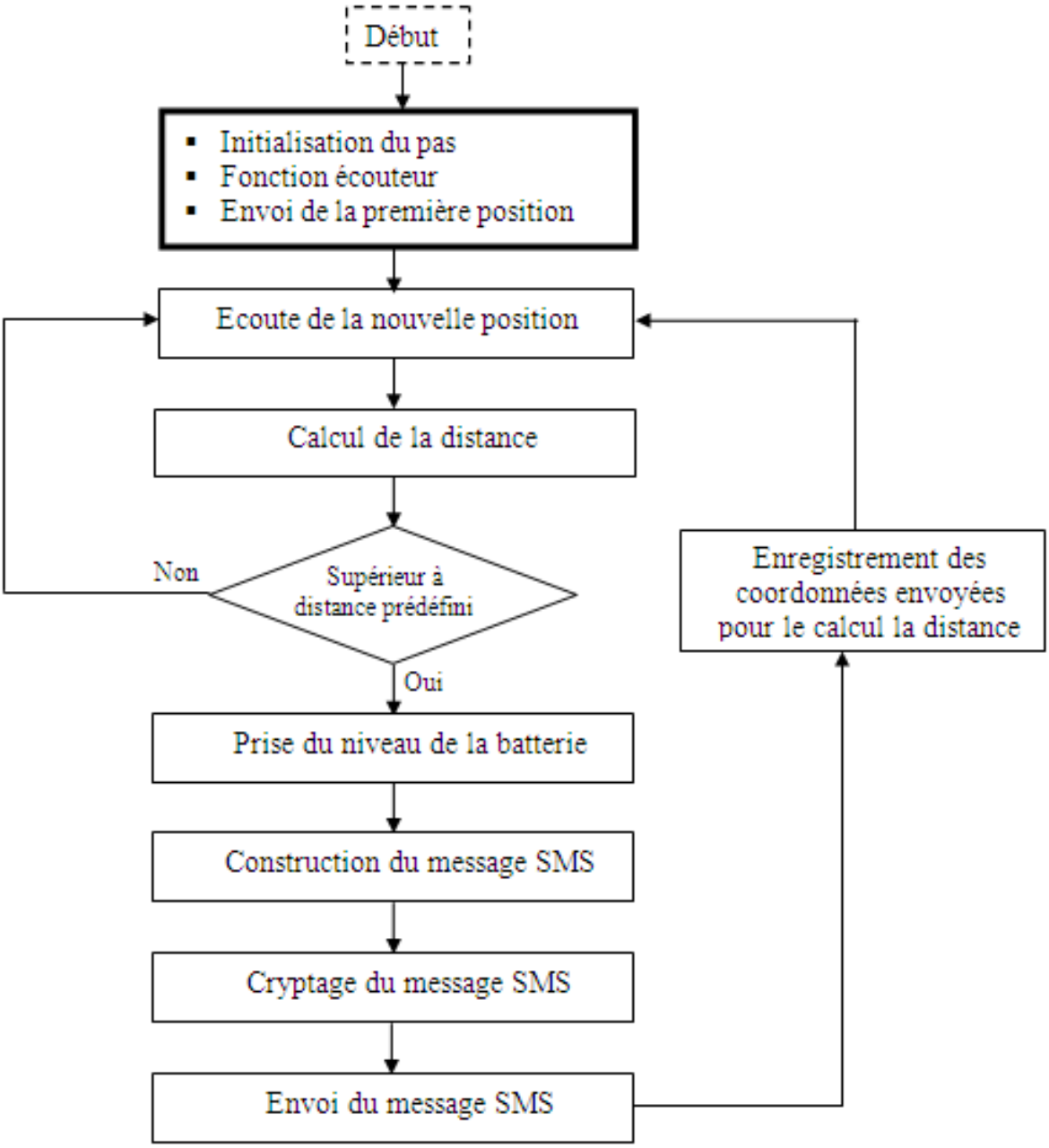


FIGURE *IV.7* — L'organigramme de l'application Android

IV.2.2.6 Installation de l'application sur un Smartphone

La simulation de l'application est faite sur un Smartphone. Pour ce faire, nous avons commencé par compiler le programme sur le PC. Puis, l'application a été exportée en un fichier ($*.apk$) supporté par le système Android. Ensuite, le fichier ($*.apk$) est transféré vers le Smartphone, pour l'installation. La Figure IV.8 montre une image du menu du Smartphone après l'installation de l'application « Localisation GPS ».



FIGURE *IV.8* — Aperçu du menu du smartphone après l'installation de l'application (Localisation GPS)

La Figure IV.9 illustre l'interface graphique de l'application Android développée.



FIGURE *IV.9* — Aperçu sur l'interface de l'application

IV.2.3 Application installée sur la station de contrôle

Dans cette section, nous allons décrire les différents outils utilisés dans la station de contrôle et leur fonctionnement. Cette station comprend :

- Un ordinateur portable : dédié au traitement des messages reçus à l'aide d'une application sous Windows développée avec le langage de programmation C# ;
- Un modem GSM (de l'opérateur Nedjma ou Mobilis) : permettant la réception des messages SMS. (Voir la figure IV.10).



FIGURE *IV.10* — Le dispositif de la station de contrôle

Pour assurer la réception et l'envoi des messages SMS, nous avons développé un module permettant la communication avec le modem GSM. Ce modem reçoit les commandes de l'administrateur auquel est connecté sous forme de commandes AT.

La communication avec le modem GSM se fait via les ports séries. L'exploitation du port s'effectue en quatre étapes :

1. La configuration du port ;
2. L'ouverture du port ;
3. L'envoi des commandes AT ;
4. Fermeture du port.

Pour garantir cette communication, nous avons implémenté les fonctions nécessaires pour pouvoir envoyer/recevoir des messages SMS via le modem GSM.

Une fois le message est reçu, on passe à la phase de traitement de ce dernier. Cette phase assure successivement les tâches suivantes :

- L'acquisition du message SMS crypté.

— La lecture du message SMS reçu à l'aide des commandes AT ;

- Le décryptage du message SMS ;
- L'extraction des informations tels que la date et l'heure, la latitude, la longitude et le niveau de la batterie ;
- L'enregistrement de ces informations dans une base de données créée sous Access ;
- La suppression du message reçu après l'extraction et l'enregistrement des informations pour libérer l'espace mémoire ;
- La visualisation de la position dans Google Maps.

La figure IV.11 indique l'enchainement de ces différentes tâches.

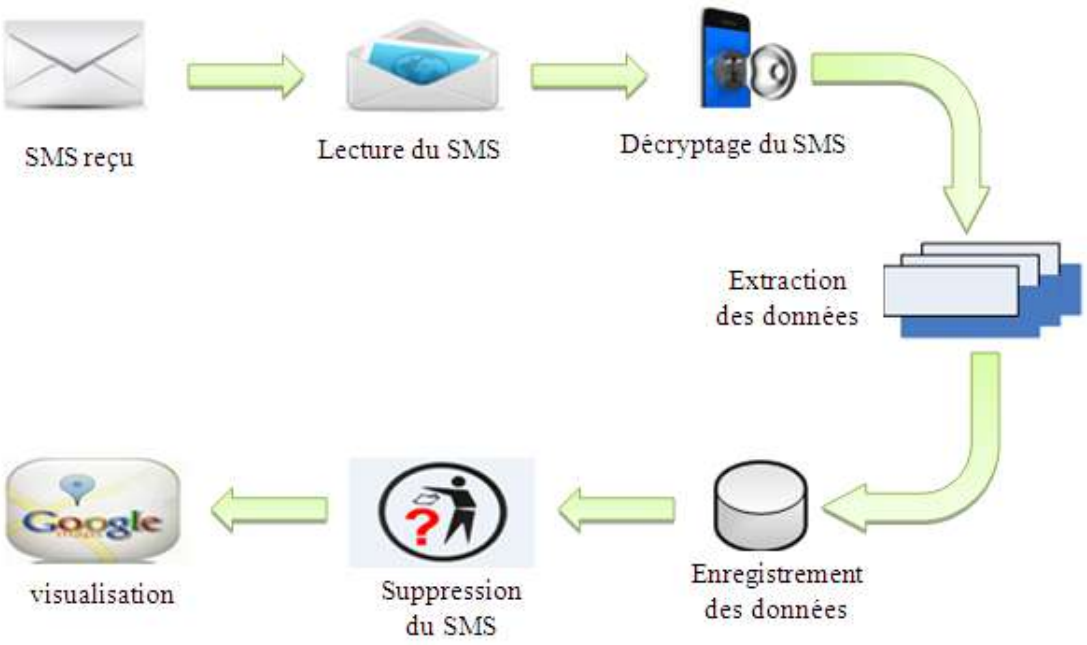


FIGURE *IV.11* — Enchainement des différentes tâches réalisées

IV.2.3.1 Présentation de l'interface de l'application développée

Au lancement de l'application, une première fenêtre apparait pour authentifier l'utilisateur de l'application. Cette fenêtre contient deux champs de texte, l'un pour écrire le nom d'utilisateur et l'autre pour saisir le mot de passe qui lui est associé. Si l'un de ces deux paramètres est incorrect, l'accès à l'application est empêché. Les utilisateurs autorisés sont enregistrés dans une base de données créée sous Access. Donc, on procède à la consultation de cette base de données pour vérifier si l'utilisateur est autoriser ou non. La Figure IV.12 montre l'interface d'authentification de l'utilisateur.

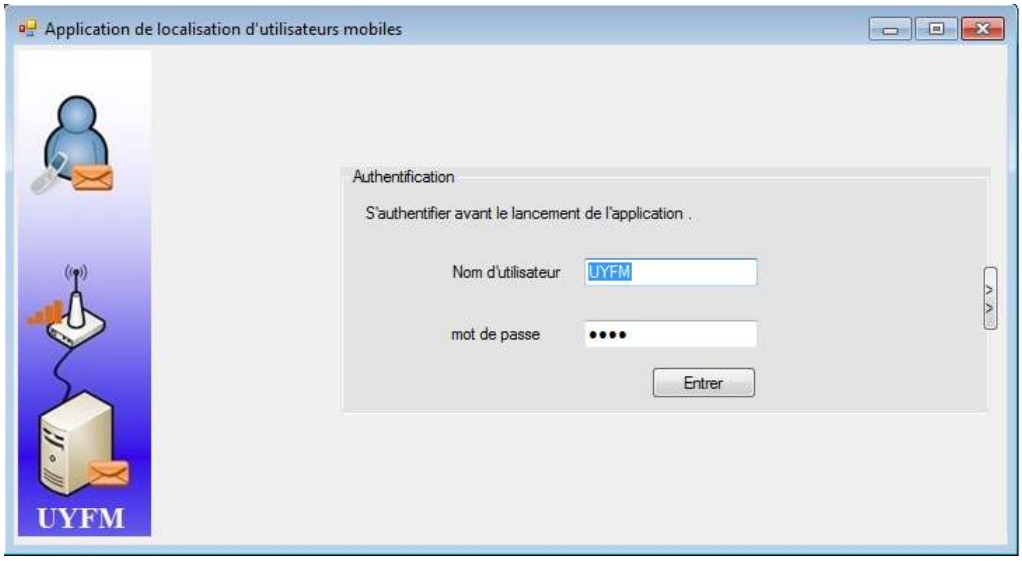


FIGURE *IV.12* — Fenêtre d'authentification de l'administrateur

Après l'authentification de l'utilisateur, une fenêtre contenant quatre onglets est apparue. On commence par le premier onglet qui est dédié pour saisir les paramètres de configuration du port auquel le modem GSM est connecté. Une fois les configurations nécessaires sont saisies, l'appui sur le bouton **Lancer** met le système en état prêt pour le traitement d'éventuels messages. La Figure IV.13 montre l'interface de cet onglet.

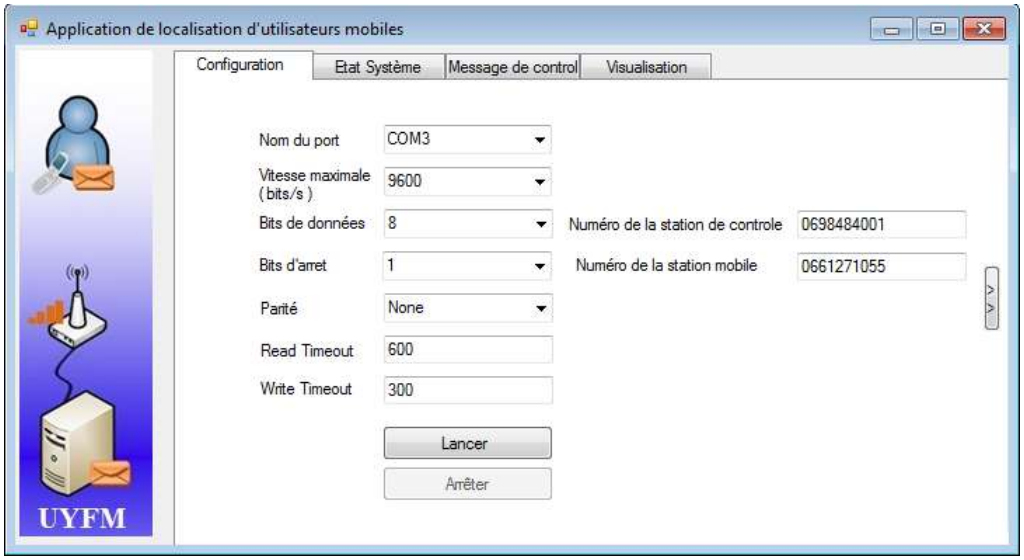


FIGURE *IV.13* — Onglet de configuration du port

Le deuxième *onglet* est consacré pour l'affichage de l'état du système. Il est divisé en deux parties :

- La 1ère partie : est destinée pour afficher les paramètres du modem de la station de

contrôle, à savoir l'opérateur mobile, le modèle, le fabricant et la force du signal au niveau du modem GSM ;

- La 2ème partie : est réservée pour afficher les informations de la station mobile, à savoir la dernière position (Latitude, Longitude, Date et Heure) et le niveau de la batterie.

La Figure IV.14 illustre l'interface de cet onglet.

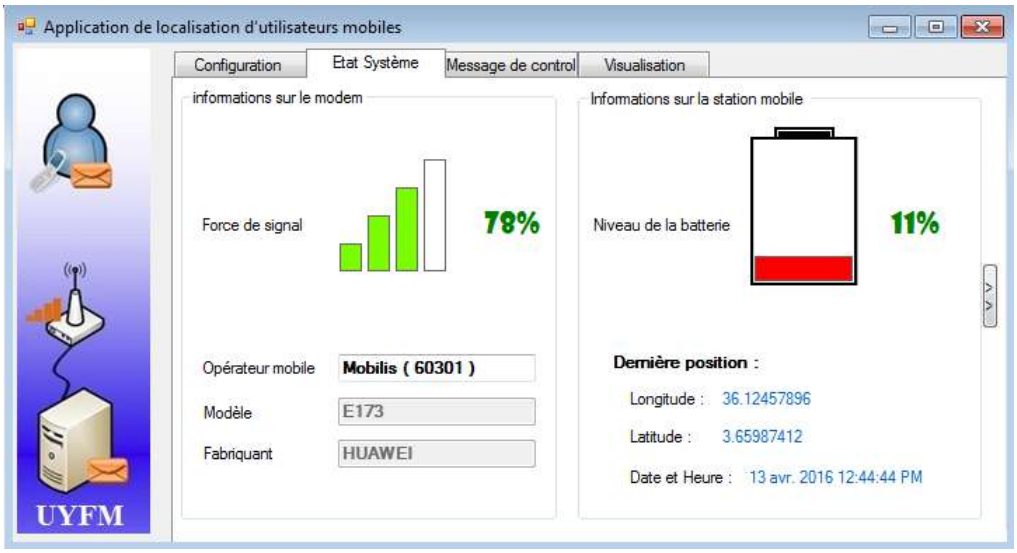


FIGURE *IV.14* — Onglet de l'état du système

La Figure IV.15 montre l'interface de l'onglet message de contrôle. Cet onglet affiche le numéro de la station mobile et l'ancienne distance ainsi qu'un champ de texte pour saisir la nouvelle distance.

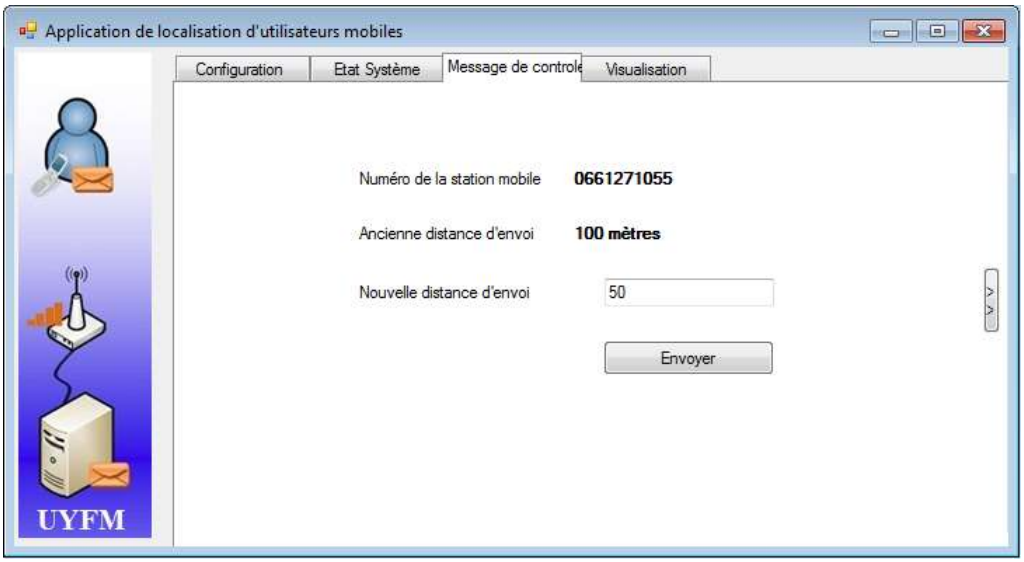


FIGURE *IV.15* — 0nglet du message de contrôle

Le dernier *onglet* est une page HTML dédiée à la visualisation de la position dans Google Maps. Cet onglet nécessite une connexion Internet. Voir la Figure IV.16

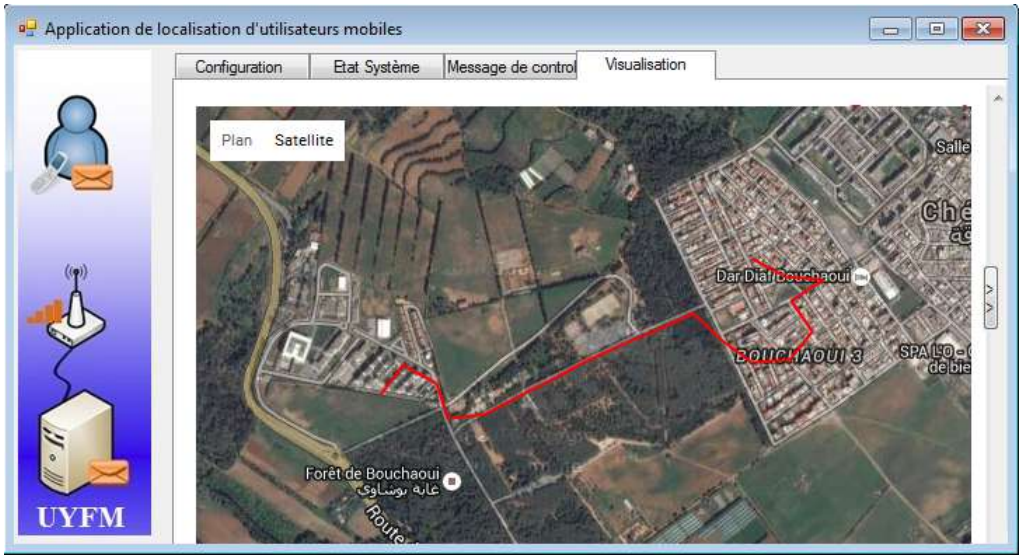


FIGURE *IV.16* — Onglet de la visualisation sur Google Maps

A certains moments, la mémoire du modem et de la carte SIM de la station de contrôle sera saturée et le modem n'accepte plus de nouveaux messages. Donc, on doit supprimer les messages à l'aide des commandes AT, pour libérer l'espace mémoire.

Pour garder l'historique des messages, on procède à la création d'une base de données sous Access dédiée à l'enregistrement des données de chaque message entrant avant de procéder sa suppression. La Figure IV.17 donne un aperçu sur la base de données des messages SMS reçus.

Coordonnees

N°	longitude	latitude	date_heure	niveau_batt	Cliquer pour ajouter
311	2,90588629	36,75846457	11 avr. 2016 09:30:20 PM	20	
312	2,90621263	36,75758879	11 avr. 2016 09:30:45 PM	20	
313	2,90736647	36,75768836	11 avr. 2016 09:31:01 PM	20	
314	2,90842525	36,75812585	11 avr. 2016 09:31:18 PM	20	
315	2,90942564	36,7585637	11 avr. 2016 09:31:31 PM	20	
316	2,91049341	36,75899546	11 avr. 2016 09:31:42 PM	19	
317	2,91157654	36,75939694	11 avr. 2016 09:31:52 PM	19	
318	2,91263084	36,75977216	11 avr. 2016 09:32:03 PM	19	
319	2,91373622	36,76017677	11 avr. 2016 09:32:25 PM	19	
320	2,9145885	36,75949949	11 avr. 2016 09:32:48 PM	18	
321	2,91553133	36,75897898	11 avr. 2016 09:33:22 PM	18	
322	2,91667723	36,75901935	11 avr. 2016 09:33:58 PM	18	
323	2,91736577	36,75973351	11 avr. 2016 09:34:28 PM	18	
324	2,91675951	36,7604939	11 avr. 2016 09:37:16 PM	17	

FIGURE *IV.17* — La base de données après l'extraction des données à partir des messages SMS reçus

IV.3 Approche adoptée pour le cas de deux cibles

Dans le cas de localisation de deux cibles, nous avons procédé comme suit :

1. Installer la même application Android développée sur deux Smartphones.
2. Développer une fonction qui permet d'identifier la source du message SMS reçu, afin d'attribuer les positions extraites de ce message à la cible concernée.
3. Créer une deuxième table dans la base de données décrite précédemment pour stocker les données de chaque message reçu de la deuxième cible.(Voir la figure IV.18).
4. Visualiser la trajectoire de chaque cible sur la même carte avec deux couleurs différentes, afin de mieux contrôler et poursuivre les deux objets.

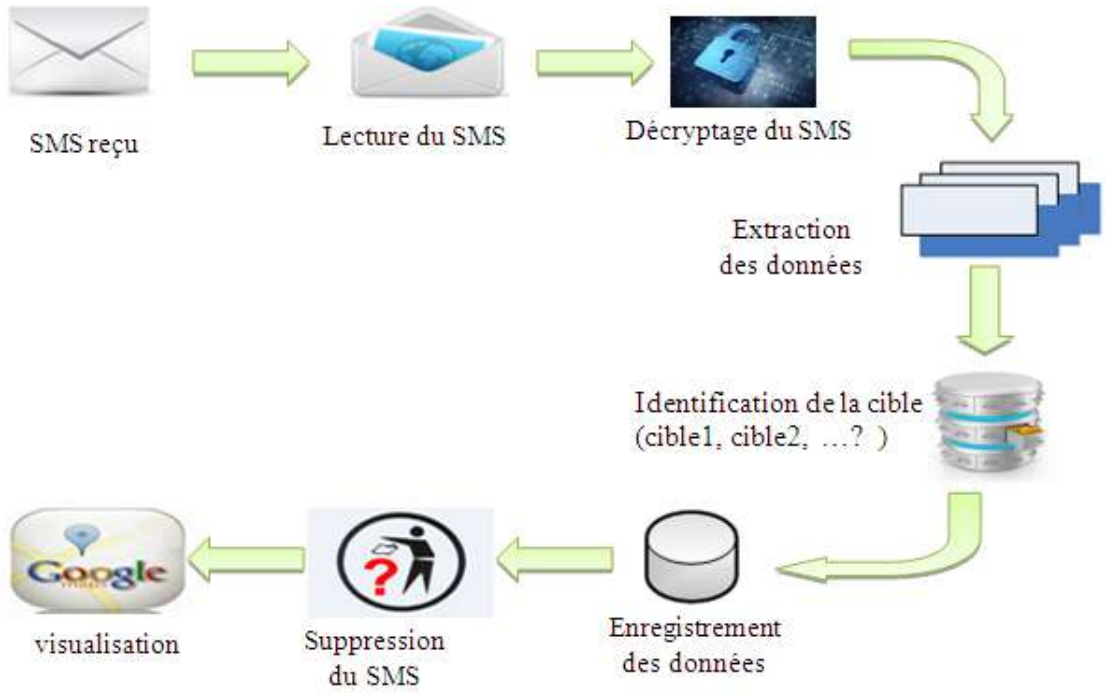


FIGURE *IV.18* — Enchainement des différentes tâches réalisées, cas de multi-cibles

Les figures IV.19, IV.20 et IV.21 montrent les interfaces graphiques de la station de contrôle de l'approche adoptée pour le cas de deux cibles.

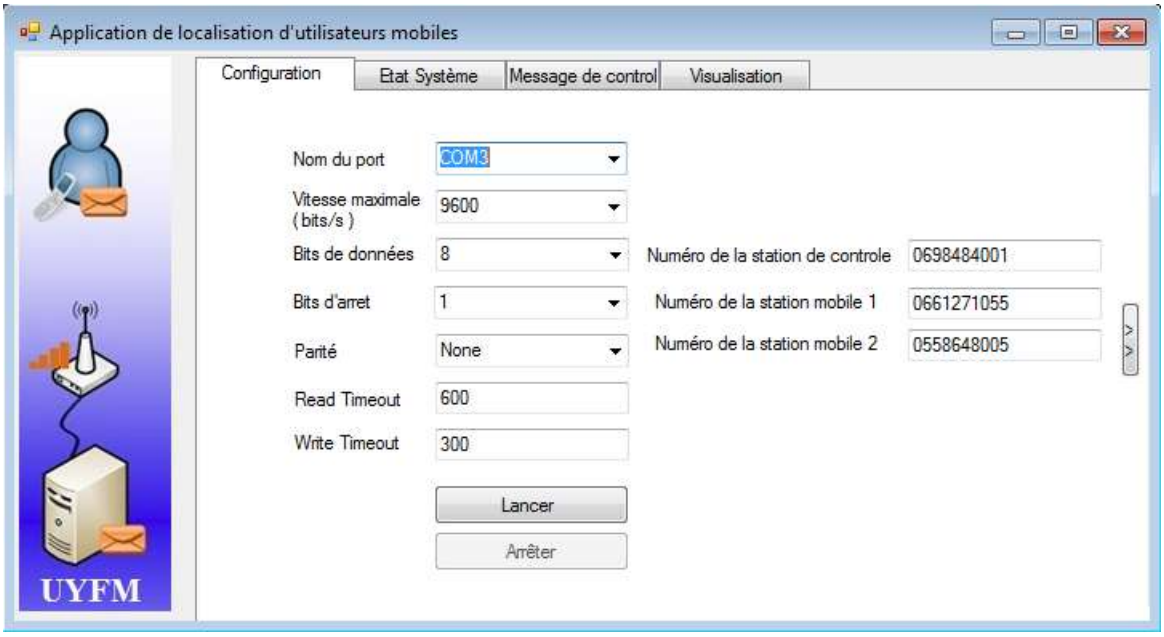


FIGURE *IV.19* — Interface graphique de l'application, cas de deux cibles

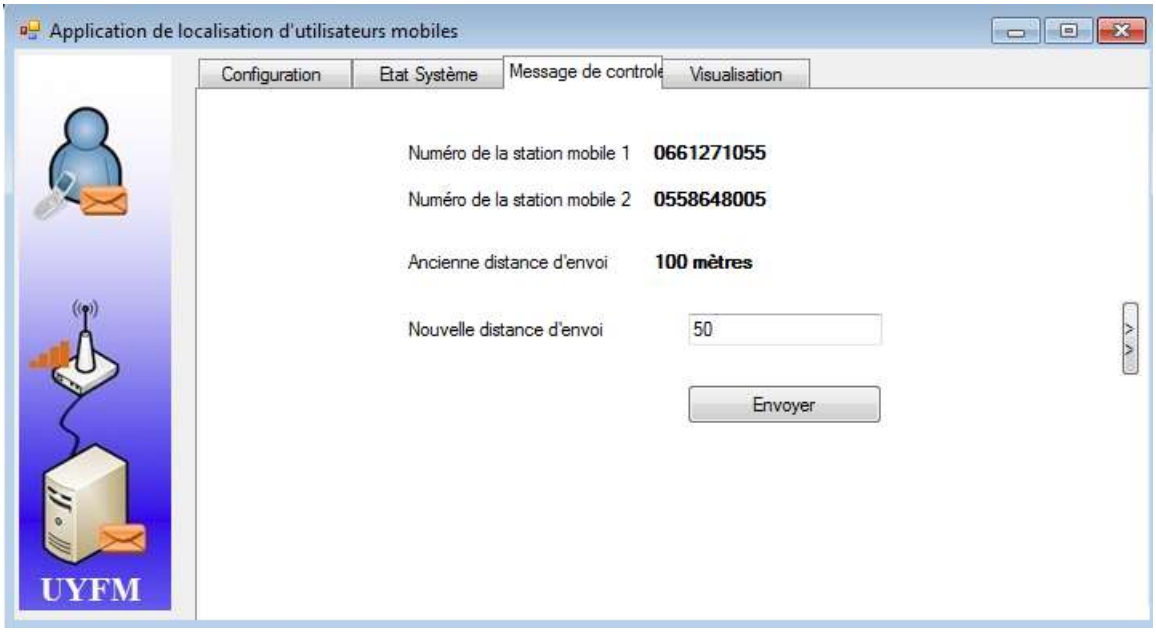


FIGURE *IV.20* — Mise à jour de la distance, cas de deux cibles

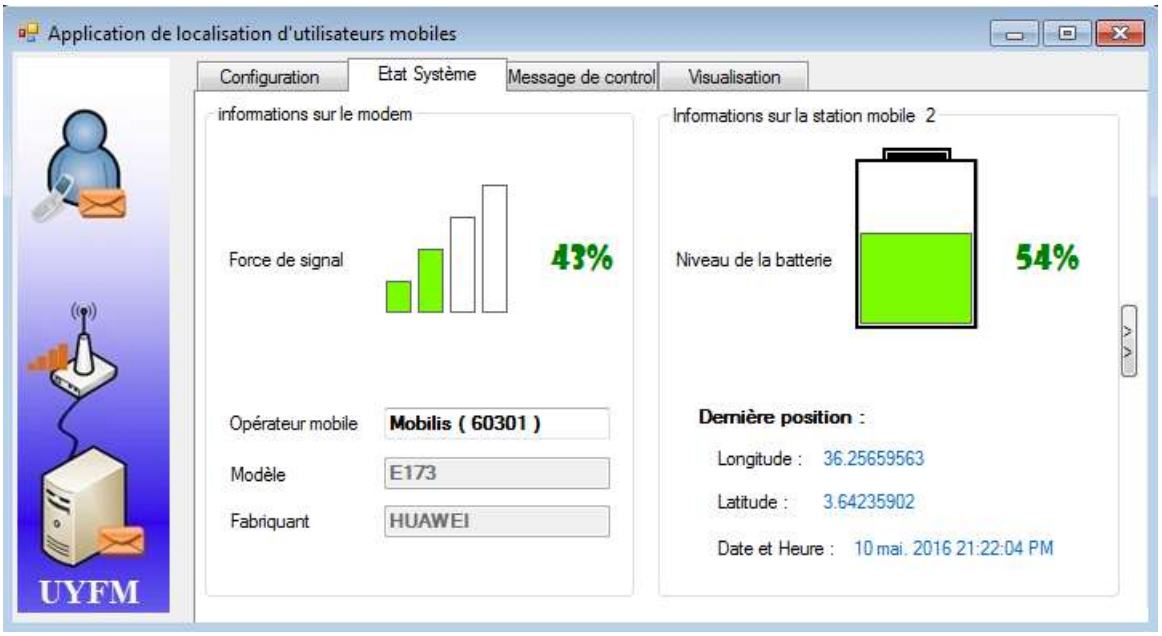


FIGURE *IV.21* — Onglet de l'état du système, cas de deux cibles

La figure IV.22 illustre un résultat de visualisation, sur carte Maps, des positions de déplacement de deux cibles croisées sur le même site.

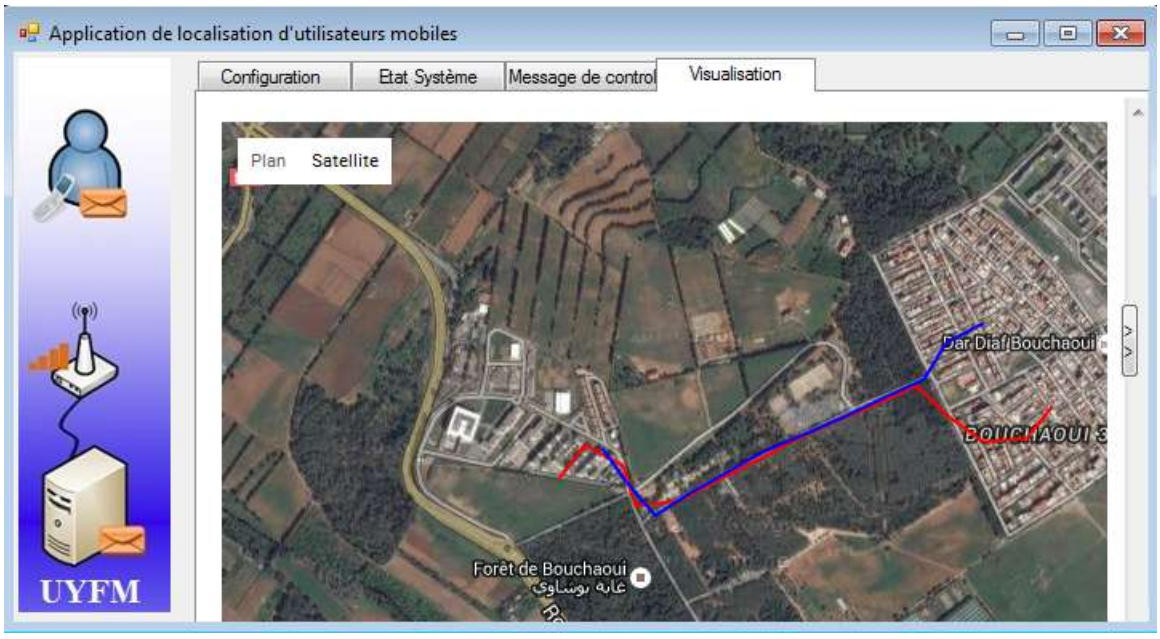


FIGURE *IV.22* — Visualisation sur Google Maps du déplacement de deux cibles

IV.4 Conclusion

Le travail présenté dans ce chapitre concerne l'implémentation de l'approche adoptée pour la localisation des cibles mobiles par l'utilisation du système GPS et en exploitant un réseau de communication GSM. Deux problèmes ont été abordés : le premier est le développement d'une solution informatique (appelée station mobile) sous plateforme Android, cette dernière sera installée sur un Smartphone intégré sur la cible objet de la localisation. Le deuxième problème est la réalisation d'une application sous Windows, dite station de contrôle.

Aussi, nous avons détaillé le processus de la conception de ces applications, ainsi que leurs différentes fonctionnalités.

L'explication de ce processus s'est appuyée sur des organigrammes fonctionnels et des interfaces graphiques.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La géolocalisation des systèmes nomades est basée sur des méthodes techniquement avancées utilisant les technologies GPS et GSM. Elle permet le suivi de ces systèmes par l'acquisition et la visualisation de leurs positions.

Le but du travail effectué dans le cadre de ce projet est la réalisation et la mise en œuvre d'une plateforme de localisation des cibles mobiles coopératives dans un réseau de communication GSM, ainsi que la visualisation de ses déplacements sur une carte numérique en temps réel.

Cette plateforme de géolocalisation est composée d'un terminal communicant qui reçoit les coordonnées géographiques et qui les envoie via un réseau de télécommunications à la station de contrôle, un système informatique capable de recevoir, stocker et traiter les informations envoyées par le terminal communicant et un module cartographique intégré a ce système qui va permettre d'afficher la position des terminaux sur un fond cartographique adapté.

En effet, la donnée (position) générée par un terminal, qui se trouve sur le terrain, doit être transmise à une plateforme logicielle qui va la traiter, la présenter graphiquement à l'utilisateur et l'associer à d'autres données, afin d'enrichir les informations relatives à l'état du terminal.

Notre contribution dans ce projet a porté principalement sur le développement de la plate forme citée supra dont le terminal communicant est les Smartphones dotés d'une application sous Android qui permet la récupération des coordonnées GPS (longitude, latitude).Ces données seront transmises par la suite sous forme d'un message SMS via le réseau de communication GSM à un système informatique présenté par un laptop lié à un modem GSM qui sert a traiter les données des SMS et les visualiser sur une carte google Maps.

Le système informatique permet également de mettre à jour la fréquence d'échange des messages SMS entre les deux stations visant l'augmentation de l'autonomie de la batterie de la station mobile et d'optimiser la fréquence d'envoi des messages SMS dans le cas où l'objet n'effectue pas un déplacement significatif.

Dans un premier temps, une présentation générale sur le système GPS, le réseau GSM nous a amené à donner des généralités sur ces systèmes, leurs architectures et enfin leurs différentes applications.

Puis dans l'étape suivante, un état de l'art sur les techniques de localisation basées sur le réseau GSM, le système GPS et les techniques hybrides GSM-GPS a été présenté.

Dans l'avant dernier chapitre, nous avons présenté l'approche adoptée pour la localisation des objets mobiles dans un réseau de communication GSM avec ses différentes composantes.

Enfin, dans le dernier chapitre, nous avons présenté l'implémentation de l'approche de localisation adoptée avec toutes ses fonctionnalités.

A travers le travail présenté dans ce mémoire, on a vu l'intérêt d'exploiter les fonctionnalités

offertes par les nouvelles technologies (Smartphone, système GPS, réseau GSM,...etc), afin de concevoir des plateformes, de développer des applications et d'installer des programmes pour satisfaire les besoins du marché.

Pour terminer, on voit que la géolocalisation s'impose dans plusieurs domaines surtout pour les militaires comme un véritable outil pour le positionnement et la navigation. Toutefois, du point de vue économique, la localisation des équipes des différentes sociétés (Techniciens de maintenance ou d'intervention, coursiers, livreurs,...etc) est devenue indispensable pour plusieurs raisons :

- Gains de productivité, en évitant de faire parcourir des distances inutiles ;
- Meilleure qualité du service rendu aux clients, en les renseignant ;
- Renforcement de la sécurité.

Comme perspectives et en continuité du travail présenté, il serait intéressant de :

1. Inclure le facteur du temps au lieu de la distance comme une nouvelle fréquence d'échange des messages SMS entre les deux stations.
2. Intégrer un système d'information géographique qui englobe la carte d'Algérie dans la station de contrôle, afin de se libérer de la connexion web pour la visualisation des coordonnées des stations mobiles.
3. Inclure le paramètre de vitesse dans les données transmises de la station mobile à la station de contrôle, afin de développer d'autres applications basées sur ce paramètre.

ANNEXE A

LES TRAMES NMEA ET QUELQUES TYPES DE MODEMS GSM

A.1 Les Trames NMEA

La trame : GGA $GPGGA,123519,4807.038,N,01131.324,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M, , *42

- 123519 = Acquisition de position à 12 :35 :19.
- 4807.038,N = Latitude 48°07.038' Nord.
- 01131.324,E = Longitude 11°31.324' Est.
- 1 = qualification de la position : (0 = non valide, 1 = position GPS, 2 = position DGPS)
- 08 = Nombre de satellites en poursuite.
- 0.9 = DOP (Horizontal Dilution of Position) Dilution Horizontale.
- 545.4,M = Altitude, en mètres, au dessus du niveau moyen des océans.
- 46.9,M = Correction de la hauteur de la géoïde en mètres par rapport à l'ellipsoïde WGS84 (MSL).
- (Champ vide) = nombre de secondes écoulées depuis la dernière mise à jour DGPS.
- (Champ vide) = Identification de la station DGPS.
- *42 = Checksum

La trame : GLL $GPGLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A

- 4916.46,N = Latitude 49°6.45' Nord.
- 12311.12,W = Longitude 123°11.12' West (ouest).
- 225444 = Acquisition du Fix à 22 :54 :44.
- A = Données valides.
- Pas de checksum.

trame : GSA $GPGSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1*39

- A= Sélection Automatique 2D ou 3D de la position.
- 3 = position 3D.
- 04,05... = PRNs (N° d'Id) des satellites utilisés pour la position (maximum 12 satellites)
- 2.5 = PDOP (dilution de précision)
- 1.3 = Dilution de précision horizontale(HDOP)
- 2.1 = Dilution de précision verticale (VDOP)
- 39 = Checksum.

La trame : GSV $GPGSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75

- 2 = Nombre de trames GSV avec les données complètes.

- 1 = Trame 1 de 2 trames (jusqu'à 3 trames)
- 08 = Nombre de satellites visibles (SV).
- 01 = N° d'identification du premier Satellite.
- 40 = Élévation, en degrés, du premier Satellite.
- 083 = L'asimute du premier Satellite en degrés.
- 46 = Force du signal du 1er Satellite.

La trame : VTG $GPVTG,054.7,T,034.4,M,005.5,N,010.2,K

- 054.7,T = cap réel en Degrés , T (True track made good)
- 034.4,M = cap vrai magnétique en Degrés (Magnetic track made good)
- 005.5,N = Vitesse du déplacement par rapport au sol en Noeuds (N)
- 010.2,K = Vitesse du déplacement par rapport au sol en Kilomètres heure. (K)

La trame RMC $GPRMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191194,020.3,E*68

- 225446 = Heure du Fix 22 :54 :46 UTC
- A = Alerte du logigiel de navigation (A = OK, V = warning (alerte)
- 4916.45,N = Latitude 49°16.45' North
- 12311.12,W = Longitude 123°11.12' West
- 000.5 = vitesse sol, Knots
- 054.7 = cap (vrai)
- 191194 = Date du fix 19 Novembre 1994
- 020.3,E = Déclinaison Magnetique 20.3 deg Est
- *68 = checksum obligatoire

A.2 Les modems HUAWEI E173 et LONSAI LS100

Les modems HUAWEI E173 et LONSAI LS100 montrent un exemple de deux types de modèle existants en Algérie. Leurs caractéristiques sont illustrées dans les tableaux A.1 et A.2.



FIGURE *A.1* — Modem HUAWEI E173

Paramètre	Description
Type de réseaux	CDMA GSM, GPRS, EDGE, 3G, HSDPA, HSUPA
Interface	USB
emplacement pour carte MicroSD	jusqu'à 32 Go
HSDPA	jusqu'à 7, 2 Mbit/s - Réception
HSUPA	jusqu'à 5, 76 Mbit/s - Transfert
UMTS	jusqu'à 384 kbit/c - Réception/Transfert

TABLE *A.1* — Caractéristiques du modem HUAWEI E173

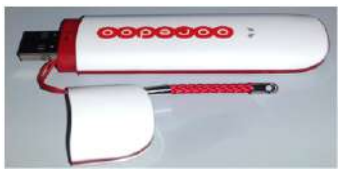


FIGURE *A.2* — Modem LONSAI LS100

Paramètre	Description
Modèle	LONSAI LS100
Interface	USB
Type de réseaux	HSDPA,UMTS,GSM,GPRS,EDGE
Bandes de fréquences	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz
HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)	7.2Mbps
GPRS	57,6 Kbits/s

TABLE *A.2* — Caractéristiques du modem LONSAI LS100

Bibliographie

[1] S.Boutiouta, ' *Etude comparative des systèmes de positionnement par satellites(GPS et GLONASS)*',ITO,2005.

[2] A.Escher, '*Etude de l'apport de l'hybridation GNSS/INS au contrôle de l'intégrité du GNSS pour des applications aviation civile*',ENAC France, 2003.

[3] Mr SAHLI Omar, Mr ZEMAM Youssouf, '*Etude de la liaison BTS/BSC du réseau GSM*', Thèse de licence en Réseaux et systèmes de télécommunications, Universite Abou Bakr Belkaid , Tlemcen, Mai 2013.

[4] Cédric DEMOULIN, Marc VAN DROOGENBROECK, ' *principes de base du fonctionnement du réseau GSM*', Revue de l'AIM, pages 3.18, N04, 2004.

[5] Med Yassine BOUKTHIR, Nader KAHLOUL, '*Réalisation d'une application mobile de géolocalisation de taxis sous Android*', Thèse de licence, institut supérieur de gestion, Tunis, 2015.

[6] Frédéric EVENNOU, '*Techniques et technologies de localisation avancées pour terminaux mobiles dans les environnements indoor*', Thèse doctorat, université JOSEPH FOURIER, Grenoble, France, 22-01-2007.

[7] F Evennou, '*Techniques et technologies de localisation avancées pour terminaux mobiles dans les environnements indoor*', PhD thesis, université Joseph Fourier - Grenoble i, 1, 2, 5, 7, 11, 20, 21, 24 Janvier 2007.

[8] E. Grosicki, '*Techniques avancées du traitement d'antennes pour la localisation de sources ; Application à la localisation de mobile : cas du système UMTS*', Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris 2003.

[9] Y. T Chan and K. C Ho, '*A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location*', IEEE Transactions on Signal Processing, VOL. 42, NO. 8, August 1994.

[10] Yu Hen Hu and Dan Li, '*Energy Based Collaborative Source Localization Using Acoustic Micro-Sensor Array*', 0-7803-7713-3, 2002.

[11] A. Maali, '*Localisation Via les Signaux Ultra Large Bande (UWB)*', Thèse de Doctorat, EMP, Alger 2011.

[12] Fredrik Gustafsson and Fredrik Gunnarsson, '*Positioning using time-difference of arrival measurements*', In Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003.

[13] Patrick DESSALLE,'*Conception et réalisation d'une plateforme de déploiement de services géolocalisés*', Thèse d'Ingénieur Civil Informaticien, Université Libre de Bruxelles, 2006.

[14] Antonin AUROY, Mihai-Bogdan BADAU, Sanaa BAHOU, Pierrick BARREAU, Stephanie BERNHARDT, ' *Systèmes de géolocalisation*', Culture Générale des Télécommunications, INSA Lyon Département TELECOM SERVICES et USAGES, Janvier 2010.

[15] F.Z Benhalouche, F.I.Mostaine Boucetta, M.Keche, A.Ouamr, B.Alshaqaqi , '*Localisation d'une flotte de véhicules sur une carte en utilisant le GPS et le GPRS*', Université des Sciences et de la Technologies Mohamed Boudiaf - Oran - Algérie, 2013.

[16] Kevin VUILLARD, Laurent DUPLAT, Laurène HARDOUIN, Cyril RESSY, Jimmy SOURDIN, '*Géolocalisation et Smartphones dans le domaine culturel et patrimonial Veille technologique2010/2011*', livre blanc 05/05/2011.

[17] Viadeo, '*Localisation de téléphone portable et tracking GPS*', www.geo3000.fr/localisation/geo-localisation-gsm.php, Consulté le 7 Février 2013.

[18] Google Play, '*Application android sur Google Play*', https ://play.google.com/store ?hl=fr,Consulté le 7 Janvier 2013.

[19] Viadeo, '*GPSTRACK BY GEO3000*',http ://www.geo3000.fr/trackergps/geolocalisationgps. php, Consulté le 6 Février 2013.

[20] Efort, '*Short message service principes et architecture*', http ://www.efort.com.

[21] Youssef Haddad, ' *Qualité de service d'un centre de service de messagerie GSM (SMSC)*', Diplôme d'etudes approfondies réseaux de télécommunications, 2006.

[22] G. Heine, '*GSM networks : protocols, terminology and implementation*', Artech House, 1999.

[23] Lucas Jordan and Pieter Greyling, '*Practical Android Projects*', Apress, Berkely, CA, USA, 1st edition, 2011.

[24] Damien Guignard, Julien Chable, Emmanuel Robles, Nicolas Collaborateur. Sorel and Vanessa Collaborateur Conchodon, '*Programmation Android : de la conception au déploiement avec le SDK Google Android 2*', Eyrolles, Paris, 2010.

Résumé :

Le travail réalisé dans ce mémoire porte sur deux parties principales. La première concerne le développement d'une application Android qui sert à récupérer et à transmettre par la suite des informations (position GPS, état de système, …) via un réseau GSM vers un superviseur, et ceci en utilisant un Smartphone comme objet mobile à localiser. La deuxième est relative à la conception et la réalisation d'une application sous station de contrôle permettant d'exploiter les données envoyées par l'objet mobile. Un protocole de communication (émission /réception) est mis en place entre l'objet mobile et la station de contrôle.

Mots Clés :

GPS, GSM, Commandes AT, SMS, Smartphone.

Abstract:

The work in this memory focuses on two main parts. The first concerns the development of an Android application that is used to retrieve and transmit information (GPS location, system status, ...) to a supervisor via a GSM network, using a Smartphone as a mobile object to be located. The second, relates to the design and implementation of an application under control station for exploiting the data sent by the mobile object. A communication protocol (transmission / reception) is set up between the mobile object and the control station.

Keywords:

GPS, GSM, Orders AT, SMS, Smartphone.

ملخص:

يركز العمل المنجز في هذه المذكرة على قسمين رئيسيين. يتعلق أولهما بتطوير تطبيق يعنى بإسترجاع معلومات (الموقع المحدد بـ **GPS**، حالة النظام، ...) وإرسالها إلى المشرف عبر شبكة **GSM** ، وذلك باستخدام هاتف ذكي بمثابة الكائن المتحرك المراد تحديد موقعه. أما القسم الثاني فيتعلق بتصميم وإنجاز تطبيق على محطة التحكم لإستغلال البيانات المرسلة من قبل الهدف المتحرك. إضافة إلى عقد بروتوكول إتصال (إرسال/إستقبال) يربط الجسم المتحرك بمحطة التحكم.

كلمات مفتاحية:

نظام تحديد المواقع،شبكة إتصالات ، أوامر **AT** ،رسائل قصيرة،هاتف ذكي.